

A U B E ' 9 5

10. INTERNATIONALE KONFERENZ
ÜBER

AUTOMATISCHE BRANDENTDECKUNG

4. - 6. APRIL 1995
IN DUISBURG
GERMANY

PROCEEDINGS

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Luck, Heinz (Editor):

10. Internationale Konferenz über Automatische
Brandentdeckung AUBE '95, Proceedings / von
Heinz Luck (Editor). - Aachen : Mainz, 1995
ISBN 3-930911-46-9

1. Auflage 1995

Anschrift des Editors: Prof. Dr.-Ing. H. Luck, Fachgebiet Nachrichtentechnik,
Universität-GH-Duisburg, Bismarckstr. 81, D-47048 Duisburg,
Fed. Rep. of Germany

© Verlag Mainz, Wissenschaftsverlag, Aachen
Herstellung: Fotodruck Mainz GmbH
Süsterfeldstr. 83, 52072 Aachen
Tel. 0241/87 34 34

ISBN 3-930911-46-9

Die 10. Internationale Konferenz über "Automatische Brandentdeckung" wäre ohne die entscheidende finanzielle Unterstützung der folgenden Unternehmen und Einrichtungen nicht durchführbar gewesen:

- Siemens AG, München
- Cerberus AG, Männedorf/Schweiz
- Ericsson Schrack AG, Wien
- Gebrüder Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn
- Colonia Vers. AG, Köln
- Agrippina Vers. AG, Köln
- Provinzial Feuerversicherungsanstalt, Düsseldorf
- Württembergische Vers. AG, Stuttgart

Ihnen allen sei herzlich dafür gedankt.

Für die wesentliche materielle und organisatorische Hilfe gilt der Dank

- EUSAS, European Society for Automatic Alarm Systems, Zürich
- Akademie für Wissenschaft und Technik (Träger: Förderverein "Duisburger Universitäts-Gesellschaft e.V."), Duisburg
- VdS, Verband der Schadenversicherer e.V., Köln und
- Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg, in deren Räumen die Tagung stattfindet.



April 1995

Universitätsprofessor
Dr.-Ing. H. Luck

The 10th International Conference on "Automatic Fire Detection" was organized with the decisive financial support from the following authorities:


- Siemens AG, München
- Cerberus AG, Männedorf/Switzerland
- Ericsson Schrack AG, Wien
- Gebrüder Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn
- Colonia Vers. AG, Köln
- Agrippina Vers. AG, Köln
- Provinzial Feuerversicherungsanstalt, Düsseldorf
- Württembergische Vers. AG, Stuttgart

The organizers wish to thank them all.

Important contributions for the conference and its preparation came from

- EUSAS, European Society for Automatic Alarm Systems, Zürich
- Akademie für Wissenschaft und Technik (Träger: Förderverein "Duisburger Universitäts-Gesellschaft e.V."), Duisburg
- VdS, Verband der Schadenversicherer e.V., Köln
and
- Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg, placing the conference rooms at our disposal.

April 1995


Universitätsprofessor
Dr.-Ing. H. Luck

La 10e Conférence Internationale de "Détection Automatique d'Incendie" n'aurait pas eu lieu sans le support financier à caractère décisif des entreprises et organisations suivantes:


- Siemens AG, München
- Cerberus AG, Männedorf/Suisse
- Ericsson Schrack AG, Wien
- Gebrüder Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn
- Colonia Vers. AG, Köln
- Agrippina Vers. AG, Köln
- Provinzial Feuerversicherungsanstalt, Düsseldorf
- Württembergische Vers. AG, Stuttgart

J'adresse à tous mes remerciements les plus profonds.

Pour l'aide matérielle essentielle concernant l'organisation et le support volontier, j'aimerais également remercier les institutions suivantes:

- EUSAS, European Society for Automatic Alarm Systems, Zürich
- Akademie für Wissenschaft und Technik (Träger: Förderverein "Duisburger Universitäts-Gesellschaft e.V."), Duisburg
- VdS, Verband der Schadenversicherer e.V., Köln et
- Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg, qui a mis à disposition les locaux pour la conférence.

Avril 1995


Universitätsprofessor
Dr.-Ing. H. Luck

Inhalt Content Contenu		Seite Page Page
Luck, H.	Remarks on the state of the art in automatic fire detection	1
Thilo, P.	Brandmeldetechnik zwischen gestern und morgen	9
Schönherr, W.	Anschlußkriterien für Brandmeldeanlagen. Betrachtungen aus der Sicht der Feuerwehr	17
Siebel, R.	Der "Nichtbranddetektor", ein alternatives Konzept zur Branddetektion?	26
Georges, A.	Un label européen pour une certification européenne?	37
Bamert, E.	Welchen Prinzipien haben Normen, Prüf- und Zertifizierungsverfahren zu genügen, damit sie die Entwicklung benutzerfreundlicher Systeme fördern und nicht hemmen?	43
Sans, S.G.	Normalisation des systèmes de détection incendie	55
Neuenschwander, H.	Probleme der Inspektion von Brandmeldeanlagen aus der Sicht einer akkreditierten Inspektionsstelle	64
Steck, K.	Vermeidung von ungewollten Alarmen durch Brandschutzvorschriften	72
Bellicke, G.	Automatische Brandmeldetechnik in der DDR -Entwicklung und Stand 1989	85
Timms, G. Johnson, P.	Fire detection systems - Some new performance challenges	89
Ishii, H. Kawamura, K. Ono, T.	A fire detection system using optical fibers for utility tunnels	99
Fissan, H. Dixkens, J. Otto, E.	Particle transport in sampling lines used in fire detection systems	109
Moser, O.W.	Zentrale Intelligenz - Nur ein Schlagwort?	120
Wüthrich, A.	Verteilte Datenverarbeitung als Merkmal moderner Brandmeldeanlagen	130
Berger, H.	Erfahrungen mit Multi-Sensor-/Mehr-Kriterien-Meldern	138

II

Inhalt Content Contenu	Seite Page Page
Werner, J. Schlegel, M. Bury, J.L.	Einfluß von Algorithmen auf das Detektionsverhalten von Multisensor-Rauchmeldern in verschiedenen Umgebungen und Höhenlagen 150
Ellwood, S.H. Appleby, D.	Volumetric fire detection using imaging of fire products and transport phenomena 160
Richards, R.F. Munk, B.N. Plumb, O.A.	Fire detection and location through inverse problem solution 170
Aggarwal, S. Motevalli, V.	Study of smoke generated by non-flaming sources for fuel identification 180
Tammet, H.	A multidimensional adaptive algorithm for fire detection 193
Nakanishi, S., Nomura, J. et Al.	Intelligent fire warning system using fuzzy technology 203
Milke, J.A.	Application of neural networks for discriminating fire detectors 213
Kohl, D. Kelleter, J.	Detection of smouldering fires by gas emission 223
Kouzeki, D. Satoh, K..	Study of evacuation assisting system incorporated into intelligent fire detection system 240
Dyhring, F.	Trends in European development of efficient equipment for testing of smoke detectors 250
Jandewerth, Th.	Ein Fuzzy Logik Mehrfach-Sensor-Branddetektor für die Brandkenngroßen Rauchdichte und Temperatur 261
Kaiser, Th.	Die Temperaturfluktuation als Detektionsgröße 271
Kranz, Ch. Müller, H.-Ch.	Digitale Signalverarbeitung in Infrarot-Flammenmeldern 281
Langer, P.	Die Entwicklung der Netzwerkfunktionen in Brandmeldeanlagen 290
Phillips, R.	Activities of the CEA in fire detection technology 301
Post, O.	SIGMAEXPERT-Kommunikative Multisensoren für Gefahrenmeldeanlagen 308

III

Inhalt Content Contenu	Seite Page Page	
Schenkenhofer, P.	The possibilities of early fire recognition under harsh environmental conditions using the LIST Sensor Cable System	316
Sobkowicz, J.	Infrarot-Material-/Müll-Überwachungs-System - IMUS	325
Thuillard, M.	Development of fuzzy inference rules in a linear smoke detector with a new neuro-fuzzy method	329
Tompkin, C. Ryser, P.	Optische Detektion von Rauchpartikeln durch Messung der Lichtextinktion über eine kurze Strecke	336
Wang, J.	Information transmission models of automatic fire alarm and integrated control systems	346
Wang, Sh.	Ein Detektor für spezielle Trends mit variabler Fensterlänge und seine Anwendung in der automatischen Brandentdeckung	357
Grosshandler, W.L.	Towards the development of a universal fire emulator/detector evaluator	368
Molière, G.	Les générateurs d'aérosols utilisés pour la réception des installations de détection incendie	381
Loepfe, M. Ryser, P.	Optische Eigenschaften von Brand- und Nichtbrandaerosolen	394
Schneider, V. Könnecke, R.	Anwendung des Feldmodells KOBRA-3D zur Simulation von komplexen Brandszenarien auf Fragestellungen der automatischen Brandentdeckung	404
Davies, W.D. Forney, G.P. Bukowski, R.W.	Developing detector siting rules from computational experiments in spaces with complex geometries	419
Andersson, P. Holmstedt, G.	CFD-modelling applied to fire detection - Validation studies and influence of background heating	429
Fischer, A. Müller, C.	A simulation technique for the design of multi sensor based fire detection algorithms	439
Pamitschka, R. Kaiser, J.	Ansprechverhalten von Ionisationsrauchmeldern in Abhängigkeit von der Seehöhe	452
Wieser, D. Jauch, P.	Einfluss der Höhenlage des Brandortes auf Brandmelder-Testbrände	462

IV

Inhalt Content Contenu	Seite Page Page
Drache, Th. Hahne, J.	Untersuchungen zur Ansprechwahrscheinlichkeit von Branderkennungssensoren unter realen Entdeckungsbedingungen im Schiffsbetrieb 472
Lüttenberg, R.	Ansteuerung von Feuerlöschanlagen durch Brandmeldeanlagen 482
Schierau, K.	Mehrfachkriterien-Brandentdeckung unter besonderer Berücksichtigung der Ansteuerung von Löschanlagen 496
Spearpoint, M. J. Smithies J.N.	Experimental analysis of the performance of a multi-sensor two stage fire detection and water discharge algorithm 506
Kainz, Ch.	Verknüpfung von prozessorgesteuerten Brandmeldeanlagen mit Rechenzentrums-Leittechnik 522
Heinen, B.	Integrierte Gebäudeautomatisierungssysteme 537
Beilicke, G.	Automatische Brandentdeckungsprobleme im Zusammenhang mit weiteren Sicherheitsanlagen 549

H. LUCK

Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Germany.

REMARKS ON THE STATE OF THE ART IN AUTOMATIC FIRE DETECTION.

Abstract.

The following contribution tries to highlight the background and the stimuli for research and development activities that can be observed in the field of automatic fire detection today. It is important to mention that the market for fire detection equipment and installation is mainly controlled by the needs to meet the requirements that are set by standards and regulations which are given by national or international approval authorities. This fact is the background for the great influence of the work in standardization bodies and testing institutes on the activities that are going on in research and development in this field. Nevertheless there are other driving forces too behind these activities that have more or less technical and/or scientific reasons. In the following some of them are briefly outlined.

Introduction.

Research and development activities are mainly governed by market requirements such as supply and demand or costs on the one hand and state of the art in the technical solutions (i.e. capability to offer technical products) on the other. In the field of automatic fire detection a third component often is even more important. In this field of security technical requirements determined by standards and regulations (e.g. code of practice) play a significant role. In this context the following statement easily can be verified:

The state of the art in automatic fire detection technology is determined by

- (1.) the level of technology that is required by the approval authorities and that is mainly based on national or international standards,
- (2.) those technical solutions that can be handled by the authorized testing institutes and
- (3.) the level of significance that fire safety authorities such as fire-brigades, governmental authorities or private applicants are willing to associate with early detection.

Detection in due course is one of the most important steps in the chain of measures against a fire. If detection and indication in due course could be realized in every case losses of lives and in significant value could be avoided. It should be mentioned in this

context that detection and indication alone - in any case - is not sufficient. Subsequent countermeasures have to be available in as short a time as possible. But these countermeasures could be applied on a much lower level than today if perfect fire detection would be possible everywhere. The remaining problem in automatic fire detection is detectivity, i.e. the capability uniquely to distinguish between the FIRE- and the NOT-FIRE-case.

The parameters mentioned above in the context of the state of the art must be criticized in the following way:

The technical requirements given by standards or put forward by fire safety authorities (item (1.)) are by no means uniform on an international level. The authorized testing institutes are not in the position to cover all technical developments in advance (item (2.)). Some time and effort may be necessary to adapt new features in the testing procedures. A significant example showed up in the last time is Multi-Sensor-based- Fire-Detection (MSbFD). Finally the level of significance that is accepted for automatic fire detection is comparably low. Two reasons are decisive for this assesment. The first reason is the false alarm problem and the second arises from the fact that detection and indication has in any case to be followed by extinguishing measures. Extinguishing measures require far more technical and other effort and are those steps which finally save lifes and property.

Technical Development.

Some basic features that govern the technical development today are discussed in this section. It is not the intension to describe new products in any detail. Examples of this kind can be picked up from the program of the conference. This contribution is intended to give a summary of the principles and methods used.

The main goal for a technical development in any case is to hold or to improve the position on the market. In this context the development of new fire detection systems are aimed at

- the extension of the number of different types of fires that are detectable or
- the improvement of the detectivity or
- the improvement of the system performance, incl. maintenance aids.

The methods used for technical improvements today mainly are introduced by the rapid development of signal- and data-processing facilities. The situation can be described in the following way. The well known diagram in Fig.1 shows the working principle of any automatic fire detection system. The system's performance is given by three distinguishable steps:

- The sensor measures one or perhaps several different "characteristic values" $\bar{x}(t)$ and converts it(them) into the measured value $\bar{m}(t)$ that is available for further processing.
- A data-processing part $T[\bar{m}(t)]$ that transforms $\bar{m}(t)$ into an onedimensional value $y(t)$.

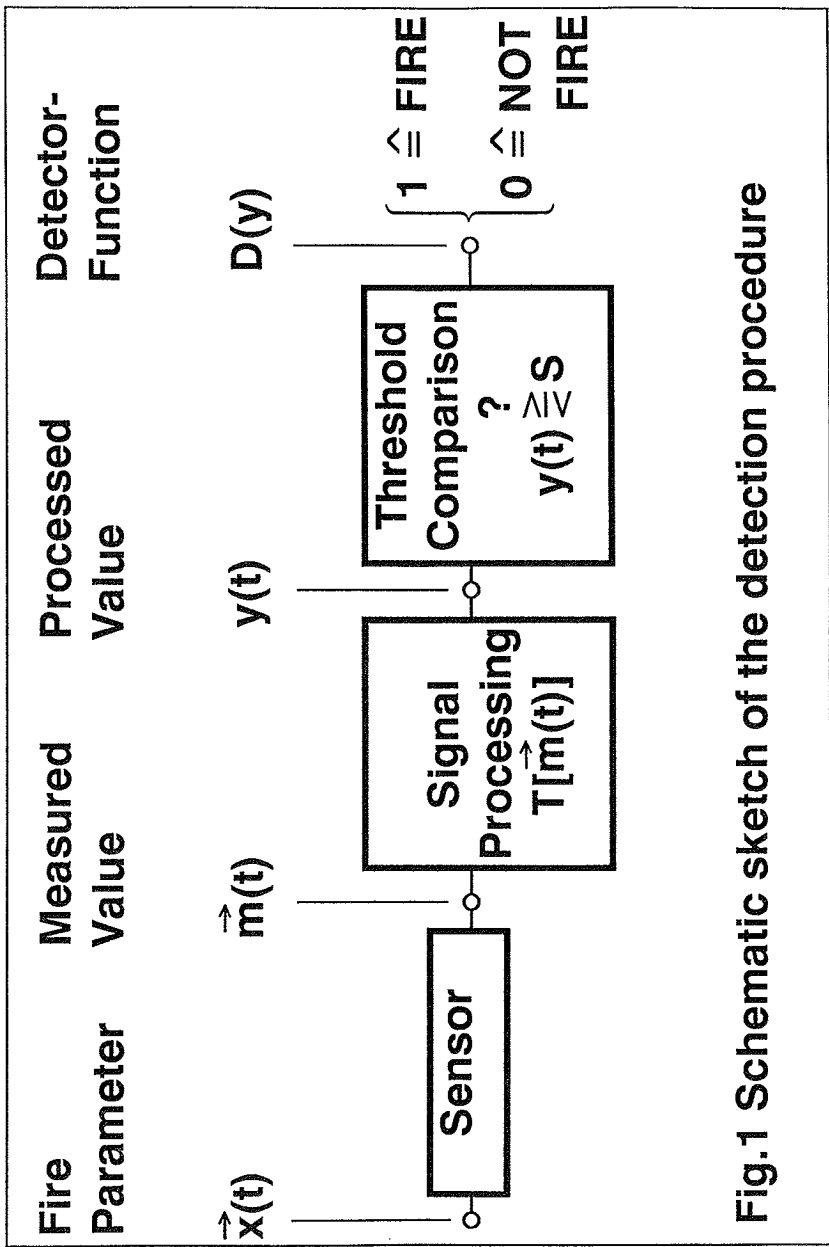


Fig.1 Schematic sketch of the detection procedure

- A threshold comparison $y(t) \geq S$ which leads to an unique decision.

The overall task for the system is to use all information that the sensor is able to pick up for a reliable detection. The data-processing $T[\tilde{m}(t)]$ has then to extract those features from the measured value $\tilde{m}(t)$ that are correlated with the event of a developing fire in the vicinity of the sensor. So $T[\tilde{m}(t)]$ has to separate information. The decision making threshold comparison part is simple, conventional but nevertheless necessary and no object for further development.

An examination of the state of the art for the other two leads to the following result:

New sensors applicable for fire detection - except for very special applications - have not been developed in the last decade. The impression is that new sensors based on semiconductor materials so far are not selective enough and not yet sufficiently long-term stable. Gas detection could probably be interesting but some basic research work is needed to clarify the very early gas production in genuine fires.

Signal- and data-processing attracts most of the attention in the (fire detection) - systems development today. This is of course due to the very rapid development of data processing tools in the last years. The main task is to develop a suitable algorithm $T[\tilde{m}(t)]$ that separates the useful information in $\tilde{m}(t)$ from the useless which can be due to very many different influences in the vicinity of the detector heads and which may differ a lot with time and with the situation in the protected property. More strictly speaking the algorithm has to transform those features of $\tilde{m}(t)$ which are due to developing fires and to suppress those which have other backgrounds.

Three different methods to develop algorithms of this kind are available:

1. **The method based on intuition.** This method is the mostly used one in practice. The method uses no predetermined procedure or rule and is mainly based on the observation of some typical FIRE- and/or NOT-FIRE-cases. The algorithm itself is then derived from the intuition of the developer. The best known example is the so-called "fixed threshold detector"

$$\tilde{m}(t) = m(t) = y(t) \begin{cases} < S \Rightarrow D[y] = 0 \rightarrow \text{no alarm} \\ \geq S \Rightarrow D[y] = 1 \rightarrow \text{alarm} \end{cases} \quad \text{which is the most often applied}$$

detector algorithm and which is based on the observation that in nearly all FIRE-cases the measured value for heat or the smoke density exceeds a predetermined value after a while. Another very well known and often applied example is the "rate of rise detector" which is derived from the observation that the rate of rise of the temperature in the vicinity of an developing fire in many cases is considerably higher than it can be measured under normal conditions. In practice the "rate of rise" detector estimates the rate of rise of $m(t)$ to some extent and compares the result with a predetermined threshold S_{diff}

$$\frac{dm(t)}{dt} \approx y(t) \begin{cases} < S_{\text{diff}} \Rightarrow D[y] = 0 \rightarrow \text{no alarm} \\ \geq S_{\text{diff}} \Rightarrow D[y] = 1 \rightarrow \text{alarm} \end{cases}$$

Mostly the estimate for $\frac{dm(t)}{dt}$ is made by observing a suitable difference $\Delta m = m_1 - m_2$ in a suitable time [1]. A considerable number of different fire detection algorithms have been derived by this method [2]. The variety of solutions rely on the ingenious talents of the proposers.

2. The systematic method. This method is based on the consideration that a detectable fire introduces a special (mostly unknown) feature into the measured value $\bar{m}(t)$ which can - at least in principle - be formulated as an mathematical operation $G(m)$. If $s(t)$ is defined as a signal that is controlled by this special feature in an ideal way, then $G(s)$ shows this selected feature in a very significant manner. An associated detection algorithm can then be formulated by using a generalized Kendall-Correlation-Coefficient:

$$C = \frac{\text{sp}(G^T(m) \cdot G(s))}{\sqrt{\text{sp}(G^T(m) \cdot G(m))} \sqrt{\text{sp}(G^T(s) \cdot G(s))}}$$

(Remark: This calculation cannot be outlined in this context. For details see [3])

Following this procedure several well known detection algorithms, e.g. the matched filter, the Kandall- τ - or the Spearman- ρ -trend-detector can be derived. The problem with this mathematical calculus is that features to be detected have to be formulated in a strict mathematical form as an operator $G(\dots)$. This operator then has to be applied to the measured signal $m(t)$. Where this is possible an associated detection algorithm easily is achieved, e.g. the "Brandmengendetektor" well known from many installations in the field follows from the formula mentioned above [3].

Both methods 1. and 2. require the complete knowledge of "what is to be detected" in the measured signal $\bar{m}(t)$. This knowledge may be derived from physical considerations or may be picked up from careful observations. In this context the NOT-FIRE-case is at least as important as the FIRE-case. The latter is much better observable in fire test experiments. So it turns out that the reliable knowledge about "what is not to be detected" in $\bar{m}(t)$ becomes one of the major problems.

3. The variable algorithm method. If the features in the measured value $\bar{m}(t)$ that carry the information in the FIRE-case are unknown or vary considerably with the situation in the field then a predetermined algorithm is not a suitable solution. With the development of software-controlled electronic networks that have adaptive or even learning capability it became possible to create detection algorithms with only a predetermined structure whereby the network parameters can be made adaptable to the given and probably changing situation in the field. A typical example is the application of neural networks which can be used in two different manners:

- (1.) From the measured value $m(t)$ several different features are extracted by suitable data processing means (Multiple Criteria based Fire Detection; MCbFD). These values are applied as input signals for a neural net. In a so called learning

procedure this neural net adapts its parameters to the situation in which it is installed and in addition "learns" dangerous combinations of the input data to recognize as the FIRE-case.

- (2.) Several different measurements $\tilde{m}(t) = \{m^a(t), m^b(t), \dots\}$ are applied as input signals for the neural net (Multiple Sensor based Fire Detection, MSbFD). In the learning procedure the network is adapted to the dangerous FIRE-case and to the environmental conditions of the premises that is to be protected.

In both cases the detection algorithm is not predetermined in advance and can even be made adaptive in the sense that the "normal" conditions in the surrounding of the detector head can be learned in periodically repeated learning periods. This is possible because the FIRE-case is a very rare event. A variation of version (2.) is the following:

- (3.) The different measurements $\tilde{m}(t) = \{m^a(t), m^b(t), \dots\}$ are further processed by a so-called fuzzy logic which offers the opportunity to incorporate the local conditions in a more or less smooth way.

Variable algorithms in this sense are in development [4] or in the first stage of introduction in the fire detection market today.

In any case the effort in new development imposes the hope that the false alarm problem will be reduced considerably. In this context it has to be taken into account that newly developed systems will govern the situation in the field after a considerable period of introduction. It cannot be expected that a majority of already existing installations will immediately be replaced by new ones.

Testability.

New technical products are only useful in the sense that they have a chance to be accepted in the market if it can be proved that they are better in some sense than the already existing ones. Therefore new fire detecting systems have to be testable in two ways. During the development procedure it has to be checked whether the new product will provide an improved performance compared to the existing techniques or not. And there has to be a meaningful test procedure available for approval purposes. For the first purpose some effort is made today to develop modeling and simulation techniques as a tool for the development procedure. The situation is as follows as a recently organized EUSAS-workshop has shown [5].

- (1.) There are many results available in the literature and from other sources about the modeling of fire situations using several different more or less sophisticated models. These models result in temperature- and/or "smoke"-distributions in the space surrounding the fire under given conditions in a given environment.
- (2.) There are - except for sprinklers and for simple heat detectors - very few results available concerning detector response behavior in genuine fires and nearly none for NOT-FIRE-situations.

Two different methods to deal with this modeling problem become recognizable. The first is the attempt to model the genuine fire situation and derive from this model those quantities (e.g. temperature, "smoke"-density etc.) a detector head may be able to measure. A second method is based on data that have been measured in the field in different situations (FIRE and NOT-FIRE) using sensors which are also applied in fire detector heads. The model is then developed from these data taking into account their mayor statistical properties.

In the discussion about the use of these techniques in the context of automatic detection of developing fires the following four aspects have to be taken into account :

- Modeling and simulation of the fire that is to be detected. In this model the very first stage of the developing fire - which is of course nonstationary - has to be included. The amount of heat release and the production of smoke are the most important parameters that should be available from the model in quatitativ categories.
- Modeling and simulation of smoke and heat distribution over the place and/or building that is to be protected under different environmental and local conditions. This model has to provide the system-developer with measurable physical quantities, such as temperature, "smoke-density" etc. that can be picked up by suitable sensors used in the detector heads.
- Modeling and simulation of the sensor (or the sensors) that pick(s) up the physical quantity(ies) likely to undergo significant changes in the vicinity of a developing genuin fire. Mainly this model delivers one (or several) electrical signals that are further processed in the detecting system.
- Modeling and simulation of the detection system itself that mainly consists of some detection algorithm followed by a threshold comparison that leads to an unique decision about the situation (FIRE or NOT-FIRE).

In all of the four cases simulation means computer-simulation which gives the advantage of a flexible change in the time scale. In the context of detection not only the FIRE-case has to be taken into account. The false-alarm-problem makes it necessary to consider the NOT-FIRE-case as well at least for the two last items mentioned above.

All four models and the associated simulation procedure are hardly possible without a background of data measured in the field. Data of this kind more or less show the features of random signals or random processes respectively. This means that the methods used in the treatment of random processes have to be applied to a certain extend in the first two cases mentioned above and to a considerable extend in the last two. As the conference will show all the four cases need different kinds of treatment. There is some considerable work available in the literature about the modeling and simulation of fires and for the distribution of smoke from already developed fires in buildings but very few is known about the early stage of the fire development. The final aim of considerations and research work in this direction is to provide the developer and the

installer of new detection systems and detectors with a series of tools that allows them to check in an easy and comparably cheap (the most important point is time saving) way whether his product is better as the already existing ones or not. In the context of the development of new detection systems incl. new detection algorithms this is by no means quite clear in advance. The results of such a testing during the development procedure should be available in terms of "false-alarm-rate" and "range of fire-classes that are detectable". With a method like that also very different types of fire detection systems become comparable. Computer-simulation based on meaningful modeling is the only way to achieve applicable results in this context. The numerous developments under way in the moment will get a much more reliable background.

The considerations so far have nothing to do with testing work done by testing institutions as a so-called type testing for certification or approval purposes. This is a more complicated problem as far as testing by simulation is concerned. The problem of appropriate testing for approval purposes by no means is solved today at least as far as MSbFD or MCbFD is concerned although some work has been started within the standardization bodies. Not even a general agreement has been achieved so far about the basic testing philosophy.

References.

- [1] Luck, H.; Prüßmann, A.; Rychwalski, J.; Beiträge zur Theorie u: Praxis selbsttätiger elektrischer Brandmelde-Geber; II. Teil Forschungsbericht des Landes NRW Nr. 1257, Westdeutscher Verlag Köln 1963
- [2] Luck, H.; Dedicated Detection Algorithms for Automatic Fire Detection; Fire Safety Science (Proc. 3. Intern. Sympos.), G. Cox and B. Langford ed.; Elsevier Appl. Science Publ., London 1991, p. 135-148
- [3] Luck, H.; Intelligenz und Algorithmen in der Brandmeldetechnik; Tagungsbericht Internationales Brandschutzforum VBÖ AUSTROALARM, Krems / Österreich, Okt. 1993
- [4] Okayama, Y.; Approach to Detection of Fires in Their Early Stage by Odor Sensors and Neural Net; Fire Safety Science (Proc.3. Intern. Sympos.), G. Fox and B. Longford ed., Elsevier Appl. Science Publ., London 1991, p. 955-964
- [5] EUSAS-Newsletter No. 5, June 1994 (Proc. of the EUSAS workshop "Modeling Techniques as a Background for and Aimed at Fire Detection", January 1993, Duisburg University)

P. Thilo
Siemens AG, München
Bereich Anlagentechnik

Brandmeldetechnik zwischen gestern und morgen.

Abstract

Since ancient times mankind has tried and learnt how to use and to fight fire. In modern times a lot of technical inventions become more and more important and relevant rules and standards are developed. Some examples show this evolution and guide to promises and problems of the future.

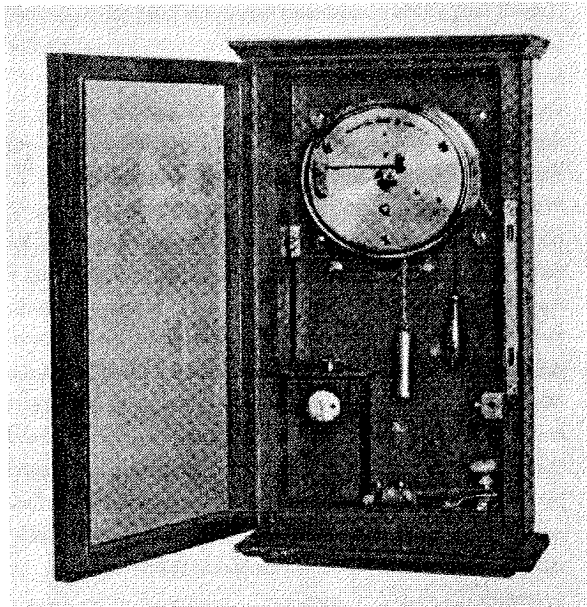
Schon in vorgeschichtlicher Zeit wurden unsere Ahnen mit der Naturgewalt Feuer konfrontiert. In vielen Jahrtausenden lernten sie damit umzugehen, es zu nutzen. Aber immer blieb das Feuer auch eine der größten Gefahren. Bereits in den ältesten überlieferten Schriften, z.B. in Homer's Ilias, gilt die Feuersbrunst neben dem Krieg als größte Geißel der Menschheit. So ist es kein Wunder, daß seit Menschengedenken versucht wird, die Kraft des Feuers immer besser zu nutzen und gleichzeitig seine Gefährlichkeit zu beherrschen. Wir wissen, daß im antiken Griechenland, und noch weit früher im Zweistromland, Brandverhütung und Brandbekämpfung zu den wichtigsten Aufgaben zählten, mit denen sich die hervorragendsten Wissenschaftler und Techniker dieser Zeiten beschäftigten.

In den folgenden Jahrhunderten und Jahrtausenden ging einiges von diesem Wissen und Können wieder verloren. Zumindest kennen wir in unseren mittelalterlichen Städten keine bemerkenswerten technischen Neuerungen zur Brandbekämpfung. Der Nachtwächter ging durch die Gassen oder beobachtete von einem Turm die schlafende Stadt. Er warnte vor der Feuersgefahr, bemerkte gegebenenfalls einen Brand und veranlaßte dessen Bekämpfung. Und das sind genau die Aufgaben, die wir auch heute noch haben: Neben dem Vorbeugen das möglichst schnelle Erkennen und die möglichst effektive Bekämpfung des Brandes.

In den kleinen Orten des Mittelalters gab es keine eigentliche "Brandmeldetechnik". Es gab "nur" Menschen, die das Feuer entdeckten und denen Wasser, Sand und Eimer als Löschmittel dienten. Und die waren praktisch überall sowieso vorhanden und konnten von den vor Ort vorhandenen Menschen problemarm "bedient" werden. Katastrophen entstanden, wenn eben nicht rechtzeitig genug Menschen, Eimer oder Wasser da waren, um das Feuer noch löschen zu können.

Als nun in der Neuzeit die Städte wieder größer wurden und die Wertekonzentrationen zunahmen, da ging das so nicht mehr. Man brauchte spezielle Löschmittel und speziell ausgebildete Menschen und die waren nicht "überall", sondern nur an bestimmten Orten verfügbar. Da aber der Verkehr ebenfalls wuchs, wurde das Heranbringen der Löschmittel über

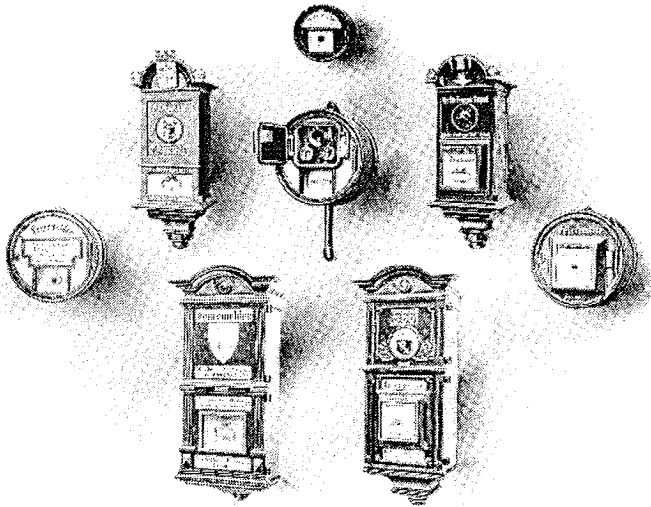
immer größere Entfernungen und durch immer mehr verstopfte Straßen immer langwieriger. Auch die konventionelle Übermittlung der Feuermeldung durch einen Boten dauerte länger. Und das war deswegen schlimm, weil fast alle Brände sich exponentiell ausbreiten. Das heißt, der potentielle Schaden eines "jungen" Feuers ist noch klein, das "junge" Feuer kann recht einfach gelöscht werden, sodaß der endgültige Schaden auch klein bleibt. Dauert es aber zu lange, bis die Brandbekämpfung beginnt, so ist der Schaden schon sehr groß und eine Katastrophe kann vielleicht nicht mehr verhindert werden. Es geht also um die Geschwindigkeit, "schnell wie die Feuerwehr" wurde zum Schlagwort. Aber nicht nur die Feuerwehr muß schnell sein. Auch das schnelle Erkennen eines Brandes und die schnelle Alarmierung der günstig gelegenen und für die Bekämpfung des speziellen Brandes geeigneten Feuerwehr ist wichtig. Es lag also nahe, die Möglichkeiten der damals noch ganz jungen Nachrichtentechnik zu nutzen. Eine der ersten Arbeiten der 1847 gegründeten Telegraphenbauanstalt Siemens & Halske war die Verwendung der Telegraphie für Feuermeldezwecke.



Der erste elektrische
Feuermelder

Bis zum Beginn unseres Jahrhunderts entwickelten sich so ziemlich alle noch heute gültigen Grundlagen der Feuermeldetechnik. Ich zeige Ihnen hier einige Bilder aus einem Aufsatz des damaligen Siemens - Mitarbeiters "Ingenieur Hans Dominik", der später als Autor von Zukunftsromanen sehr bekannt wurde. Die Älteren unter uns können sich vielleicht noch an

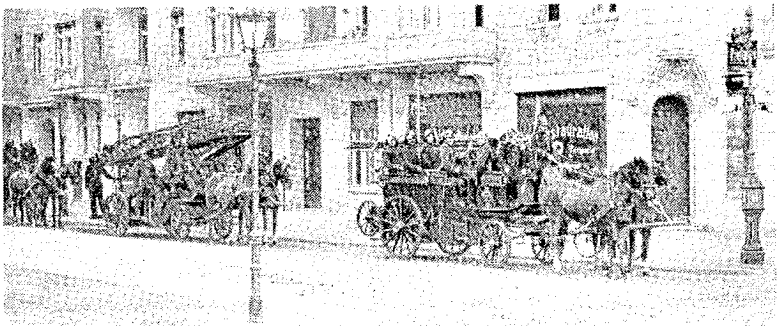
"Atomgewicht 500" oder "Die Spur des Dschingis Khan" erinnern.



WANDFEUERMELDER

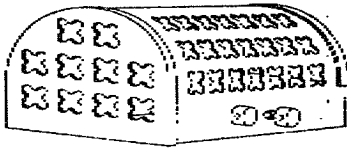
Zunächst gab es im wesentlichen handbetätigte Feuermelder. Zu lösende Probleme waren:

- die sinnvolle, einfache Betätigung und gleichzeitig die Verhinderung von Fehlbedienung
- die sichere Übertragung von Alarm und Meldeort
- die sinnvolle, einfache Alarmannahme und Alarmierung der Feuerwehr sowie die Meldung eventueller Betriebsstörungen.

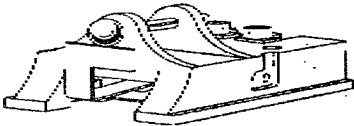


LÖSCHZUG AM STRASSENFEUERMELDER

Eine gewisse Bedeutung hatten auch schon die Wärmemelder, die automatisch einen Alarm auslösen, wenn die Raumtemperatur über ca. 70°C ansteigt. Wie in dem Aufsatz von Dominik angeführt, wurden bereits um die Jahrhundertwende Wärmemelder eingesetzt, bei denen ein platzender Glaskörper einen Kontakt betätigte.



AUTOMATISCHER FEUERMELDER

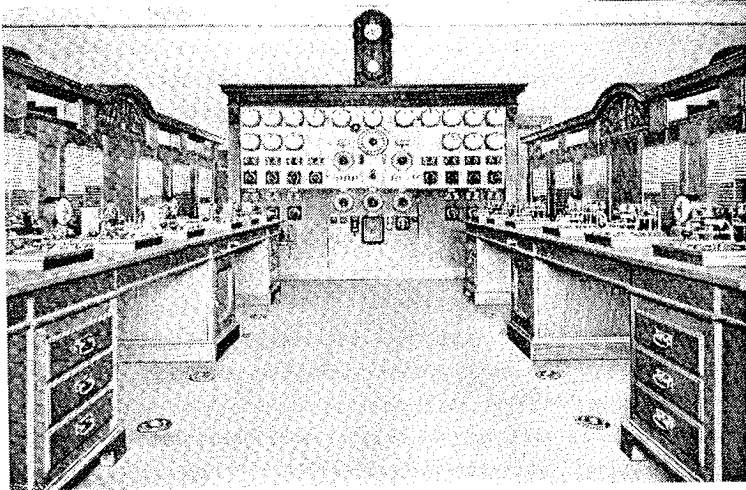


AUTOMATISCHER FEUERMELDER.

Dieser Melder erlangte jedoch in reinen Meldeanlagen nur geringe Bedeutung, da er doch recht spät ansprach, das heißt, wenn das Feuer schon weit fortgeschritten war und somit alle Löschbemühungen zu spät kamen. Eine große Bedeutung hat er jedoch noch heute und zwar in Verbindung mit automatischen Löscheinrichtungen, den Sprinkleranlagen! Da ja hier kein Zeitverzug zwischen Feuermeldung und Löschbeginn liegt, ist die Chance der Schadensbegrenzung auch bei trägen Meldern größer.

Mit den rapide wachsenden technischen Möglichkeiten wuchs auch die Notwendigkeit sinnvoller Vorschriften und Normen. Dies um so mehr, als die Brandmeldetechnik von Anfang an prinzipiell auf die gleichen Mittel für Detektion, Übertragung, Anzeige, Steuerung, Montage und Wartung angewiesen war wie z.B. Telegrafie, Telefonie oder Prozeßautomatisierung. Unterschiede bestehen aber zunächst in der räumlichen Struktur der Systeme. In Telefonanlagen zum Beispiel, sind Nachrichtenquellen und -senken einigermaßen gleichmäßig verteilt und gelegentlich muß jeder mit jedem direkt kommunizieren können. In Automatisierungs- oder Klimaanlageanlagen müssen darüber hinaus räumlich eng begrenzte Bereiche besonders intensiv kommunizieren. So kann und wird die Klimaregelung in jedem Raum eines Gebäudes für sich und weitgehend unabhängig von den anderen Räumen ablaufen. Eine eventuell vorhandene Zentrale vereinfacht lediglich "Hilfsfunktionen", die Versorgung, die gelegentliche Änderung von Parametern und die Überwachung. Eine Brandmeldeanlage dagegen ist in ihrer Hauptfunktion ganz auf die Zentrale ausgerichtet.

Ich zeige Ihnen noch mal ein Bild aus dem Aufsatz von Dominik.

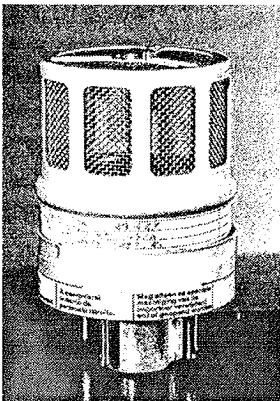


FEUERMELDE-ZENTRALE AUF DER HAUPTFEUERWACHE IN MÜNCHEN

Zwar sind die Nachrichtenquellen, die Brandmelder, ebenfalls weit verteilt. Es gibt aber nur eine wesentliche Nachrichtsenke, und das ist der "Hauptmelder", der eine Alarmierung der Feuerwehr veranlaßt. Weitere Unterschiede werden bei einer mehr gefühlsmäßigen Betrachtung deutlich. Während der Nutzen z.B. der Telefonie und der Schaden, der durch ihr Versagen entsteht relativ einfach erkennbar sind, ist das bei der Brandmeldetechnik anders. Eigentlich will sie ja keiner und schon gar nicht für viel Geld. Denn normalerweise, wenn alles gut geht, braucht man sie nicht. Und wenn man sie doch hat und sie mal ausfällt? Dann entfallen höchstens ein paar Falschalarme, denn es brennt ja eh nicht! Diesen Gegebenheiten haben die frühen Vorschriftenmacher in fast genialer Weise Rechnung getragen. Sie gingen wohl davon aus, daß es erstens nur sehr selten brennt, daß zweitens eventuelle Betriebsstörungen unabhängig vom Auftreten eines Brandes sind und daß drittens überzogene Anforderungen Brandmeldeanlagen so verteuern könnten, daß zu wenige gekauft und eingesetzt würden. Es wird also keineswegs kostentreibend gefordert, daß alle Anlagenteile ständig betriebsfähig sind. Beispielsweise verlangen die im Kern heute noch gültigen VdS-Vorschriften, daß z.B. ein Brandmelder einmal im Jahr auf seine Funktionstüchtigkeit geprüft und gegebenenfalls repariert wird. Anders ausgedrückt darf er also ein ganzes Jahr lang defekt an der Decke hängen. Das klingt schlimm, ist es aber kaum, da dieser Melder, statistisch gesehen, viele tausend Jahre warten muß, bis ein Brand auftritt, den er entdecken kann. Wenn

er also ein Jahr lang nicht funktioniert, wird seine Wirksamkeit und damit sein Wert auch nur um Bruchteile eines Promilles vermindert. Und die Meldeprimärleitung muß vier mal im Jahr überprüft werden. Warum? Im Mittel wurden, und werden eigentlich auch noch heute, etwa vier Melder auf einer MPL angeordnet. Für andere ausfallträchtige Anlagenteile forderte man keineswegs eine ständige Verfügbarkeit sondern lediglich eine Störungsanzeige auf Grund derer dann der Fehler in angemessener Zeit repariert werden muß. Lediglich zwei Forderungen sprechen scheinbar gegen diese Interpretation. Die erste ist der Wunsch nach einer Erdschlußüberwachung, die keinen direkten Einfluß auf die Funktion hat, aber sicher die Brandmeldeanlage verteuert. Aber das ist nur auf den ersten Blick so. Früher wurden nämlich ausschließlich papierisolierte Kabel verwendet und ein Erdschluß war typisch für Wasser, das durch einen beschädigten Kabelmantel eindrang und das ganze Kabel langsam zerstörte. Entdeckte man das im Frühstadium, so war nur ein kurzes Kabelstück unbrauchbar geworden, das sich für wenig Geld auswechseln ließ. Würde man warten, bis der Erdschluß so kräftig geworden ist, daß er eine Betriebsstörung verursacht, so würde viel mehr Kabel unbrauchbar und müßte mit viel höherem Aufwand ausgewechselt werden. Heute werden allerdings nur noch kunststoffisolierte Kabel verwendet, die diesen Effekt nicht zeigen. Der zweite scheinbare Widerspruch ist die Forderung nach **zwei** unabhängigen Energieversorgungen. Wird etwa hier über die geforderte Redundanz der Energieversorgung eine absolute Betriebssicherheit verlangt? Aber warum nur bei der Energieversorgung? Es war wohl nicht der unterbrechungsfreie Betrieb, der sichergestellt werden sollte. Das ist, wie eben gezeigt, kaum nötig. Aber eine Störung muß angezeigt werden, auch eine der Energieversorgung! Und das geht ohne Energie sehr schlecht!

Doch nun wieder zurück zur Technik! Die eigentliche Blütezeit der automatischen Brandmelder begann um 1950, nachdem Meili den Ionisations-Rauchmelder in eine technisch verwertbare Form gebracht hatte.



IONISATIONS-FEUERDETEKTOR

Damit wurde es möglich, Brände bereits im Frühstadium zu entdecken und damit wertvolle Zeit zu gewinnen. In den siebziger Jahren erlangte auch der im Prinzip schon lange bekannte optische Streulicht-Rauchmelder wachsende Bedeutung, weil jetzt Leuchtdioden, Transistoren und integrierte Schaltkreise preiswerte und zuverlässige Realisierungen ermöglichten. Aus den gleichen Gründen wuchs die Bedeutung der Flammenmelder, die durch Messung der Infrarot- oder Ultraviolett-Strahlung besonders schnell offene Feuer entdecken können.

Parallel dazu entstanden Übertragungsverfahren mit Meldergruppen- und Einzelmelderidentifizierung. Auch hier konnte man nur Mittel einsetzen, die auch anderswo, bei den "großen Brüdern" der Nachrichten- und Datentechnik verwendet wurden. Und diese sind alle dafür ausgelegt, kontinuierlich mehr oder weniger große Datenströme zu übertragen. Die Brandmeldetechnik benötigt dagegen eigentlich nur sehr selten die dann aber schnelle Übertragung weniger brandrelevanter Meldungen. Damit bietet sich die Möglichkeit, dazwischen, sozusagen kostenlos, detaillierte Meldermeßwerte zu übertragen und in zentralen Datenverarbeitungsanlagen für statistische Zwecke oder sogar zur aktuellen Branderkennung zu verarbeiten. Im letzteren Fall kann auf eine Bewertung der gemessenen Brandkenngrößen und auf die dazu nötigen Einrichtungen in den Meldern verzichtet werden. Es gilt dann, hochwertige Auswerteralgorithmen zu finden, die in einem leistungsfähigen zentralen Rechner ablaufen und die dort, wegen ihrer geringen Zahl, durchaus aufwendig sein dürfen. Muß das dagegen in den einzelnen Meldern geschehen, so ist das wegen der Kosten und des Energiebedarfs der vielen Einzelrechner sicher viel schwieriger. Auf jeden Fall fand die moderne Datenverarbeitung Einlaß, mit deren Hilfe beginnende Brände noch früher entdeckt, falsche Alarmer besser als solche erkannt und gestörte Anlagenteile herausgefunden werden. Die dazu nötigen Einrichtungen sind vorwiegend in der "Zentrale" zusammengefaßt. In ihr laufen alle Informationen der Brandmeldeanlage zusammen und von ihr aus werden alle schadensmindernden Maßnahmen veranlaßt. So können z.B. Fluchtleitsysteme, Rauchklappen und, gegebenenfalls, automatische Löschanlagen angesteuert werden. Und noch eine wichtige Aufgabe hat die Zentrale: sie muß die komplette Anlage mit der notwendigen Energie versorgen.

Wie werden nun die Brandmeldesysteme der Zukunft aussehen?

Sie werden zunächst einmal "besser" sein müssen, weil steigende Wertekonzentration und Bevölkerungsdichte weiter steigende potentielle Brandschäden zur Folge haben. Die Sensoren werden auch in Zukunft vorwiegend Wärme, Flammen und Rauch als Brandkenngrößen benutzen. Sie werden aber noch besser echte Schadenfeuer von Täuschungssituationen unterscheiden können als das heute möglich ist. Multisensoren, Flächenmelder und leistungsfähige Auswerteralgorithmen sind Mittel, die hierfür wichtig sein werden. Der Ionisations-Rauchmelder allerdings wird trotz seiner guten Brandmeldefähigkeiten an

Bedeutung verlieren. Er wird wegen seiner Radioaktivität durch Auflagen immer teurer und darüber hinaus, unbeliebter. In der Zentrale werden umfangreiche Verarbeitungskapazitäten und Mittel zur einfachen Versorgung/Parametrierung nötig. Bei den Ausgabeelementen werden neben neuen Übertragungsmedien Maßnahmen zur besseren Mensch-Maschine-Kommunikation ganz vorne stehen. Etwas fragwürdig erscheint mir die sich abzeichnende Tendenz, mit hohem Aufwand die "Sicherheit" einzelner Anlagenteile zu vergrößern. Beispiele dafür sind "Loop" und "redundante Rechnersysteme". Natürlich vergrößert sich dadurch die Verfügbarkeit und damit der statistische Nutzen einer solchen Brandmeldeanlage um einige Promille. Wesentlich stärker können aber die Anlagen- und insbesondere die Wartungskosten steigen. Denn diese zusätzlichen Funktionen, die den apparativen Aufwand unter Umständen mehr als verdoppeln, müssen natürlich turnusmäßig zusätzlich getestet und im Fehlerfall zusätzlich repariert werden. So befürchte ich, daß solche hochwertigen Systeme zumindest für den weiten Bereich der heute noch völlig ungesicherten, "kleinen Risiken" wenig Erfolg versprechen. Hier, aber nicht nur hier, könnten Systeme Akzeptanz finden, in denen Brandmeldefunktionen ohne Berücksichtigung der uns heute wichtigen Normen und Vorschriften realisiert sind und die, attraktiv gestaltet, wesentlich billiger verkauft werden. Ein Beispiel dafür aus der jüngeren Vergangenheit ist der "Home-Melder". Das sollte uns zu denken geben.

Schließen möchte ich mit der Feststellung, daß die elektrische Brandmeldetechnik, die "Feuertelegraphie", trotz ihres ehrwürdigen Alters von 144 Jahren, heute immer noch so jung und entwicklungsfähig ist, wie sie sein muß, um den ständig wachsenden Anforderungen der Brandschadenverhütung zu genügen. Ich appelliere an Sie alle, dazu beizutragen, daß das auch so bleibt.

Wolfgang Schönherr
Feuerwehr Recklinghausen, Germany

Anschlußkriterien für Brandmeldeanlagen - Betrachtungen aus der Sicht der Feuerwehr

Abstract

Steht eine Projektierung, Erweiterung oder wesentliche technische Ergänzung einer Brandmeldeanlage bevor, so sollten grundsätzliche Anforderungen bezüglich der Brandmelderzentralentechnik, des Überwachungsumfanges, der Melderarten, der Alarmorganisation und der Anschlußkriterien der örtlichen Feuerwehr zwischen Betreiber, Errichter und Feuerwehr in der Planungsphase abgestimmt werden.

Diese Abstimmungen sowie die Vorhaltung von Anschlußbedingungen der Feuerwehren haben im Wesentlichen zum Ziel,

- a) den Errichtern einheitliche und überschaubare Regelanforderungen - mindestens innerhalb einer Gemeinde oder eines Kreises - darzulegen und
- b) dem Einsatzleiter der Feuerwehr eine möglichst normative Einsatzabwicklung bei Brandalarm einer Brandmeldeanlage zu gewährleisten.

In dieser Ausarbeitung möchte ich nicht die technischen Anforderungen der einzelnen DIN VDE - Bestimmungen beschreiben, sondern ich möchte Kriterien aus der Sicht der Feuerwehr aufzählen, die Garanten für eine normative Einsatzabwicklung sein sollen.

Mit einigen Auszügen aus den für Recklinghausen gültigen Anschlußbedingungen (Stand November 1992) möchte ich Anregungen aufzeigen, welche wichtigen Projektierungsanforderungen beschrieben werden sollten, ohne hier einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, da bisherige, den örtlichen Gegebenheiten entsprechende Anforderungen eingearbeitet werden können.

1. Allgemeine Anforderungen

Anschaltbedingungen enthalten technische sowie organisatorische Anforderungen für die Errichtung und den Betrieb von Brandmeldeanlagen mit direkter Anschaltung an die Empfangseinrichtung der Feuerwehr Recklinghausen.

Bei der Errichtung von Neuanlagen, sowie bei Änderungen und Erweiterungen bestehender Anlagen sind diese zu berücksichtigen, da hierdurch auch viele Rückfragen von Errichtern und später von Betreibern unnötig werden, was letztendlich Zeitersparnis, Vermeidung von Mißverständnissen und Kosten aller Beteiligten bedeutet.

Zusätzlich sind die entsprechenden Normen zu berücksichtigen, die für Errichtung und Betrieb von Brandmeldeanlagen zu berücksichtigen sind.

2. Übertragungseinrichtung für Brandmeldeanlagen

Die Stadt Recklinghausen betreibt mit dem Konzessionär, Fa. Siemens, eine Empfangseinrichtung für Brandmeldeanlagen.

Der Konzessionär organisiert die Beantragung der Primärleitungen vom Objekt zur Feuerwehr, richtet die Übertragungseinrichtungen ein und wartet sie.

3. Brandmelderzentrale (BMZ)

Standorte der BMZ sind stets mit der Feuerwehr abzustimmen.

BMZ sollten im Eingangsbereich eines Gebäudes, möglichst in einem besetzten Raum und in der Nähe der Feuerwehrezufahrt, angeordnet werden.

Der äußere Zugang zur BMZ ist durch eine grüne Blitz- oder Rundumkennleuchte, die bei Brandmeldung automatisch durch die BMZ angesteuert wird, kenntlich zu machen.

Der Weg bis zur BMZ ist von dort mit Hinweisschildern nach DIN 4066 (Hinweisschilder für den Brandschutz) mit der Aufschrift "BMZ" fortlaufend zu kennzeichnen.

Falls die BMZ nicht in einem ständig besetzten Raum untergebracht ist, sind Störungsmeldungen an eine beauftragte Stelle (z.B. Serviceleitstellen, Wachschutzorganisationen) mindestens als Sammelanzeige weiterzuleiten.

4. Feuerwehrbedienfeld

Ein Feuerwehrbedienfeld nach DIN 14 661 ist im Handbereich der BMZ zu installieren. Die Schließung des Feuerwehrbedienfeldes ist von der Feuerwehr vorgegeben, ein entsprechender Halbzylinder wird von der Feuerwehr in Rechnung der Firma „ABC“ bei der Abnahme der BMA eingesetzt.

5. Feuerwehrschlüsselkasten (FSK)

Damit bauliche Anlagen und die BMZ im Alarmfall für die Feuerwehr jederzeit zugänglich sind, ist ein VdS - zugelassener FSK einzubauen, in dem der Generalschlüssel des Objektes untergebracht wird.

Eine einheitliche Schließung für den FSK ist bei der Firma ABC eingerichtet; das entsprechende Umstellschloß kann dort beschafft werden, so daß die entsprechende Feuerwehrschießung erst bei der Abnahme durch die Feuerwehr mit deren Schlüssel eingestellt wird.

Freischaltelemente als Notentriegelungsmöglichkeit für FSK werden in Einzelfällen (z.B. teilüberwachte Gebäude oder große Freigelände) verlangt.

6. Melderprojektierung

6.1 Allgemeines

Brandmelder sind dauerhaft mit Gruppen- und Meldernummern zu versehen. Für nichtautomatische Brandmelder sind Schilder mit der Aufschrift "Außer Betrieb" vorzuhalten.

6.2 Nichtautomatische Brandmelder

Nichtautomatische Brandmelder sind grundsätzlich in Rettungswegen anzubringen, sofern vorhanden, in der Nähe einer Feuerlöscheinrichtung.

Sie sind in eigene Meldergruppen zusammenzufassen.

In Treppenträumen mit mehr als zwei Untergeschossen sind sie jeweils vom Feuerwehrzugang ausgehend - sowohl nach unten und auch nach oben - in getrennten Meldergruppen zusammenzufassen. Dabei dürfen max. 5 Obergeschosse in einer Gruppe zusammengefaßt werden.

6.3 Automatische Brandmelder

Bei der Projektierung automatischer Brandmelder sind die Auflagen der Ordnungsbehörde sowie bestehende Richtlinien, insbesondere die DIN VDE 0.833 Teil 2 (7/92) , zu beachten. Die Anzahl und Anordnung der automatischen Brandmelder richtet sich nach der Art der verwendeten Melder, nach der Raumgeometrie, nach der Verwendungsart und nach den Umgebungsbedingungen der zu überwachenden Räume.

Sie sind so zu wählen, daß Brände in der Entstehungsphase zuverlässig erkannt werden können.

Ein besonderes Augenmerk ist auf Umgebungseinflüsse zu richten, damit Täuschungsalarme vermieden werden. Maßnahmen zu Vermeidung von Fehlalarmen wie in Ziffer 4.8, DIN VDE 0.833 Teil 2 (7/92) beschrieben, sind mit der Feuerwehr abzustimmen.

Alarmzischenspeicher
Zweimelder- oder Zweigruppenabhängigkeit
Ruhewertnachführung

6.3.1 Melder in Deckenhohlräumen

Melder in Deckenhohlräumen müssen zu eigenen Meldergruppen zusammengefaßt und ohne besonderen Aufwand zugänglich sein.

Unter dem Melder muß ein besonders gekennzeichnetes Deckenelement herausnehmbar angebracht sein, das entsprechend gekennzeichnet ist

Bei BMZ mit Grenzwertmeldetechnik (An der BMZ wird jeweils nur die entsprechende Meldergruppe angezeigt) ist zusätzlich je Melder eine abgesetzte Anzeige anzubringen, an der zu erkennen ist, welcher Melder angesprochen hat. Bei Einzelmelderkennung kann - nur nach Absprache mit der Feuerwehr im Einzelfall - auf abgesetzte Anzeigen verzichtet werden.

6.3.2 Melder in aufgestellten Fußböden

Über Meldern in aufgestellten Fußböden sind die darüberliegenden Fußbodenplatten entsprechen der Melder- und Meldergruppennummern zu kennzeichnen. Um ein Vertauschen der markierten Platten zu verhindern, müssen diese z.B. mit einer Kette gesichert sein.

6.3.3 Melder in Lüftungskanälen und sonstigen Schächten

Für Melder in Lüftungskanälen, Kabelschächten und ähnlichen Schächten gelten sinngemäß die Ziffern 6.3.1 und 6.3.2 dieser Anschlußbedingungen.

7. Anschaltung von Brandschutzeinrichtungen

An eine BMZ können Brandschutzeinrichtungen (z.B. ortsfeste Feuerlöschanlagen) angeschlossen werden. Der Weg von der BMZ zu einer Löschzentrale ist auf einer eigenen Meldergruppenkarte darzustellen.

8. Brandmelder - Lagepläne

8.1 Meldergruppenpläne (Muster siehe Abbildung 1 und 2)

Pro Meldergruppe ist ein eigener Plan, DIN A 3, gut sichtbar und stets griffbereit an der BMZ zu hinterlegen. Diese Pläne (Feuerwehrwegekarten) müssen den in der Anlage beschriebenen Musterplänen entsprechen.

Diese Pläne sind auf der Basis von Grundrißplänen doppelseitig zu erstellen und müssen darüber hinaus enthalten :

- BMZ, Standort,
- Laufweg als grüne Linie markiert,
- Lage der Meldergruppe,
- Gefahrenhinweise,
- evtl. Lage der Wandhydranten.

Bei der Darstellung von Brandschutzeinrichtungen sind die entsprechenden Symbole der Anlage zu entnehmen (Symbole, entsprechend der DIN 14 034). Diese Pläne sind in Klarsichthüllen unterzubringen und mit unverlierbaren Reitern zu beschriften.

8.2 Weitere Lage- und Übersichtspläne

Ein Feuerwehrplan - gemäß der als Anlage beigefügten Richtlinien der Feuerwehr Recklinghausen - ist an der Brandmeldezentrale zu hinterlegen

9. Alarmorganisation

Festlegungen hinsichtlich der Alarmorganisation sind mit der Feuerwehr abzustimmen.

Dabei ist auch festzulegen, inwieweit Brandschutzeinrichtungen oder sonstige technische Einrichtungen von der BMZ ganz oder teilweise gesteuert werden sollen und welche Einrichtungen manuell bedient werden müssen und wo diese Bedienstellen angeordnet werden.

10. Inbetriebnahme der Brandmeldeanlage

Vor Inbetriebnahme und bei jeder Änderung einer Brandmeldeanlage ist eine Abnahme durch die Feuerwehr erforderlich.

Zur Abnahme müssen der Antragsteller (bzw. ein Beauftragter) und der Errichter anwesend sein. Dabei wird mittels einer Checkliste überprüft, ob die Brandmeldeanlage den Anschlußbedingungen entspricht.

Falls vorher noch nicht erfolgt, sind bei der Abnahme das Installationsattest und ein Wartungsvertrag vorzulegen.

11. Wartung - Inspektion

Es ist ein Wartungsvertrag mit einer anerkannten Fachfirma abzuschließen.

Bei einer erhöhten Anzahl von Fehlalarmen durch mangelhafte Wartung ist die Feuerwehr ermächtigt, die Anlage zu überprüfen. Sind schwere Mängel erkennbar, behält sich die Feuerwehr das Recht vor, die Bauaufsichtsbehörde zu informieren bzw. bei nicht bauaufsichtlich geforderten Anlagen die Übertragungseinrichtung trennen zu lassen.

Die jährlich, bzw. vierteljährlich vorgeschriebenen Wartungen und Inspektionen sind fortlaufend in einem Betriebsbuch zu dokumentieren. Das Betriebsbuch ist für die Feuerwehr jederzeit einsehbar an der BMZ zu hinterlegen.

12. Technische Fehlalarme

Ist das Ansprechen eines automatischen Brandmelders nicht nachvollziehbar (wie z.B. durch Rauchen, Schweißen oder Trennarbeiten etc.), darf der entsprechende Melder bzw. die entsprechende Meldergruppe erst nach einer Kontrolle bzw. Fehlerbeseitigung der entsprechenden Wartungsfirma wieder in Betrieb genommen werden.

13. Probealarme des Betreibers / Wartungsarbeiten

Bei der Durchführung von Probealarmen darf jeweils nur ein Alarm - nach vorheriger fernmündlicher Ankündigung - zur Feuerwehr durchgeschaltet werden.

Wenn technisch möglich, bleibt Feuerwehr und Betreiber während des Probealarmes fernmündlich in Kontakt.

Bei Wartungsarbeiten oder anderen Arbeiten der Wartungsfirma bzw. des Errichters dürfen keine Brandmeldungen bei der Feuerwehr einlaufen, da ein Alarm ein Ausrücken der Feuerwehr bedeutet.

Die Durchführung von Arbeiten an Brandmeldeanlagen ist der Feuerwehr fernmündlich anzuzeigen.

14. Erreichbarkeit von Betriebsangehörigen bei Einsätzen nach Betriebs-schluß

Der Feuerwehr, "Abteilung Vorbeugender Brandschutz", sind Namen, Anschriften und Telefonnummern von Betriebsangehörigen zu übersenden, die bei Einsätzen nach Betriebsschluß zu verständigen sind. Hierbei ist auf eine Fortschreibung und auf die Verwendung von City- oder Eurorufsysteme wertzulegen. Dies gilt nicht, wenn die BMZ in einem ständig besetzten Raum untergebracht ist.

15. Weitere Bedingungen

Weitere, sich durch technische oder organisatorische Änderungen ergebene Anforderungen bleiben vorbehalten.

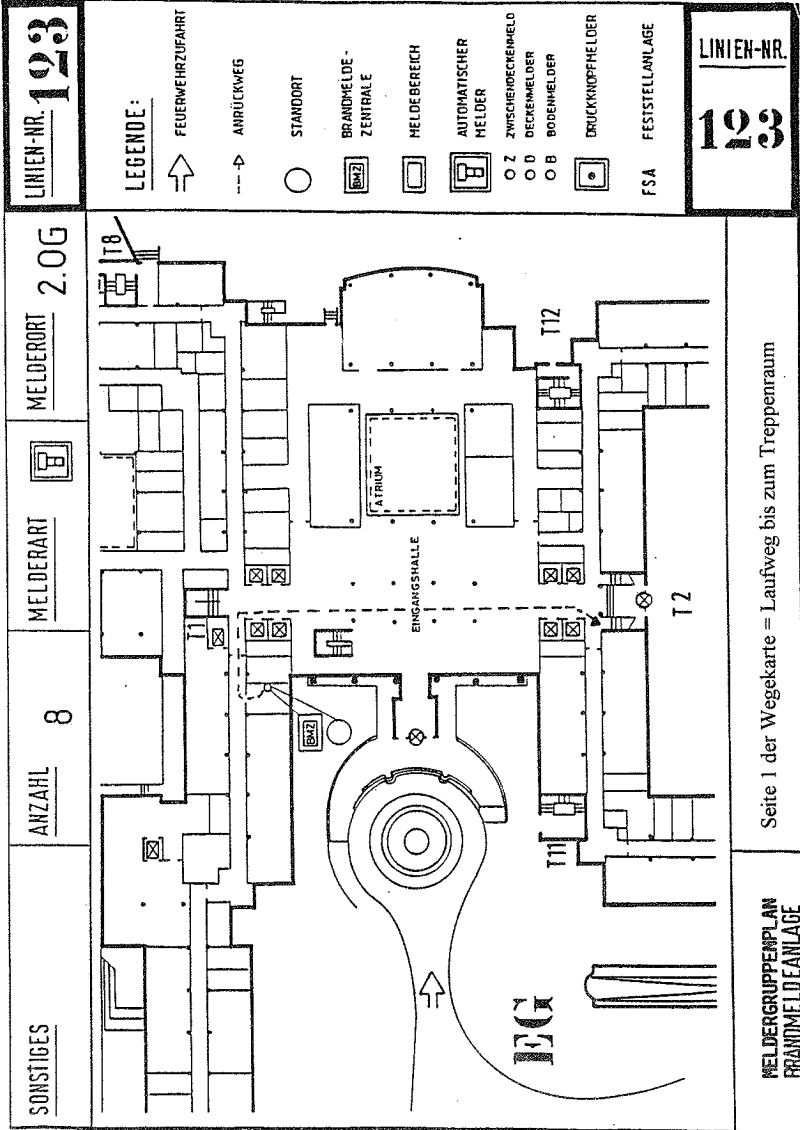


Abb. 1

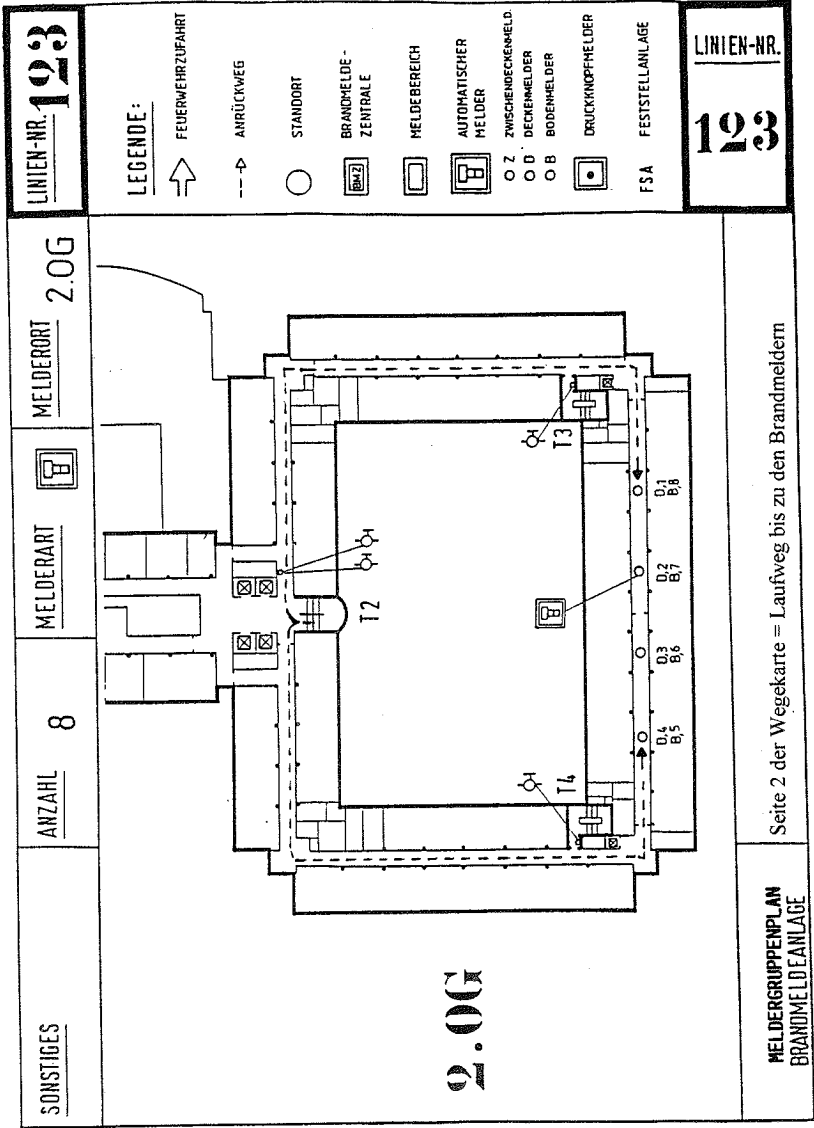


Abb. 2

R. Siebel

Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg, Germany

Der "Nichtbranddetektor" - ein alternatives Konzept zur Branddetektion ?

Kurzfassung

Im Gegensatz zum klassischen Brandmelder schätzt der "Nichtbranddetektor" ein, inwieweit die gerade anhand der Brandkenngröße(n) beobachtete Situation zum normalen Erfahrungsbereich innerhalb der spezifischen Umgebungsbedingung gehört. Er löst dann einen Alarm aus, wenn die Situation vor dem Hintergrund seiner gesammelten Erfahrung als extrem unwahrscheinlich gilt.

Dieses Konzept setzt voraus, daß der Detektor selbst - ausgehend von einer geeigneten Voreinstellung - während seiner Installationszeit permanent Erfahrungen innerhalb der speziellen Installationsumgebung sammelt und in "Erfahrungsparmetersätzen" abspeichert. Auch hierin liegt ein wesentlicher Unterschied zum klassischen Brandmelder, der durch Simulation von Brandexperimenten z.B. im Rauch- oder Wärmekanal oder in normierten Brandversuchen auf den Brandfall getrimmt mit festen, unveränderlichen Voreinstellungen installiert wird.

Abstract

The "Non-Fire-Detector" estimates whether the just observed situation in terms of fire phenomena belongs to normal ambient condition experience in its special installation environment. It initiates an alarm only if the observed situation is extremely unlikely in comparison with its experience.

Starting with a suitable presetting of parameters, this concept requires the "Non-Fire-Detector" to collect and store experience parameters about ambient conditions during its whole installation time. This again is a significant difference since the "classical" fire detector is installed with invariable parameter settings determined for the fire case either in standard fire experiments or simulations (e.g. in the smoke- or temperature- channel).

Einführung

Unter dieser zugegeben etwas provokativen Bezeichnung wird ein neues Konzept zur Brandentdeckung vorgestellt. Natürlich entdeckt der "Nichtbranddetektor" auch Brände aber seine jeweils aktuelle Entscheidung klassifiziert im Unterschied zu den klassischen Brandmeldern, mit welcher Wahrscheinlichkeit die jeweils beobachtete

Situation als zugehörig zu gewohnten Umgebungsbedingungen einzustufen ist. Dazu folgende Erläuterungen:

Betrachtet man das z. Zt. beste existierende Brandentdeckungssystem, den Menschen, so sind dessen hervorragenden Detektions- und Klassifizierungseigenschaften nicht allein auf seine Multisensorik und das ausgezeichnete Signalverarbeitungssystem zurückzuführen, sondern ganz wesentlich auch auf die Tatsache, daß der Mensch so gut wie alles über seine normalen Umgebungsbedingungen weiß. Und selbst wenn er in eine sehr ungewohnte Umgebung versetzt wird, adaptiert er zuerst die Umgebungsseigenschaften, die dort als normal anzusehen sind.

Der klassische automatische Brandmelder wird mit Testfeuern oder durch die reproduzierbare "Simulation einer Brandkenngroße" (z.B. im Rauchkanal) auf die Entdeckung des Feuers getrimmt, "weiß" aber nichts über die Umgebungsbedingungen seines Installationsortes. Er wird ggf. bei der Installation über unterschiedliche Empfindlichkeitsstufen an die Umgebung angepaßt und enthält eventuell Algorithmen, mit denen Auslöseschwellenwerte relativ zum gleitenden Mittelwert der Meßgröße nachgeführt werden, damit sich der Detektor an sehr langsam veränderliche Umgebungsbedingungen anpassen kann (vergl. z.B. [1]). Letzteres ist aber noch kein "Wissen" über die Umgebung.

Während der gesamten Installationszeit wartet der klassische Melder tatenlos auf die Brandsituation, auf die er eingestellt ist - eine Situation also, die fast nie auftritt.

Da mit wenigen Ausnahmen fast alle installierten Melder während ihrer gesamten Lebenszeit immer nur mehr oder weniger normale Umgebungsbedingungen beobachten, nutzt der "Nichtbranddetektor" diese Situation, um diese Bedingungen einschätzen zu lernen. Zu jedem Zeitpunkt lernt er, welche Signaleigenschaften zu seiner Installationsumgebung gehören und prüft, mit welcher Wahrscheinlichkeit die gerade beobachtete Situation als gewohnt einzustufen ist. Wenn eine sehr unwahrscheinliche Situation über einen gewissen Zeitraum eintritt, wird ein Alarm ausgelöst. Dieses Konzept hat einige offensichtliche Vorteile:

- Jeder Melder stellt sich auf seine spezifische Umgebung ein und ist nicht wie der klassische Melder auf feste Voreinstellungen durch die Errichterfirma programmiert. Dadurch kann er sich auch an langsam veränderliche Umgebungsbedingungen anpassen.
- Im Gegensatz zum klassischen Melder ist jederzeit abrufbar, inwieweit die gerade beobachtete Situation zum normalen Erfahrungsbereich gehört; d.h. eine länger andauernde, aber noch nicht fehlalarmrelevante Situation, kann rechtzeitig erkannt werden.

- Ein Vergleich der Situationsparameter - das sind die Kenngrößen, in denen die Erfahrung des Melders über seine Umgebung gespeichert sind - verschiedener Melder erlaubt dem Errichter oder Betreiber jederzeit zu prüfen, in welcher Installationsumgebung abnormale Bedingungen über längere Zeiträume vorhanden sind.

Konzept des Nichtbranddetektors

Bei vielen, für die Praxis wichtigen, Entdeckungsaufgaben in Sicherheitssystemen (z.B. automatische Brandentdeckungssysteme, Einbruchmeldesysteme, Erdbebendetektion) gibt es Gemeinsamkeiten in der Problemstellung und Probleme, die bisher nur unvollkommen gelöst sind.

- Die beobachtbaren Signale sind i.A. instationäre Zufallssignale, d.h. ihre statistischen Eigenschaften ändern sich mit der Zeit bzw. mit den Umgebungsbedingungen.
- Die zu entdeckenden Situationen treten äußerst selten auf; d.h. die Meßfühler "beobachten" fast immer normale Umgebungsbedingungen, die sich aber mit der Zeit ändern können (z.B. durch unterschiedliche Witterungsbedingungen, Nutzungsänderungen in der Umgebung, menschliche Aktivitäten).
- Die i.A. sehr selten auftretenden zu entdeckenden Situationen können mit zeitlich geringem Aufwand experimentell simuliert und deren Auswirkungen auf die gemessenen Signale aufgezeichnet und untersucht werden oder es liegen bereits repräsentative Proben als Aufzeichnungen solcher Situationen vor. Die Kenntnisse über die "Beobachtungen" der beteiligten Meßfühler unter Normalbedingungen sind dagegen i.d.R. äußerst dürftig. Die klassischen Methoden zur Signalentdeckung sind nicht anwendbar, weil statistische Kenntnisse über die beteiligten Signale nicht vorliegen.
- Das Detektionsproblem lautet: "Entdeckung eines instationären Zufallssignals, vor dem Hintergrund zufälliger instationärer Störungen bei sehr schlechten Signal-/ Rauschverhältnissen".

Dieses Signalentdeckungsproblem ist nur lösbar, wenn die zu entdeckenden Signale spezifische Eigenschaften aufweisen, die unter normalen Umgebungsbedingungen nicht (oder nur in anderen Kombinationen, bzw. Häufungen) vorkommen. D.h., das Entdeckungsproblem ist i.A. nicht dadurch lösbar, daß eine spezifische Eigenschaft aus dem beobachtbaren Signal extrahiert und klassifiziert wird, sondern es

muß eine Vielzahl von Eigenschaften durch geeignete Signalvorverarbeitungsverfahren aus den Signalen extrahiert und dann gemeinsam klassifiziert werden. Aus der Vielzahl von möglichen Eigenschaften seien hier beispielhaft einige genannt, die für die Brandentdeckung infrage kommen.

- Die Signalamplituden.
- Die mittlere Anstiegsgeschwindigkeit
- Die Dauer wohldefinierter Ereignisse.
- Die Korrelationen des Anstiegs der Meßwerte verschiedener Sensoren.
- Das Fluktuationsverhalten der Signale, z.B. durch Schätzung der signifikanten Spektrallinien.

Da die von Meßfühlern gelieferten Signale zufallscharakter besitzen, sind auch die daraus abgeleiteten Signaleigenschaften nur mit den Mitteln der Statistik - z.B. durch (Verbund)-Wahrscheinlichkeitsdichten beschreibbar. Da die Wahrscheinlichkeitsdichten aber nicht a priori bekannt sind, bleibt nur die Möglichkeit, sie aufgrund der Beobachtungen laufend zu schätzen. Dabei sind notfalls Annahmen über die Art der Wahrscheinlichkeitsdichte zu treffen.

Ein einfaches Beispiel möge die Vorgehensweise verdeutlichen:

Das zeitkontinuierliche Sensorsignal $\tilde{x}(t)$ einer beobachteten Brandkenngröße werde in einem äquidistanten Zeitraster abgetastet, so daß eine kontinuierlich einlaufende, zufallsbehaftete Wertefolge $\{\tilde{x}(kT_A)\} = \{x(k)\}$ zur Verfügung steht. Betrachtet man diese Folge als Realisation eines Zufallsprozesses, dann sind die Abtastwerte Realisationen von Zufallsvariablen. Teilmengen dieser Wertefolge werden zu Vektoren $\vec{X}_k = \{x(k), x(k-M), \dots, x(k-(N-1) \cdot M)\}$ zusammengestellt und über eine geeignete Abbildung eine neue Größe $y(k) = f(\vec{X}_k)$ gebildet, die über der Menge aller Realisationen ebenfalls als Zufallsvariable $Y(k)$ aufgefaßt werden kann. Die Brandkenngrößen sind auch im Nichtbrandfall nicht stationär, so daß die zugehörige Wahrscheinlichkeitsdichte $p_{Y(k)}(y(k))$ i.A. abhängig vom betrachteten Zeitpunkt k ist. Unterstellt man, daß über genügend lange Zeiträume immer wieder statistisch ähnliche Signalsituationen auftreten, so daß die kennzeichnenden Parameter der Zufallsvariablen Y über Langzeitmittelungen bestimmt werden können und dann repräsentativ für entsprechende Zeiträume sind, dann sind Berechnungen folgender Art möglich:

Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine Realisation $y(k)$ außerhalb eines Intervalls der Breite $2 \cdot y_s$ um den Mittelwert $\bar{y} = E\{Y\}$ liegt, ergibt sich zu:

$$Pr\{|Y - \bar{y}| > y_s\} = 1 - \int_{\bar{y} - y_s}^{\bar{y} + y_s} p_Y(y) dy \quad (1)$$

Die Wahrscheinlichkeit in Gl. (1) kann wie folgt interpretiert werden: In einer hinreichend langen Folge $\{\dots, y(k), y(k + MN), \dots, y(k + \mu MN), \dots\}$ treten im Mittel von insgesamt n Werten n_1 Werte auf für die gilt: $|y(\cdot) - \bar{y}| > y_s$ und es gilt: $Pr\{|Y - \bar{y}| > y_s\} \approx n_1/n$, für genügend große n .

Verwendet man die Bedingung $|y(\cdot) - \bar{y}| > y_s$ zur Alarmauslösung und berücksichtigt dabei, daß jedes $y(\cdot)$ über ein Zeitintervall der Länge $M \cdot N \cdot T_A$ gebildet wird, so würden n_1 Alarime in einem Gesamtzeitraum $T_g = n \cdot M \cdot N \cdot T_A$ auftreten. Damit errechnet sich die mittlere Zeit zwischen zwei Alarmen zu:

$$T_F = \frac{T_g}{n_1} = \frac{M \cdot N \cdot T_A}{Pr\{|Y - \bar{y}| > y_s\}} \quad (2)$$

Da im Regelfall von Brandmeldern ausschließlich Nichtbrandsituationen beobachtet werden, kann T_F als mittlere Fehlalarmzeit interpretiert werden. Bei bekannter Wahrscheinlichkeitsdichte wäre dann sogar der Schwellenwert y_s angebbbar, der zu einer mittleren Fehlalarmzeit T_F führen würde.

Die experimentelle Ermittlung von (Verbund-)Häufigkeitsverteilungen ist zwar möglich aber sehr speicheraufwendig. Eine andere Möglichkeit ist die Annahme eines bestimmten Typ's von Wahrscheinlichkeitsdichten und die Schätzung ihrer wesentlichen Parameter. Verwendet man z.B. für die Abbildung $y(k) = f(\vec{X}_k)$ irgend eine Linearkombination der Komponenten des Vektors \vec{X} , so ist die Wahrscheinlichkeitsdichte der Zufallsvariablen $Y(k)$ unabhängig von der Art der Verteilung der Einzelkomponenten des Zufallsvektors um so besser durch eine Gaußverteilung zu beschreiben, je mehr Komponenten verwendet werden, wenn die Komponenten untereinander statistisch unabhängig sind (vergl. [2], S. 266). In diesem Fall wären nur experimentell die beiden Parameter \bar{y} und σ_y zu schätzen, die die eindimensionale Gaußverteilung vollständig beschreiben. Mit diesen Annahmen gilt dann:

$$Pr\{|Y - \bar{y}| > y_s\} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\bar{y} - y_s}^{\bar{y} + y_s} e^{-\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}} dy = 1 - 2 \cdot erf\left(\frac{y_s}{\sigma_y}\right) \quad (3)$$

und die Abhängigkeit zwischen T_F und y_s errechnet sich zu:

$$T_F = \frac{M \cdot N \cdot T_A}{1 - 2 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{y_s}{\sigma_y}\right)} \quad \frac{y_s}{\sigma_y} = \operatorname{inverf}\left(\frac{1}{2}\left[1 - \frac{M \cdot N \cdot T_A}{T_F}\right]\right) \quad (4)$$

Im Bild 1 ist diese Abhängigkeit skizziert. Bemerkenswert dabei ist, daß zur Erzielung einer bestimmten mittleren Fehlalarmzeit der Schwellenwert y_s relativ zur Streuung σ_y festzulegen ist und daß unter diesen idealisierenden Annahmen eine geringfügige Erhöhung des auf die Streuung normierten Schwellenwertes die mittlere Fehlalarmzeit um Jahre erhöhen kann ($y_s/\sigma_y = 4.75 \rightarrow T_F \approx 1 \text{ Jahr}$; $y_s/\sigma_y = 5 \rightarrow T_F \approx 4 \text{ Jahre}$). Für die praktische Realisierung sind die idealisie-

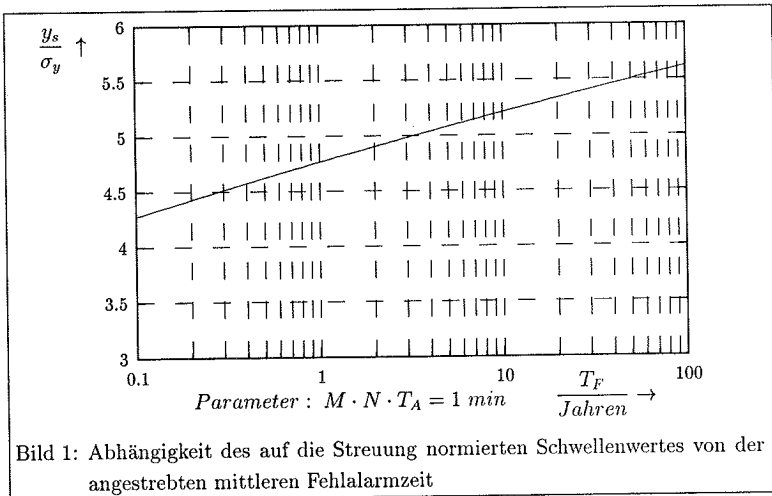


Bild 1: Abhängigkeit des auf die Streuung normierten Schwellenwertes von der angestrebten mittleren Fehlalarmzeit

renden Annahmen reichlich "kühn" und die Parameter \bar{y} , σ_y können nur geschätzt werden. Demnach wird die gemäß Modellrechnung in Bild 1 dargestellte Abhängigkeit weder in den Absolutwerten noch in der Steigung für die Praxis zutreffen. Aus der prinzipiellen Abhängigkeit läßt sich aber die Motivation für das Konzept des "Nichtbranddetektors" ableiten.

Die Forderung nach statistischer Unabhängigkeit der benachbarten Abtastwerte $X(k - \nu \cdot M), X(k - \mu \cdot M) \forall \mu \neq \nu$ kann ggf. durch einen hinreichend großen zeitlichen Abstand $M \cdot T_A$ der Abtastwerte erreicht werden und wenn die Abbildungen $y(k) = f(\vec{X}_k)$ nur mit Vektoren $\vec{X}_k, \vec{X}_{k+\ell \cdot N \cdot M}, \dots \ell \in \mathcal{N}$ vorgenommen werden, die keine gemeinsamen Elemente enthalten, d.h. mit Abtastvektoren aus sich nicht

überlappenden Signalausschnitten. Es kann aber sinnvoll sein, verschiedene Kriterien aus dem gleichen Vektor zu extrahieren, d.h. ein Variablenpaar $y_1(k) = f_1(\vec{X}_k)$, $y_2(k) = f_2(\vec{X}_k)$ auszuwerten. In diesem Fall sind die beiden zugehörigen Zufallsvariablen Y_1, Y_2 i.a. statistisch abhängig. Unter der Voraussetzung, daß beide Abbildungen f_1, f_2 Linearkombinationen der Vektorkomponenten bilden, ist die Annahme einer i.a. korrelierten, gauß'schen Verbundwahrscheinlichkeitsdichte zu rechtfertigen. Es gilt dann mit den Vereinbarungen $\zeta_i = y_i - \bar{y}_i$; für $i = 1, 2$:

$$p_{Y_1, Y_2}(y_1, y_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_{y_1}\sigma_{y_2}\sqrt{(1-\rho^2)}} \cdot e^{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left(\frac{\zeta_1^2}{\sigma_{y_1}^2} - \frac{2\rho\zeta_1\zeta_2}{\sigma_{y_1}\sigma_{y_2}} + \frac{\zeta_2^2}{\sigma_{y_2}^2}\right)} \quad (5)$$

Die Höhenlinien dieses Wahrscheinlichkeitsdichtegebirges sind schiefe Ellipsen mit dem Hauptachsenschnittpunkt bei \bar{y}_1, \bar{y}_2 . Eine zu Gl. (1) äquivalente Betrachtung würde hier die Berechnung der Wahrscheinlichkeit dafür erfordern, daß die Meßwertkombination y_1, y_2 außerhalb eines solchen elliptisch begrenzten Gebietes liegt:

$$Pr\left\{\left(\frac{Y_1 - \bar{y}_1}{\sigma_{y_1}}\right)^2 - \frac{2\rho(Y_1 - \bar{y}_1)(Y_2 - \bar{y}_2)}{\sigma_{y_1}\sigma_{y_2}} + \left(\frac{Y_2 - \bar{y}_2}{\sigma_{y_2}}\right)^2 > y_{sv}^2\right\} = e^{-\frac{y_{sv}^2}{2(1-\rho^2)}} \quad (6)$$

In den Gleichungen (5) (6) ist ρ der sog. Korrelationskoeffizient mit $-1 < \rho < 1$. Für eine Gl. (2) entsprechende Fehlalarmzeitschätzung wäre die rechte Seite der Gl. (6) in Gl. (2) im Nenner anstelle von $Pr\{|Y - \bar{y}| > y_s\}$ einzusetzen. Die Gl. (4) entsprechende Abhängigkeit ergibt sich dann zu:

$$T_F = M \cdot N \cdot T_A \cdot e^{\frac{y_{sv}^2}{2(1-\rho^2)}} \quad y_{sv} = \sqrt{-2 \cdot (1-\rho^2) \cdot \ln\left(\frac{M \cdot N \cdot T_A}{T_F}\right)} \quad (7)$$

Ein Anwendungsbeispiel

für die Kombination der Größen: Kurzzeitmittelwert y_1 und Kurzzeitsteigung (Steigung der Regressionsgeraden) y_2 der Meßgröße:

$$y_1(k) = f_1(\vec{X}_k) = \frac{1}{N} \sum_{\nu=0}^{N-1} x(k - \nu M) \quad (8)$$

$$y_2(k) = f_2(\vec{X}_k) = \frac{y_1(k) \cdot N(N+1)/2 - \sum_{\nu=0}^{N-1} (\nu+1) \cdot x(k - \nu M)}{N(N+1)^2/4 - \sum_{\nu=0}^{N-1} (\nu+1)^2}$$

$$= b(N) \cdot y_1(k) - a(N) \cdot \sum_{\nu=0}^{N-1} (\nu+1) \cdot x(k - \nu M) \quad (9)$$

Die Schätzwerte \hat{y}_i , $\hat{\sigma}_{y_i} \forall i \in \{1, 2\}$ für die die Verbundwahrscheinlichkeitsdichte beschreibenden Parameter \bar{y}_i , σ_{y_i} in Gl. (5) werden wie folgt gebildet:

$$\hat{y}_i(k) = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} y_i(k - jNM) \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_{y_i}^2(k) = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} [y_i(k - jNM) - \hat{y}_i(k)]^2 = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} y_i^2(k - jNM) - \hat{y}_i^2(k) \quad (11)$$

$$\hat{\rho}(k) = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} \frac{y_1(k - jNM) \cdot y_2(k - jNM) - \hat{y}_1(k) \cdot \hat{y}_2(k)}{\hat{\sigma}_{y_1}(k) \cdot \hat{\sigma}_{y_2}(k)} \quad (12)$$

Da diese Parameter gleitend gebildet werden, sind sie abhängig vom aktuellen Zeitpunkt k und kennzeichnen einen "Erfahrungszeitraum" $T_E = L \cdot M \cdot N \cdot T_A$.

Natürlich ist für kleine L zunächst nur eine unzureichende Schätzung der Parameter möglich aber die Schätzung wird mit jedem weiteren Meßwertblock verbessert. Angestrebt wird ein Erfahrungszeitraum über Monate bzw. Jahre.

$M \cdot N \cdot T_A$ stellt die Blocklänge dar, über die die $y_i(k)$ gebildet werden als Realisationen der Zufallsvariablen Y_1 und Y_2 (in Gleichung (6)). Die Blocklänge sollte kleiner als die angestrebte Reaktionszeit des Melders sein (wenige Minuten).

Der "Erfahrungsparametersatz" bei diesem Beispiel besteht aus den folgenden 6 Größen,

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{T_E}{T_A} = L \cdot M \cdot N & P_2 &= \sum_{j=0}^{L-1} y_1(k - jNM) \cdot y_2(k - jNM) \\ P_{3,4} &= \sum_{j=0}^{L-1} y_i(k - jNM) & P_{5,6} &= \sum_{j=0}^{L-1} y_i^2(k - jNM) \quad \forall i \in \{1, 2\} \end{aligned} \quad (13)$$

aus denen die drei Schätzwerte in den Gl. (10) ... (12) jederzeit konstruiert werden können.

Weil durch nur wenige Parameter die "Erfahrung" des Melders gekennzeichnet ist, wäre auch die Einbringung einer tages- oder jahreszeitlichen Abhängigkeit denkbar, was für bestimmte Brandkenngrößen (z.B. die Temperatur) sehr sinnvoll sein kann. In diesem Fall wären soviele Parametersätze notwendig, wie unterschiedliche Zeiträume zu unterscheiden sind.

Aus der Gl. (6) ergibt sich mit dem Schwellenwert y_{sv} die Entscheidungsregel:

$$\left(\frac{y_1(k) - \hat{y}_1}{\hat{\sigma}_{y_1}} \right)^2 - \frac{2\hat{\rho}(y_1(k) - \hat{y}_1)(y_2(k) - \hat{y}_2)}{\hat{\sigma}_{y_1} \cdot \hat{\sigma}_{y_2}} + \left(\frac{y_2(k) - \hat{y}_2}{\hat{\sigma}_{y_2}} \right)^2 \underset{\substack{\text{Alarm} \\ \geq \\ \text{kein Alarm} \\ <}}{y_{sv}^2} \quad (14)$$

Bei Vorgabe einer mittleren Fehlalarmzeit und großen, in der spezifischen Umgebung gemessenen, Varianzen $\hat{\sigma}_{y_i}$ kann der Fall eintreten, daß zwar keine Fehlalarme

auftreten, aber auch kein Schadenfeuer mehr entdeckt wird. Aus diesem Grund ist es unbedingt notwendig, für den Schwellenwert y_{sv} eine obere Grenze einzuführen, bei der ein ausgewachsenes Schadenfeuer nicht verpaßt werden kann.

Bei dem Beispiel ist y_1 der Kurzzeitmittelwert und y_2 die Steigung der Regressionsgeraden innerhalb des Beobachtungsintervalls. Ein sinnvolles Maß zur Festlegung der oberen Grenze ergibt sich z.B. aus der Überlegung: Ein Alarm soll spätestens dann ausgelöst werden, wenn die absolute Differenz $|y_1(k) - \hat{y}_1|$ einen vorgegebenen Prozentsatz des Dynamikbereichs $x_{max} - x_{min}$ der Meßgröße überschreitet und die Steigung $y_2 = 0$ ist. Daraus folgt mit (7) und (14):

$$\sqrt{-2 \cdot \ln(T_B/T_F)} = y_{sv_{max}}^* \stackrel{!}{\leq} y_{sv_{max}} = \frac{\kappa \cdot (x_{max} - x_{min})}{\hat{\sigma}_{y_1}} \quad \text{mit z.B. } \kappa = 0.3 \quad (15)$$

In Gl. (7) war der Schwellenwert $y_{sv} = y_{sv_{max}}^* \sqrt{(1 - \rho^2)}$ mit $y_{sv_{max}}^* = \sqrt{-2 \cdot \ln(T_B/T_F)}$ für die Vorgabe einer mittleren Fehlalarmzeit angegeben. Begrenzt man $y_{sv_{max}}^*$ auf den Wert $y_{sv_{max}}$ aus Gl. (15), so entfällt zwar der Vorteil dieser Vorgabe, aber der Vergleich von $y_{sv_{max}}^*$ und $y_{sv_{max}}$ zeigt wenigstens noch, ob die Umgebungsbedingungen größere oder kleinere mittlere Fehlalarmzeiten als angestrebt zulassen. Außerdem kann gezeigt werden, daß für $|y_1(k) - \hat{y}_1| > y_{sv_{max}} \cdot \hat{\sigma}_{y_1}$ ein Alarm für alle $\rho \in] -1, 1[$ und alle y_2 ausgelöst wird.

Bei einem "unerfahrenen" Melder kann es sein, daß $y_{sv_{max}}^*$ kleiner ist als $y_{sv_{max}}$, weil noch keines der i.A. sehr selten auftretenden, ggf. fehlalarmrelevanten Ereignisse, registriert wurde, die die Varianzschätzung wesentlich beeinflussen. Deshalb empfiehlt es sich in diesem Fall mit dem Schwellenwert $y_{sv_{max}}$ die Lernphase zu beginnen und den optimalen Schwellenwert erst nach hinreichend langer "Erfahrungszeit" unter Beachtung der Nebenbedingung anzupassen.

Übertragung von Erfahrungen

Da die "Erfahrung" in dem Parametersatz $P_1 \dots P_6$ oder zeitabhängig in wenigen Parametersätzen begrenzten Umfangs abgespeichert sind, können sie auf neu zu installierende Melder für vergleichbare Umgebungsbedingungen übertragen werden. Dennoch sollte jeder neuinstallierte Melder seine eigenen Erfahrungen sammeln und die Erfahrungsparametersätze modifizieren. Das kann z.B. in folgender Weise erfolgen: Wenn $\{p_1^{(I)} = \hat{y}_1^{(I)}, p_2^{(I)} = \hat{y}_2^{(I)}, p_3^{(I)} = \hat{\sigma}_{y_1}^2(I), p_4^{(I)} = \hat{\sigma}_{y_2}^2(I), p_5^{(I)} = \hat{\rho}^{(I)}\}$ der Parametersatz für den Erfahrungszeitraum $T_E^{(I)}$ ist, mit dem der Detektor initialisiert wurde und $\{p_1 = \hat{y}_1, \dots, p_5 = \hat{\rho}\}$ der Parametersatz für den Erfahrungszeitraum $T_E(k)$ ist, den der Detektor bis zum Zeitpunkt k selbst ermittelt hat und $f\left(\frac{T_E(k)}{T_E^{(I)}}\right)$

eine monoton fallende Funktion mit $f(0) = 1$ und $f(\infty) = 0$, dann wird mit

$$p_i(k) = p_i^{(I)} f\left(\frac{T_E(k)}{T_E^{(I)}}\right) + \left[1 - f\left(\frac{T_E(k)}{T_E^{(I)}}\right)\right] \cdot p_i \quad \forall i \in \{1 \dots 5\} \text{ und z.B.}$$

$$f\left(\frac{T_E(k)}{T_E^{(I)}}\right) = e^{-\left(\frac{T_E(k)}{T_E^{(I)}}\right)} \quad (16)$$

die "Fremderfahrung" durch die eigene Erfahrung ersetzt. Dabei muß diese Operation nicht zu jedem Zeitpunkt k sondern nur in im Vergleich zu $T_E^{(I)}$ adequate Zeitpunkten durchgeführt werden.

Einschätzung der Umgebungsbedingungen

Der Verlauf der o.g. Parameter $\{p_1 = \hat{y}_1, \dots, p_4 = \hat{\sigma}_2^2\}$ über der Zeit kennzeichnet relativ grob Änderungen des Detektors selbst bzw. seines Umfeldes. Deutliche Änderungen des Langzeitmittelwertes \hat{y}_1 können z.B. auf Alterungserscheinungen, Verschmutzungen bei Rauchmeldern oder ein sich ankündigendes Versagen der Elektronik signalisieren. Deutliche Erhöhung der Varianz $\hat{\sigma}_1^2$ bedeutet stärkere "Unruhe" der Meßgröße und kann z.B. auf eine Nutzungsänderung des Installationsortes hindeuten. Darüberhinaus sind Schätzungen über die Wahrscheinlichkeit dafür möglich, inwieweit die Meßgröße $y_1(k)$ oder das Paar $\{y_1(k), y_2(k)\}$ vom "Normalen" abweicht.

$$Pr\{|Y_1 - \hat{y}_1| > |y_1(k) - \hat{y}_1|\} \approx 1 - 2 \cdot erf\left(\frac{|y_1(k) - \hat{y}_1|}{\hat{\sigma}_{y_1}}\right) \quad (17)$$

vergl. (3) bzw. (6) als entspr. Wahrscheinlichkeit für das Paar $\{y_1(k), y_2(k)\}$ (18)

$$Pr\{.\} \approx e^{\frac{-0.5}{1 - \hat{\rho}^2} \left[\left(\frac{y_1(k) - \hat{y}_1}{\hat{\sigma}_{y_1}}\right)^2 - \frac{2\hat{\rho}(y_1(k) - \hat{y}_1)(y_2(k) - \hat{y}_2)}{\hat{\sigma}_{y_1} \cdot \hat{\sigma}_{y_2}} + \left(\frac{y_2(k) - \hat{y}_2}{\hat{\sigma}_{y_2}}\right)^2 \right]}$$

Diese vergleichsweise komplizierten Ausdrücke müssen nicht für jedes Beobachtungsintervall T_B ausgerechnet werden. Einfache vorgeschaltete Vergleiche, in denen überprüft wird, ob die Meßgrößen innerhalb unkritischer Toleranzintervalle liegen vermeiden in den meisten Fällen solche Berechnungen.

Wenn aber diese Wahrscheinlichkeit für einen längeren Zeitraum bestimmte Grenzwerte unterschreitet, dann sollte der Melder eine Warnung signalisieren und damit lange vor der Auslösung eines Alarms auf eine ungewohnte Situation hinweisen.

Zusammenfassung

Vorgestellt und begründet wurde ein zunächst theoretischer Ansatz, der es einem

Brandmelder ermöglichen soll, "eigene Erfahrungen" über seine spezifische Installationsumgebung zu sammeln, seine Alarmentscheidung anhand dieser Erfahrungen zu orientieren und ggf. Warnungen rechtzeitig abzugeben, wenn sich die Umgebungsbedingungen nennenswert verändern.

Anhand eines einfachen Beispiels wurde die Betrachtungsweise und die zugehörigen Berechnungen mit idealisierenden Annahmen exemplarisch erläutert. Das vorgestellte Beispiel stellt nur eine von vielen Anwendungsmöglichkeiten dar.

Über experimentell mit dieser Methode erzielte Ergebnisse wird erst im Rahmen des Vortrages auf der "AUBE'95" berichtet, weil sie bis zum Redaktionsschluß noch nicht abgeschlossen waren und den vorgegebenen Umfang des Manuskriptes überschreiten würden.

Literatur

- [1] R. v. Tomkewitsch *Brandschutzanlagen mit "verteilter Intelligenz" – Das Pulsmeldesystem* ; Proceedings AUBE '82, pages 335–346, October 1982.
- [2] Papoulis, A.; *Probability, Random Variables and Stochastic Processes* ; McGraw Hill, New York 1965

A. Georges

ANPI / NVBB, Louvain-la-Neuve, Belgique

UN LABEL EUROPÉEN POUR UNE CERTIFICATION EUROPÉENNE?

INTRODUCTION

A force de traités et d'accords qui portent le nom des villes européennes où ils ont été signés, tels Rome, Schengen, Maastricht, Essen, etc., le "Grand Marché Unique européen" se réalise pas à pas.

Depuis la "nouvelle approche", deux voies distinctes - mais qui se doivent d'être complémentaires - sont suivies: l'une dite "réglementaire", l'autre dite "volontaire".

La voie réglementaire s'appuie sur des Directives du Conseil des Communautés européennes et sur les mesures réglementaires qui en découlent. Cela se traduit par la transposition du contenu de ces directives, si ce n'est par leur transcription pure et simple, dans les diverses réglementations nationales correspondantes. Citons la directive sur la santé et la sécurité du travail et plus particulièrement la directive "Produits de construction".

Sur le plan pratique, ce domaine dit "réglementaire" se concrétise par des agréments techniques de produits et de systèmes sous l'égide de l'EOTA (European Organization for Technical Approvals) et par la délivrance de la marque CE.

L'autre voie dite "volontaire" se base sur l'engagement des Etats membres de régler les matières non visées par les règlements, sur une base volontaire respectant les critères d'assurance qualité. Elle s'appuie sur des normes européennes CEN/CENELEC ou, à défaut de telles normes, sur des règlements privés unanimement admis à l'échelon européen dans un secteur déterminé. C'est le cas par exemple pour les recommandations du CEA concernant la qualification d'installateurs de systèmes de sécurité contre le vol et/ou l'incendie qui ont été approuvées par l'EFSA (European Fire and Security Advisory Council) qui regroupe le CEA, la CFPA Europe, EURALARM, EUROFEU et EUROSAFE.

Cette nouvelle approche exige le respect des normes d'assurance qualité de la série EN ISO 9000 au niveau des producteurs et des fabricants et une accréditation conforme à la série des normes EN 45000 pour les laboratoires, les organismes de certification et les organismes procédant aux vérifications des installations de protection.

Mais, comme le soulignait récemment un collègue français du CNPP, M. Hervé BINEAU, lors d'un colloque à Bruxelles, "la libre circulation des personnes et des marchandises entre les différents pays de l'Union européenne ne doit pas entraîner une diminution du niveau de sécurité des établissements protégés". De fait, les utilisateurs et les prescripteurs publics et privés sont très soucieux de la qualité des équipements et des installations de protection. Si la certification des produits et la qualification des installateurs peuvent être une réponse partielle à cette préoccupation, il faut que des labels soient délivrés selon les mêmes référentiels et avec la même rigueur dans les différents pays de l'Union européenne. Il faut, de plus, que les réglementations nationales et les pratiques locales contribuent à la mise en place d'un système global cohérent !!

Les acteurs privés de la sécurité ont élaboré un tel système global cohérent sous l'égide de l'EOTC (European Organization for Testing and Certification) dans le respect des normes européennes de la série EN 45000.

ESCIF

A l'initiative de l'EFSAC et sous l'impulsion de M. Gerd Linden, directeur du VdS, un comité sectoriel a été créé dans le domaine de la sécurité contre l'incendie et l'intrusion. Il a pour nom ESCIF (European Sectoral Committee for Intrusion and Fire protection).

Ce comité, composé de l'EFSAC, d'une part, et de plusieurs comités sectoriels nationaux de sécurité (9 à ce jour), d'autre part, a été reconnu par l'EOTC.

Son champ d'activité (annexe 1) et ses missions (annexe 2) sont définis dans les statuts.

EFSG

L'European Fire and Security Group (EFSG) est un groupe d'organismes certificateurs, tous spécialistes chevronnés dans les domaines de la protection incendie et de la sécurité contre le vol:

- . Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages (APSAD)
- . The Loss Prevention Certification Board (LPCB)
- . Verband der Sachversicherer e.V. (VdS)
- . D'autres organismes sont en instance d'adhésion prochaine à l'EFSG.

Ce groupe permet une certification de produit par plusieurs organismes certificateurs à partir d'un programme unique d'essai et d'évaluation. La procédure garantit de hauts niveaux de compétence technique et d'intégrité dans laquelle les utilisateurs, les assureurs et d'autres prescripteurs peuvent avoir une totale confiance.

Les organismes sont signataires d'un accord fondé sur une approche harmonisée de l'évaluation de conformité. Une reconnaissance optimale est donnée aux travaux des autres membres pour éviter une duplication inutile des essais de l'évaluation. Toutefois, les signataires demeurent des organismes certificateurs autonomes responsables de leurs propres décisions et du contrôle et de l'usage de leurs propres marques de certification.

L'EFSG est officiellement reconnu comme groupe d'accord numéro 0002 par l'EOTC.

TRAJET D'UNE CERTIFICATION

Pour qu'un produit, un système, un service puisse se vendre sur le marché, il doit, d'une part, satisfaire à toutes les exigences de ce marché et, d'autre part, le client doit avoir des garanties sur la conformité de ce produit, de ce système, de ce service avec ces exigences.

Prenons schématiquement l'exemple d'un système de détection d'incendie présenté sur le marché belge.

Les exigences générales du marché sont fixées dans des normes (ex. série EN 54), des règlements privés (ex. règles d'assureurs CEA), des directives européennes (ex. directives "produits de construction") et des lois nationales (ex. règlement "hôpitaux").

Elles concernent non seulement le produit mais aussi l'organisation de la qualité. Telles sont les exigences de conformité aux normes de qualité EN ISO 9000.

Le système de détection d'incendie doit être testé dans un laboratoire (ex. ANPI) accrédité EN 45001 par l'organisme national d'accréditation (ex. BELTEST).

Les essais sont réalisés conformément au cahier des charges requis (ex. EN 54).

Le rapport est transmis à l'organisme de certification (ex. BOSEC) accrédité EN 45011 par l'organisme national d'accréditation (ex. BELCERT).

Sur la base de ce rapport, l'organisme de certification certifie la conformité du système au cahier de charge et appose un label de conformité sur la série de systèmes dont un exemplaire a été testé.

Une telle structure n'est viable à terme que si elle s'intègre dans une structure plus large, une structure à l'échelle européenne basée sur la reconnaissance mutuelle des certificats et des rapports d'essais sur les composants des systèmes.

C'est le rôle de l'EFSG.

Et l'aboutissement de cette reconnaissance mutuelle, c'est une marque européenne de qualité.

MARQUE EUROPEENNE DE QUALITE

On pourrait être tenté de prendre la marque CE qui, rappelons-le, est la marque qui atteste la conformité à une directive européenne. Ce serait une grossière erreur ! Pourquoi ?

Tout simplement parce que cette marque atteste la conformité avec des prescriptions réglementaires généralement minimalistes. C'est donc le nivellement par le bas. La marque CE n'est par conséquent pas une marque de qualité !

Que faudrait-il pour qu'elle le devienne ?

Il faudrait d'abord que la directive "Produits de construction" se réfère à des normes européennes harmonisées en ce qui concerne la détection incendie. Un organisme européen de normalisation (CEN ou CENELEC) devrait dès lors recevoir un mandat en la matière. La certification dans ce domaine de sécurité devrait être assurée par un organisme très indépendant et compétent. Le système actuel de notification des organismes habilités à délivrer la marque CE n'est pas en mesure de garantir cette indépendance et surtout cette compétence. En effet, la conformité aux normes EN 45000 n'est pas requise et il est à craindre que la désignation se base sur des critères nationaux et politiques.

Les organismes européens de normalisation CEN/CENELEC ont également proposé une marque E qui serait appliquée par le comité sectoriel électrotechnique ELSECOM.

La spécificité du secteur de la sécurité contre l'incendie et l'intrusion nous incite plutôt à faire usage d'une marque propre, une marque qui soit le reflet des exigences sévères imposées volontairement dans le domaine de la sécurité par les membres de l'ESCIF et sous leur haute surveillance.

Ainsi, une marque EFSG a été créée par le groupe d'accord EFSG et déposée dans les trois pays fondateurs, à savoir l'Allemagne, la France et la Grande-Bretagne.

Pour autant que ce groupe d'accord s'élargisse à d'autres membres prêts à respecter les mêmes règles sévères et à subir les mêmes contrôles, cette marque est celle que nous attendons.

Aussi je forme le vœu que EFSG soit le nom de famille de la marque de qualité européenne dans le domaine de sécurité, les autres marques nationales en seront les prénoms !

Et qui sait, un jour peut-être n'y aura-t-il en Europe qu'un seul organisme de certification en matière de sécurité avec des antennes dans chaque Etat membre ?

Mais ceci est une autre histoire.

ANNEXE 1

FONCTION ET CHAMP D'ACTIVITE

L'ECSIF (European Sectoral Committee for Intrusion and Fire Protection) a été créé à l'initiative de l'EFSAC (European Fire and Security Advisory Council) et se compose de comités sectoriels nationaux. Il est chargé de défendre les intérêts des utilisateurs, fabricants, installateurs, assureurs et autres parties concernées par la sécurité contre l'incendie et l'intrusion et de répondre aux exigences du marché en matière de certification de conformité dans les domaines de la protection contre l'incendie et l'intrusion. Il a pour but d'assumer les fonctions d'un comité sectoriel EOTC dans les domaines suivants:

- protection active contre l'incendie et l'intrusion: c'est-à-dire les systèmes d'extinction, les systèmes mobiles, les systèmes de détection d'incendie et d'intrusion, en ce compris les liaisons directes avec un central d'alarme et des postes d'intervention, les systèmes de contrôle par vidéosurveillance, les systèmes de contrôle d'accès, les systèmes d'extinction fixes secs et humides, les services de gardiennage, les véhicules d'intervention.
- protection passive contre l'incendie et l'intrusion: c'est-à-dire les coffres-forts, le mobilier résistant au feu, les serrures de sécurité, les portes résistant au feu, les portes et volets antivol, les matériaux et éléments de construction résistant au feu.

Toute demande d'activité supplémentaire dans des domaines connexes à la sécurité contre l'incendie et l'intrusion émanant de l'EOTC, plus particulièrement en matière de coopération avec d'autres comités sectoriels, sera soumise à l'ESCIF.

ANNEXE 2

OBJECTIFS ET MISSIONS

Les objectifs et missions de l'ESCIF comportent notamment:

- la reconnaissance des groupes d'accord en matière de produits et services qui relèvent de ses attributions;
- le développement d'initiatives et la promotion de groupes d'accord en matière de produits et services pour répondre aux exigences du marché et dans le but de promouvoir la libre circulation des marchandises et services dans l'Union européenne; l'objectif principal de l'ESCIF consistera à combiner groupes d'accord et exigences du marché;
- le contrôle du respect des dispositions relatives aux droits de publication par les groupes d'accord en matière de produits et services agréés;
- la coopération avec d'autres comités sectoriels EOTC dans des domaines d'intérêt technique, dans le but de faciliter des opérations efficaces et cohérentes et d'éviter les chevauchements dans toute la mesure du possible (voir également Réglementations internes);
- l'aide financière à l'EOTC afin de permettre à celui-ci de s'acquitter de ses obligations en matière de coordination entre les activités de certification de conformité et la normalisation; l'EOTC devra également être informé de toutes les initiatives prises par l'ESCIF.

A. E. Bamert
BVD/SPI, Zürich

Welchen Prinzipien haben Normen, Prüf- und Zertifizierungsverfahren zu genügen, damit sie die Entwicklung benutzerfreundlicher Systeme fördern und nicht hemmen?

Abstract

An "efficient, reliable and user friendly fire alarm technology" meeting today's market's demands needs new, purposeful guidelines for planning, construction and maintenance as well as appropriate product norms with adapted test demands, test methods, and test certificates.

Products have to be made, tested, and certificated according to CEN/CENELEC-, ISO- or other equivalent norms if they are to be sold unlimited without technical trade barriers.

The private institutions which are charged with the elaboration of guidelines and norms are, following the standards of technology and science, obliged to remedy in time the faults in the respective documents and open the doors for new technologies.

A problem of the existing guidelines and norms lies in the fact that they organise details but contain only few or no rules to aims of security systems. The technology existing at the time of planning a guideline or norm determined these details which are often unnecessary and nearly invincible obstacles to new technologies and developments. Too much regulation restrict the necessary flexibility for efficient and user friendly solutions, and they hold producers and system owners in the same way in tutelage.

Fortunately these restrictions have paralysed only little of the creativity of the concerned firms. It may be mentioned that new products have been created which will bring essential progress to the fulfilment of the customer's needs.

1 Problemstellung

Automatische Brandmeldeanlagen haben ihren festen Platz in industriellen und gewerblichen Betrieben eingenommen. Auf diese Systeme stützen sich Sicherheitsdispositive für den Schutz von Personen und Sachwerten, Anlagen und Einrichtungen. Haben sich die hochgesetzten Erwartungen und Zielvorgaben an solche Konzepte aber auch erfüllt?

Anlagebesitzer und ihre Versicherer wie auch Behörden und Feuerwehren hofften seit langem auf Brandmelde-Systeme, die sich durch eine wesentlich erhöhte Treffsicherheit bei der Entdeckung von Bränden auszeichnen. Die Forderungen aller Beteiligten konzentrierten sich in erster Linie auf eine diesbezüglich verbesserte Wirksamkeit der Anlagen. Die erreichte Funktions-Zuverlässigkeit gab dabei kaum zu Klagen Anlass.

Nach längerer Wartezeit ist jetzt ein Durchbruch zu neuen Techniken gelungen. Neue Wege stehen offen, Sicherheitsanlagen wirksamer und benutzerfreundlicher herzustellen und zugleich auch die Kosten für die Sicherheit im Verhältnis zum erwarteten Nutzen im Schadensfall zu optimieren.

Die Gewichtung dieser Vorgaben und Möglichkeiten ist nicht zuletzt davon abhängig, ob der Einsatz eines Überwachungssystems als aufgezwungene Last oder als selbstverständliche Pflicht des Gebäudeeigentümers oder Unternehmers, für den Schutz von Leben und Gut in seinem Verantwortungsbereich zu sorgen, empfunden wird. Missverständnisse darüber, wer für was Verantwortung trägt, sind oft anzutreffen und nicht einfach auszuräumen.

Anlageeigentümer, die veraltete Systeme mit unbefriedigender Wirksamkeit betreiben, werden gewillt sein, auf ein neues, besseres Produkt umzusteigen, wenn sich dadurch Unzulänglichkeiten und Unzufriedenheiten beseitigen und dringende Wünsche erfüllen lassen. Kosten-Nutzen-Betrachtungen können ausschlaggebend sein, wobei natürlich nicht allein auf die Anschaffungskosten abgestellt werden darf.

In diesem Sinne zeichnen sich wesentliche Trendänderungen ab hinsichtlich

- mehr Qualität statt Quantität
- Einsparung von Kosten durch hohe Verfügbarkeit von Anlagen
- Wegfall unnötiger Einsätze des Betriebspersonals und der Feuerwehren
- Wegfall von Kosten für Mehrfachprüfungen und Mehrfachzertifikaten.

Neue Installations-Richtlinien und Produktnormen sind zu schaffen, die den modernen Technologien angepasste Anforderungen an Geräte und Systeme enthalten und eine zeitgemäße Prüfung und Zertifizierung erleichtern. Diese neuen "Wegweiser" werden die

weitere Entwicklung der neuen Generation von Brandmeldeprodukten prägen, hoffentlich mit einer Wende in die Richtung, die künftig die realen Sicherheits- und Marktbedürfnisse erfüllt.

Neue Wege sind mit Hilfe zielorientierter Regeln und Normen einzuschlagen. Der Begriff «Marktbedürfnisse» ist zu konkretisieren. Altbekannte Themen wie Wirksamkeit, Qualität, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit liefern dazu geeignete Bewertungsmaßstäbe.

Vereinheitlichte Prüfnormen sowie die gegenseitige länderüberschreitende Anerkennung der Prüfergebnisse und Zertifikate ausgewiesener Institutionen bewahren vor mehrfacher Arbeit und vermeiden überflüssige Kosten.

Dieser Beitrag enthält auch Auszüge aus Zielformulierungen, die in der ehemaligen Koordinationskommission des CEA (Comité Européen des Assurances) vor 10 Jahren erarbeitet, eingehend besprochen und geprüft wurden. Die Arbeit bezweckte, die Abfassung neuer zielorientierter CEA-Empfehlungen für den Brandschutz zu erleichtern.

2 Bestehende konzeptionelle Mängel

In der heutigen Zeit mit ihren Begleiterscheinungen wie Rezession, Arbeitslosigkeit und wirtschaftlichen Engpässen ist es zwingend, dass die personellen und finanziellen Mittel ausschliesslich für effiziente Sicherheitsmassnahmen eingesetzt und freigehalten werden. Ein unsachgemässer Einsatz der Mittel ist zumindest langfristig unhaltbar. Einige Fehlentwicklungen aus der Vergangenheit sollen nachstehend nochmals offengelegt werden.

In einigen Ländern Europas verbieten die Feuerwehren die direkte Uebermittlung von Signalen automatischer Brandmeldeanlagen auf ihre Feuermeldestellen. Es mangelt an Personal und Mitteln, um auf diese Signale reagieren zu können. Die Behörden tragen diesen Entscheid mit; sie werten die Kosten für die vielen Ausfahrten voll ausgerüsteter Löschfahrzeuge zum Zwecke der Quittierung von Falschalarmen vor Ort (in der Mehrzahl der Fälle) als unverhältnismässig. Dadurch drängten sich andere Lösungen auf.

Alarmmeldungen aus freiwillig erstellten und auch behördlich verlangten Anlagen werden etwa Wachgesellschaften übermittelt. Diese versuchen bei Alarm, im fraglichen Gebäude vorerst telefonisch jemanden aufzuspüren, um die Signalursache zu erfahren. Falls niemand antwortet, begibt sich ein Meldeläufer zum Alarmobjekt und hält dort Nachschau.

Der Anmarsch braucht Zeit, was verdrängt wird, weil selten echte Brandgefahr besteht. Peinlich wird es nur bei Brandfällen, bei denen wegen des beträchtlichen Zeitverzugs die anrückende Feuerwehr die Brandausweitung nicht mehr begrenzen kann.

Aeusserst sensible Melder entdecken also einen echten Brand einige Sekunden früher als etwa konventionelle Wärmedifferentialmelder, dafür werden nachher zwecks Abklärung

der Alarmursache und um Falschalarmen zu vermeiden Bruchteile von Stunden für Spaziergänge verschenkt. Von der beabsichtigten Frühwarnung bleibt wenig übrig. Aber auch eine andere «nervenschonende» Lösung soll hier nicht übergangen werden. Sogenannte "Life Safety-Anlagen" brauchen keine Anschlüsse für eine externe Alarmübermittlung aufzuweisen. Solche Anlagen, die auch behördlich verlangt werden können, bezwecken wohl, die in Hotels, Heimen und Krankenhäusern nächtigenden Gäste, Insassen oder Patienten frühzeitig zu warnen, diese aber keinesfalls durch die anfahrende Feuerwehr zu erschrecken.

Das im Lande des Sprechenden bisher üblich gewesene Verfahren darf ebenfalls nicht unkritisiert bleiben. Während der Arbeitszeit erfolgt die Weiterleitung des externen Alarms um die Zeit verzögert, die für einen Erkundungsgang benötigt wird. Entdeckt die kontrollierende Person ein Feuer, kann sie mittels eines Handalarm-Tasters den Alarm zur Feuermeldestelle sofort weiterleiten. Brennt es wirklich, und wenden sich die Gedanken des Erkunders anderen dringlichen Dingen als diesem Taster zu, wird sich ein Brand nach dem erstgenannten Beispiel weiterentwickeln.

Bei gut geplanten und gewarteten Anlagen und entsprechend instruiertem Personal konnte die Falschalarmrate wenigstens so in Schranken gehalten werden, dass bisher direkte Alarmaufschaltungen zur Feuerwehr nicht verweigert wurden. Das Vertrauen in den Wahrheitsgehalt der Alarme ist angegriffen, anfallende Kosten wurden erduldet.

Diese Mängel der Technik haben einen gewissen Zusammenhang mit Richtlinien und Normen. So gab es, und gibt es leider noch immer Prüfnormen für Brandmelder, die die Ansprechempfindlichkeit der Geräte vorgeben, und zwar ohne Bewertungskriterien für deren Anfälligkeit auf Täuschungseinflüsse. Die bekannten und angewandten Richtlinien für die Planung und den Bau von Brandmeldeanlagen beinhalten zwar einige Hinweise, wie die Rate der Falschmeldungen zu senken wäre; einen nachweisbaren Erfolg haben diese Empfehlungen kaum gebracht.

Seit kurzem sind modernere Techniken auf dem Markt, die auf konzeptionell neuen Grundlagen beruhen. Ein Glück, ist man versucht zu sagen, dass diese Techniken noch nicht im «herkömmlichen Sinne» geregelt, in Vorschriften verankert und normiert sind.

3 Anforderungen an neue Richtlinien und Normen

3.1 Beseitigung technischer Handelshemmnisse

Die Brandschutztechnik ist eingebettet in die Veränderungen, die sich zur Zeit im europäischen Normen- und Zertifizierungswesen abspielen. Die «Bauprodukten-Richtlinie» und die in den zugehörigen "Interpretative Documents" (Grundlagendokumente) zu

findenden praxisgerechten Zielvorgaben betreffen ebenfalls die Brandmeldetechnik.

Zur Zeit befassen sich mehr als ein halbes Dutzend europäischer Organisationen mit Fragen der Zertifizierung von Produkten der automatisierten Brandschutztechnik nach den Grundsätzen der neuen Institution «EOTC» (European Organization for Testing and Certification). Deren Anstrengungen konzentrieren sich darauf, die in Europa zwecks Vermeidung von Handelshemmnissen geforderten Prüf- und Zertifizierungsverfahren zu vereinheitlichen, zu harmonisieren und auf die Bedürfnisse des Marktes abzustimmen.

Auch wenn die gegenseitige Abstimmung der Meinungen zeitaufwendig ist, prägt ein konstruktiver Geist die Zusammenarbeit und es zeichnen sich Erfolge ab.

Beträchtliche Lücken sind bei den Produktnormen noch zu schliessen. Ein rascheres Vorankommen wäre möglich, wenn die Normenschaffenden die Regel beherzigen und ständig beachten würden:

„Es ist zu normen, was der Sicherheit dient, und nicht, was alles prüf- und normbar ist“.
Die folgenden Abschnitte möchten zu diesem Vorgehen Anregungen vermitteln mit

- Definitionen für wesentliche Begriffe
- brandschutztechnisch begründbaren Zielen für die Wirksamkeit
- Grundanforderungen an die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Anlagen.

3.2 *Begriffsdefinitionen*

Wirksamkeit

Die Wirksamkeit einer automatischen Brandschutzanlage wird gewertet an ihrem brandschutztechnischen Beitrag zur Schadenminderung im Brandfall. Zu unterscheiden sind die «Gesamt-Wirksamkeit» eines Konzepts und die «System-Wirksamkeit» einer Brandmeldeanlage:

Die Gesamt-Wirksamkeit beinhaltet die Eigenschaft einer Ueberwachungsanlage, eine erwartete Funktion in einem Sicherheitsdispositiv so zu erfüllen, dass im Ereignisfall der Schaden das akzeptierte Ausmass möglichst nicht übersteigt. Die Gesamt-Wirksamkeit ergibt sich aus dem Zusammenspiel der System-Wirksamkeit mit der Wirksamkeit der begleitenden Massnahmen eines Schutzkonzeptes.

Die System-Wirksamkeit wird beurteilt nach der Leistung des Ueberwachungs-Systems, wie es seine Aufgabe in einem gegebenen Sicherheitsdispositiv erfüllt.

Diese Bewertungsgrösse stellt ein Mass für die Erfolgswahrscheinlichkeit des Systems dar. Bei Brandmeldeanlagen ist dies die Detektionsfähigkeit, d.h. die Fähigkeit, frühzeitig Brände entdecken und diese von Täuschungseinwirkungen unterscheiden zu können.

Qualität und Zuverlässigkeit

Qualität und Zuverlässigkeit sind untrennbar miteinander verbundene, jedoch grundsätzlich verschiedene Eigenschaften eines Produktes: "Qualität ist ein Mass dafür, dass ein Bauelement zum Zeitpunkt der Auslieferung den zugesicherten Eigenschaften entspricht". "Zuverlässigkeit setzt voraus, dass ein Bauelement bereits alle Qualitätsanforderungen erfüllt hat. Sie sagt aus, wie weit Soll- und Ist-Eigenschaften mit Berücksichtigung der möglichen Sprung- und Driftausfälle im Verlaufe der Zeit übereinstimmen oder voneinander abweichen".

Verfügbarkeit

Eng verbunden mit der Zuverlässigkeit ist die Verfügbarkeit. Diese drückt mit einer Wahrscheinlichkeitszahl aus, dass sich eine Anlage in betriebsbereitem Zustand befindet, d.h. nicht ausgefallen bzw. zur Behebung einer Störung oder zur Vermeidung von Falschalarmen nicht ausgeschaltet ist.

"Die Verfügbarkeit ist die Wahrscheinlichkeit, ein System zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in einem funktionsfähigen Zustand anzutreffen".

Die Verfügbarkeit einer Anlage ist das Ergebnis der Zuverlässigkeit aller Komponenten einerseits und der Instandhaltungsmassnahmen andererseits.

Instandhaltung

Die Instandhaltung gewährleistet das zuverlässige Arbeiten eines Systems über einen bestimmten Zeitraum. Der Begriff schliesst ein die Gesamtheit aller Massnahmen, die zum Erhalten und Wiederherstellen der Gebrauchseigenschaften von technischen Systemen dienen. Die Instandhaltung umfasst:

- Inspektion = Ueberprüfung, Funktionskontrolle, Diagnose
- Wartung = vorbeugende Instandsetzung, Service
- Instandsetzung = Wiederherstellung, Reparatur

Mittlere Nutzungsdauer

"Die mittlere Nutzungsdauer einer Anlage ist die mittlere Zeitspanne, während der die Funktionsbereitschaft mit den Instandhaltungsmassnahmen aufrechterhalten werden kann". Zuverlässigkeit und Instandhaltung reparierbarer Systeme werden wesentlich durch ihr Ausfallverhalten bestimmt. Dieses kann durch Sprung- oder (und) Driftausfälle charakterisiert sein. Ein Sprungausfall überführt das System vom funktionstüchtigen

Zustand augenblicklich in einen Ausfallzustand. Driftausfälle entstehen durch Abnutzung oder Umgebungseinflüsse, die ein System allmählich in den Ausfallzustand überführen. *Steigen die Drift- und Sprungausfallraten an, sind Ersatzteile nicht mehr erhältlich oder ist ein veraltetes System nicht mehr wirksam genug oder liegt eine veränderte Risikosituation vor oder hat das Sicherheitsdispositiv geändert, kann eine vollständige Erneuerung mit einem teilweise bis vollständigen Ersatz der Komponenten der Anlage erforderlich werden.*

4 Zielanforderungen an die Wirksamkeit

4.1 Gesamt-Wirksamkeit des Konzeptes

Im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes hat die Brandmeldeanlage die Aufgabe:

- ◆ rechtzeitig und ohne Mithilfe des Menschen einen Brand zu entdecken und im Falle einer echten Gefahr
- ◆ unverzüglich die Interventionsstelle zu alarmieren und gegebenenfalls Steuer- und Kontrollfunktionen einzuleiten.

Ein Erfolg ist dann nachgewiesen, wenn der Brand auf den Ort seines Ausbruchs begrenzt bleibt. Eine Zielformulierung kann festlegen, dass ein Vollbrand höchstens erfassen darf:

- ⇒ in einem Gebäude mit Einzelräumen den Raum des Brandherdes
- ⇒ in einem grossflächigen Gebäude einen akzeptierten Teilbereich.

Die Gesamt-Wirksamkeit des Konzeptes bestimmt bekanntlich ein Zeitkriterium. Dieses Kriterium ist erfüllt, falls die kritische Brandzeit (Branddauer bis zum Durchbrand der Raumentüre oder bis "flash-over" den Teilbereich erfasst hat), grösser ist als die Interventionszeit der Löschkraft (gerechnet bis zum Einsatz der notwendigen Strahlrohre).

Die kritische Brandzeit setzt sich zusammen aus zwei Teilzeiten:

- der Zeit bis zum Eintritt eines Feuersprungs und
- der Zeit bis zum Durchbrand des Raumabschlusses bei Zellenbauten oder bis das Feuer die tolerierte Fläche erfasst hat bei grossflächigen Gebäuden.

Bei Schmel- und Mottbränden ohne Eintritt eines Feuersprungs kann erforderlichenfalls die Konzentration sichtbehindernder, toxischer und korrosiver Brandzersetzungsprodukte die kritische Brandzeit begrenzen.

Für alle genannten Teilzeiten kennt die Praxis genügend Richtwerte für die Abschätzung eines Brandverlaufs und die Einbettung eines Brandmeldesystems in ein Gesamtkonzept.

4.2 Optimierung der Gesamt-Wirksamkeit des Konzepts

Es geht somit vor allem darum, die Zeit für die Brandentdeckung und die Alarmierung der Feuerwehr klein zu halten und keine Zeit für überflüssige Fussmärsche zu vergeuden. Eine Gesamt-Wirksamkeits Analyse zeigt auf, bei welchen Risiken die Brandmeldeanlage das entscheidende Element des Gesamt-Sicherheitsdispositivs sein muss, und bei welchen Risiken eine Brandmeldeanlage die Probleme nicht lösen kann.

Der Beitrag einer Brandmeldeanlage zum Erfolg des Gesamtkonzepts beruht auf drei Ebenen:

1. dem Vertrauen darauf, dass Brandentdeckung und Alarmierung nicht dem Zufall überlassen bleiben.
2. der Realisierung dieses Ziels durch eine wirksame und zuverlässige Technik
3. der Gewissheit, dass alarmierte Interventionskräfte rechtzeitig eingreifen.

Diese drei Ebenen verbinden die Gesamt-Wirksamkeit mit der System-Wirksamkeit.

4.3 System-Wirksamkeit

Uebersteigt die Zahl der Falschalarme die Zahl der echten Gefahrenalarme wesentlich, vermindert sich die Gesamt-Wirksamkeit, weil Zeit, Mittel und Motivation fehlen, eine dem betroffenen Risiko adäquat ausgerüstete Feuerwehr einzusetzen.

Als Kriterium für die Folgeaktionen nach dem Ansprechen einer Anlage (Alarmieren, Kontrollieren, Steuern, Löschanlagen auslösen usw.) sind ausschliesslich massgebend

* die Gefahren als Folge eines Brandes und nicht die Brandkenngrossen.

Zwischen dem Ansprechen eines Melders = Entdecken einer möglichen Gefahr und dem Alarmieren = Melden einer echten Gefahr bestehen grundsätzliche Unterschiede. Deshalb sind unterschiedliche Kriterien festzulegen für

- **keine Meldung / kein Alarm**
bei zumutbaren Rauchkonzentrationen, geringem Wärmeanstieg und keiner unmittelbaren Gefährdung von Personen und Sachen
- **sofortige Meldung / Alarm**
ab einer bestimmten Gefahr für Personen und Sachen (gefährliche korrosive und toxische Brandzersetzungserzeugnisse, unzumutbarer Wärmeanstieg, offene Flammen usw.).

Bei einer unsicheren Erkennung, die möglicherweise Brand bedeutet, aber keine Gefährdung bedeutet, soll dieser Unsicherheit mit einer Zwischenstufe begegnet werden. Richtige Ausdrücke hierfür sind beispielsweise

*** Vorsicht / Warnung** vor einer möglichen Gefahr.

Die modernste Technik mit rechnerunterstützter Signalauswertung in Brandmeldeanlagen erlaubt es, mit Schwellenwerten zu arbeiten, die sich automatisch dem vorhandenen Pegel von Täuschungseinwirkungen anpassen. Damit lassen sich auch die Zustände Bereitschaft, Vorsicht und Alarm sauber trennen.

Die Forderung ist erfüllt, Falschalarme mittels technischer Mittel wirksam auszuschalten. Vorsichtsmeldungen erfordern zwar noch immer Erkundungen vor Ort; bei gefährlichen Bränden muss jedoch nicht mehr manuell in die Alarmierung eingegriffen werden.

Am AUBE Seminar 1989 erwähnte der Sprechende, dass sich die Mehrstufigkeit bei allen Gefahrenmeldesystemen mit nicht vermeidbarer Unsicherheit (See- und Luftfahrt usw.) bewährt hat. Heute darf hervorgehoben werden, dass es auch der Brandmeldetechnik gelungen ist, mit neuartigen Systemen einen diesbezüglichen Meilenstein zu setzen.

5 Vorgaben für Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

5.1 Qualität und Zuverlässigkeit

Ein Produkt soll so gebaut werden, dass es bezüglich Qualität und Zuverlässigkeit der verwendeten Komponenten der Bauelemente einen Stand der Technik einhält, wie er für qualifizierte Industrieanlagen gefordert wird. Ein störungsfreier Betrieb sollte ohne Wartung im Normalfall während mindestens einem Jahr möglich sein. Produktionsziel-Vorgaben sollen die Gesamtkosten (Herstellung, Betrieb und Instandhaltung) optimieren.

5.2 Inspektionen

Die Richtlinien sollen ein Minimalprogramm der Inspektionsarbeiten nennen, die für die Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft der Anlage wesentlich sind. Sie nennen diejenigen Kontrollen, die der Versicherer und/oder die Behörden durch ihre Fachstellen regelmässig und mindestens einmal pro Jahr durchführen sollen.

5.3 Wartung = vorsorgliche Instandsetzung

Eine Wartung als vorsorgliche Instandsetzung der Anlageteile soll nach deren Ausfallwahrscheinlichkeit in bestimmten Intervallen vorgesehen werden. Dieses Intervall nimmt Rücksicht darauf, wie weit sich die Anlagen selbst überwachen, sie redundante Teile enthalten sowie Störungen und Ausfälle dauernd besetzten Stellen melden.

5.4 Instandsetzung = Reparatur

Eine rasche Instandsetzung muss vom Hersteller und Lieferanten eines Systems zugesichert werden können. Technische Störungen sollen durch das Gerät selbst erkannt und zur Anzeige gebracht werden. Die Wahrscheinlichkeit der Eigenstörungserkennung und der Zuverlässigkeit der Störungsanzeige soll möglichst in den technischen Richtlinien quantifiziert werden.

5.5 Verfügbarkeit

Die Anforderungen an die Verfügbarkeit aller Systemfunktionen während der gesamten Nutzungsdauer des Systems sollen unter Beachtung der Verhältnismässigkeit genügend hoch angesetzt werden.

Normalerweise dürfte für die Zulassung einer «Nicht-Verfügbarkeit» der Anlage eine doppelte bis dreifache Dauer der jährlichen Reparaturzeiten genügen, einschliesslich der erforderlichen Testläufe, falls programmgesteuerte Bauteile ersetzt werden müssen. Der folgende Vorschlag zeigt, wie die Verfügbarkeit auf eine flexible und leicht erfüllbare Art als Zielvorgabe aussehen könnte:

Anlagebedeutung	Reparaturzeit Tage pro Jahr	akzeptierte Ausfallzeit Tage pro Jahr	Verfügbarkeit
erhöhte Gefahr	3	6 bis 9	97,5 - 98, 5%
grosse Gefahr	1	2 bis 3	99,0 - 99,5 %

6 Folgerungen

Haben die bestehenden Brandmeldeanlagen herkömmlicher Bauart einmal ausgedient und sind sie durch bessere Techniken ersetzt, wird es nicht mehr notwendig sein, Meldebereiche immer dann auszuschalten, wenn die grösste Brandgefahr besteht, wie beispielsweise bei Schweiss- und Trennarbeiten.

Die in modernen Brandmeldeanlagen eingebaute «künstliche Intelligenz» und die darin eingebauten Rechenverfahren prüfen, vergleichen und werten alle Messdaten, falls notwendig mehrmals, auch wenn dies einige Zeit dauert. Eine kurze Verzögerung der Alarmübermittlung oder einer Vorsichtsmeldung, die zu einem schlüssigen Urteil führt, ist vernachlässigbar kurz im Vergleich zur Interventionszeit der Rettungs- und Löschkräfte.

Eine moderne Technik wird Kosteneinsparungen für den Anlagebetreiber, die öffentlichen Feuerwehren und damit auch für die Steuerzahler bringen können. Die betrieblichen

Sicherheitskräfte erhalten präzise Informationen über die Gefahrenlage; unnütze Einsätze fallen dahin. Betrieben, in denen sich nachts oder an arbeitsfreien Tagen kein Personal befindet, haben die Möglichkeit, eigene Leute, vertraglich verpflichtete Feuerwehren oder Bewachungs Organisationen bei Vorsichtsmeldungen aufzubieten. Diese Kontrollen sind nicht mehr zeitkritisch, weil bei einer Weiterentwicklung eines Brandes zu einer ernsthaften Gefahr die Alarmmeldung automatisch, ohne menschliches Eingreifen erfolgt.

Keine Feuerwehr wird sich mehr dagegen wehren, ein falschalarmfreies oder wenigstens falschalarm-armes System in ihrer eigenen Feuermeldestelle direkt aufzuschalten. Die Interventionsstellen werden sich künftig darauf verlassen können, mit hoher Wahrscheinlichkeit am Schadenplatz tatsächlich aktiv werden zu müssen.

Die Qualifikation «falschalarmfrei» sollten die akkreditierten Zertifizierungs- und Inspektionsstellen, die sich einerseits mit der Güteüberwachung der Herstellung der Produkte und andererseits mit der Kontrolle der Wirksamkeit und Verfügbarkeiten der installierten Anlagen befassen, erteilen können.

Weitere Kosteneinsparungen sind realisierbar, falls die gewählte Brandmeldetechnik auf die baulichen Begebenheiten, die Gebäudenutzung und die Einsatzzeiten der Feuerwehr abgestimmt wird. Diese Sätze und ihre Begründungen sind nicht neu; sie sind schon vor über 15 Jahren bei verschiedener Gelegenheit formuliert worden, z. B an mehreren Internationalen Brandschutzseminarien IBS.

Was wir in Europa heute dringend brauchen, sind offenere, flexiblere Richtlinien und Normen, die sich an brandschutztechnisch begründbaren Zielvorgaben orientieren.

Heute darf die Voraussage gewagt werden, dass an einer fehlalarmarmen Technik in den nächsten Jahren wohl kein Weg mehr vorbeiführen wird. Die moderne Technik wird das Vertrauen bei Behörden und Feuerwehren zurückgewinnen können. Gelingt dies wider Erwarten nicht, bleibt die Zukunft vor weiteren Fehlinvestitionen wohl kaum verschont.

Quellenangaben

- [1] E. Bamert und J. Kaiser: „Brandschutzanlagen im Dienste der Personensicherheit“, 5. Int. Brandschutzseminar, Karlsruhe, 1975
- [2] Beichelt/Franken: „Zuverlässigkeit und Instandhaltung“, Mathematische Methoden, Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1984
- [3] Titu I. Bajenescu: „Zuverlässigkeit elektronischer Komponenten“, VDE-Verlag, Berlin und Offenbach 1985
- [4] Rolf Hedtke: „Mikroprozessorsysteme“, Zuverlässigkeit, Testverfahren Fehlertoleranz, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1984
- [5] E. Bamert und H. Neuenschwander: „Anforderungen der Betreiber, Versicherer und Behörden - Stand der Harmonisierung von Richtlinien und Normen in Europa“, AUBE 1989, Duisburg

Zusammenfassung

Eine die heutigen Anforderungen des Marktes erfüllende «wirksame, zuverlässige und benutzerfreundliche Brandmeldetechnik» braucht sowohl neue, zielorientierte Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung, als auch geeignete Produktnormen mit angepassten Prüfanforderungen, Prüfmethoden, Prüfberichten und Zertifizierungen.

Produkte müssen nach Europa-, CEN/CENELEC-, ISO- oder anderen gleichwertigen Normen gebaut, geprüft und zertifiziert sein, sollen sie ohne technische Handelshemmnisse länderüberschreitend vertrieben werden können.

Die mit der Ausarbeitung von Richtlinien und Normen beauftragten privatrechtlichen Institutionen sind verpflichtet, dem Stand der Technik und der Wissenschaft folgend, rechtzeitig in den entsprechenden Dokumenten Mängel zu beheben und Türen für bessere Techniken zu öffnen.

Ein Problem der bestehenden Richtlinien und Normen liegt darin, dass sie Einzelheiten regeln, dafür aber wenig oder keine Vorgaben über die Leistungsziele einer Sicherheitsanlage enthalten. Die im Zeitpunkt des Entwurfs einer Richtlinie oder Norm vorhandene Technik prägte diese Details, die dann oft für neue Technologien und Entwicklungen unnötige, schwer überwindbare Hindernisse bilden. Zu viele Regelungen schränken die notwendige Flexibilität für wirksame und benutzerfreundlichere Lösungen ein, und sie bevormunden Hersteller und Anlageeigentümer gleichermaßen.

Diese Hemmnisse lähmten erfreulicherweise nur zum Teil die Kreativität betroffener Firmen. Es darf hervorgehoben werden, dass neue Produkte entstanden, die bezüglich der Erfüllung der Kundenbedürfnisse wesentliche Fortschritte bringen werden.

J.G. SANS
CENTRE NATIONAL DE PREVENTION ET DE PROTECTION
(CNPP) - VERNON - FRANCE

THE STANDARDIZATION OF FIRE DETECTION AND FIRE ALARM SYSTEM

ABSTRACT

Since 1990, working group 9 members attempt to standardize the requirements for the fire detection and fire alarm system.

The objective of the standard is to find the way to assess that the different components of the system are able to work together and to avoid that the different additional elements are jeopardizing the essential functions.

The main principles used in the draft standard are based on the following approach.

- 1) Each device communicate with the control and indicating equipment via a transmission path.
- 2) Each device belonging to an essential function shall not adversely affect another function of and shall work correctly.
- 3) Each additional device shall not adversely affect other devices.
- 4) The compatibility, interoperability or connectability of each device shall be assessed accordingly to the method of assessment based on theoretical analysis and functional test.

Finally, The EN 54 series would not be complete without the system requirement which is the more essential document in order to achieve reliability, availability, security and maintainability of the fire Detection and Fire Alarm System.

LA NORMALISATION DES SYSTEMES DE DETECTION INCENDIE

INTRODUCTION

La publication en 1976 de la partie 1 de la EN 54 concernant les organes constitutifs des systèmes de détection et d'alarme incendie pour les bâtiments ne laissait pas apparaître le système comme un tout mais comme un ensemble d'organes juxtaposés pour réaliser un objectif : " Détecter les incendies dans le temps le plus court possible et donner l'alarme pour que les mesures appropriées puissent être prises".

Il s'avère que la technologie de communication entre les organes était rudimentaire et limitée , mais néanmoins sûre pour les besoins du système. Avec l'avènement de nouvelles technologies de communication et l'approche fonctionnelle, il est nécessaire de mettre en place et de vérifier, que les nouveaux moyens de communication conservent l'intégrité du système et la sûreté de fonctionnement que l'on attend pour atteindre toujours le même objectif décrit précédemment.

Il a donc été décidé en 1990 d'établir des normes permettant aux concepteurs et aux installateurs de réaliser des installations de détection et d'alarme incendie digne de ce nom.

Ce fut le rôle du WG 9 - CEN TC 72 d'établir une norme traitant des exigences pour les systèmes, et du WG11 - TC 72 de préparer un guide d'installation : Dans cet exposé il ne sera évoqué que les travaux menés par le WG 9 - CEN TC 72.

II - OBJECTIFS A ATTEINDRE.

Lorsque fut créé le groupe de travail en 1988, la première mission était de préparer un document pour la compatibilité. Ce mot est un peu magique, il est plein de sous-entendus et nous devons clarifier son image. Le groupe de travail a donc essayé de donner une signification technique de ce terme :

- Les différents organes constitutifs du système devaient pouvoir et savoir travailler ensemble, harmonieusement et sans se perturber les uns les autres. Dans les conditions d'environnement usuelles mais aussi dans les

conditions extrêmes auxquelles ils pourraient être soumis (extrêmes relatives à l'environnement ou relatives aux événements concomitants).

Très vite il est apparu que les différents organes constitutifs d'un système de détection et d'alarme incendie pouvaient être multiples et variés. Cependant il ne fallait en interdire aucun de principe tant les besoins des applications étaient variés d'un site à l'autre. On a donc cherché à classer ces organes par ordre d'importance dans le système.

Lorsque le TC 72 décida en 1990 d'étendre la compétence du WG 9 au-delà d'une simple méthode de vérification de compatibilité c'était pour répondre à un besoin plus complet : Il était bien d'avoir des organes qui puissent communiquer mais encore fallait-il que les installations répondent à des critères globaux d'efficacité et de stabilité.

Il a donc été demandé au WG9 d'établir pour la partie système des exigences minimales afin de les installateurs des systèmes aient affaire à des ensembles fonctionnels présentant toutes les garanties de sûreté de fonctionnement.

L'objectif devenait donc : "d'établir des spécifications et des méthodes d'essais servant à déterminer l'aptitude des composants à être combinés de façon à former un système efficace".

III - METHODOLOGIE DEVELOPPEE DANS LE Pr EN 54 -13

Le groupe de travail a pris en compte ce nouvel objectif et après plusieurs années de travail (représentant plus de 5 000 heures d'experts) a abouti à un document dont nous allons parcourir les grandes lignes .

- a) - La terminologie devait préciser et classer les organes constitutifs en différentes catégories d'importance.
- b) - Les fonctions essentielles du système de détection et d'alarme incendie devaient être assurées par des organes constitutifs fiables et compatibles entre eux.
- c) - Les fonctions complémentaires du système devaient être assurées par les organes ne perturbant pas les fonctions essentielles même en cas de dysfonctionnement de celles-ci ou de leur liaison.

- d) - Les liens avec d'autres systèmes d'incendie devaient être assurés par des organes constitutifs fiables et compatibles entre eux.
- e) - La conception du système devait être telle qu'un dysfonctionnement d'une fonction ne perturbe pas d'autres fonctions du systèmes

3.1 La terminologie

De nouvelles notions sont définies dans le projet :

- . Le terme "Component " (composant) est réservé à tout dispositif du système couvert par une partie de la norme EN 54.
- . Le terme "Element"(élément) couvre les autres dispositifs qui peuvent être raccordés à un système (par exemple : isolateur de court-circuit, panneau de commande pompier, imprimante, unité de visualisation etc...)

Il a été prévu deux catégories d'éléments.

Élément type 1 - ceux qui assurent une fonction dite "essentielle"

Élément type 2 - ceux qui assurent une fonction "complémentaire"

Le choix dépend de la nature même de l'élément, des réglementations nationales et de l'importance de l'élément dans l'organisation d'alarme de l'établissement.

Le terme "Compatibility" (compatibilité) a été réservé aux composants pour indiquer leur capacité à fonctionner avec un tableau de signalisation.

Le terme "Interoperability" (interopérabilité) a été réservé aux éléments de type 1

Le terme "Connectability" (connectabilité) a été réservé aux éléments de type 2
Les nuances introduites dans ces termes sont relatives à la garantie de fiabilité des dispositifs concernés et à leur influence sur le système, et sur le niveau de sécurité du système. Autrement dit :

- Un élément type 2, n'étant pas essentiel peut être perdu sans que le niveau de sécurité de l'établissement soit remis en question. Seuls des dispositifs de confort d'exploitation peuvent être admis en type 2.

- Un élément de type 1 assure les fonctions essentielles mais n'est pas couvert par une norme européenne : Il faut donc que le niveau de fiabilité de

ce dispositif soit connu puisque la perte ou le dysfonctionnement du dispositif entraîne une perte partielle ou totale du niveau de sécurité.

- Un composant étant essentiel et couvert par la norme européenne est réputé fiable. On doit seulement s'assurer que la communication avec les autres composants est correctement établie dans le système.

D'autres notions sont également introduites :

- La notion de système définie comme un ensemble de composants et d'éléments qui, dans une configuration connue, est capable de détecter et de signaler un incendie.

Pour le besoin des exigences, des catégories A et B ont été créées selon que le système était plus ou moins intégré avec un système de mise en sécurité (voir annexe). De même des exigences ont été établies selon qu'il est organisé de façon hiérarchique ou en réseau.

3.2 Les fonctions du Systèmes

Les fonctions essentielles sont :

- "Détection " (détection)
- "Indication " (indication)
- "Alarm" (alarme locale)
- "Notification "(alarme à distance)
- "Initiation of action "(action)
- "Monitoring" (surveillance)

Les fonctionnalités du système sont assurées par les dispositifs le constituant, mais une fonction peut être répartie sur plusieurs dispositifs. Il est donc nécessaire de vérifier qu'ensemble ils sont capables d'assurer la fonction via l'utilisation de la voie de transmission.

C'est pourquoi l'approche choisie fut la suivante :

Le "CIE" ou ECS (Equipement de commande et de signalisation) étant le coeur du système et les autres dispositifs les membres (détecteurs ou actionneurs), il est le dispositif de base vers lequel s'effectue toutes les communications et duquel partent, toutes les décisions via les voies de transmission.

. Les autres dispositifs du système devant être connectés au CIE via la voie de transmission, il s'agit donc de vérifier leur capacité à être connectés sur celle-ci. Cela entraîne des exigences relatives à cet objectif.

Quelles sont ces exigences ?

- 1 - Toutes les voies de transmissions sont considérées comme indépendantes (c'est à dire que les défauts sur une n'affectent pas les autres)
- 2 - On ne peut raccorder sur les voies de transmission que des dispositifs en relation avec "la sécurité en cas d'incendie"
- 3- "Les éléments" raccordés ne doivent pas perturber les fonctions essentielles
- 4 - Les "éléments" raccordés ne doivent pas perturber les composants dans les conditions d'environnement où ils sont placés.
- 5 - Pour certains composants des règles de cohabitation sur la même voie de transmission ont été établies :
 - Les détecteur et les déclencheurs manuel doivent :
 - . pouvoir être mis hors service séparément
 - . pouvoir être identifiés séparément
 - . ne pas être indisponibles sur un défaut de voie de transmission d'une quantité supérieure à 32.
 - Les dispositifs d'alarme doivent :
 - . pouvoir être mis hors service sans mettre hors service les autres dispositifs et vice versa
 - . ne pas empêcher les autres dispositifs de fonctionner même si un défaut affecte la fonction alarme.
 - Les dispositifs de transmission d'alarme doivent
 - . être raccordés sur une voie de transmission non partagée sauf avec le dispositif de transmission de défaut.
 - Les dispositifs de transmission de défaut doivent :
 - . être capables de transmettre les défauts même si la voie de transmission est elle-même en défaut.

- Les dispositifs de commande pour les équipements de mise en sécurité doivent :

- . être considérés comme des interfaces qui n'ont pas la capacité de commander le système de détection.
- . ne pas affecter le fonctionnement des autres fonctions essentielles.
- . ne pas être affecté par un défaut affectant les autres dispositifs
- . ne pas affecter les autres dispositifs, même si un défaut de la voie de transmission affecte leur fonctionnement
- . pouvoir être mis hors service séparément
- . signaler leur activation soit automatiquement soit sur demande.

3.3 Détermination de la compatibilité, interopérabilité, connectabilité

Une fois les exigences fonctionnelles dûment établies, il faut vérifier que le dispositif (composant ou élément) qui va être intégré dans le système est capable de communiquer et de fonctionner de façon satisfaisante

Pour obtenir ce résultat une approche par une méthode systématique d'analyse a été retenue car il n'est pas possible de développer un test exhaustif de toutes les situations que les concepteurs de système vont créer pour répondre au besoin du marché.

L'objectif est de rechercher

- par analyse
- et par vérification fonctionnelle (si nécessaire) des situations menant à

des incompatibilités de fonctionnement.

Si aucune situation d'incompatibilité ne peut être mise en évidence alors le dispositif est déclaré compatible, interopérable ou connectable selon le type de dispositif.

Cette démarche pourrait paraître insuffisamment précise ou non reproductible de prime abord mais il s'avère que c'est une méthode qui donne satisfaction en France en particulier où il est établi depuis l'origine (plus de 20 ans) des essais d'associativité et que les résultats obtenus jusqu'à ce jour n'ont pas été remis en question par l'arrivée des systèmes adressables, bien au contraire, la

vérification d'associativité est une condition indispensable à la certification des produits.

IV - CONCLUSION

L'ensemble des textes normatifs EN 54 serait incomplet s'il n'y avait pas un texte relatif aux exigences pour le système. En effet les technologies modernes montrent qu'il est parfois difficile d'associer les fonctions à un seul produit (fonction répartie sur plusieurs produits et via le moyen de communication)

En conséquence, la norme EN 54 avec les exigences pour le système permet d'atteindre le niveau de sûreté de fonctionnement attendu d'un système de sécurité incendie.

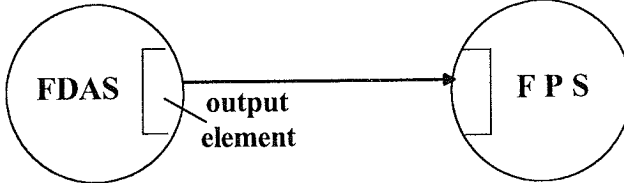
Le document CEN TC 72/ WG9 N 63 rev. 4 correspond pleinement à cet objectif.

BIBLIOGRAPHIE.

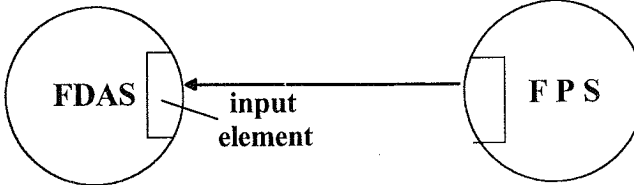
- Projet de norme européenne Pr en 54-13- (doc CEN TC72 WG 9 N-63)
 - Influence de la compatibilité et de la situation de sauvegarde sur la sécurité d'un système de protection d'incendie associé à un système de gestion centralisé de bâtiment
- P. DETRICHE/BM ABDALLAH - AUBE 89.

**LINKING OF FIRE DETECTION ALARM SYSTEM
TO A FIRE PROTECTION SYSTEM**

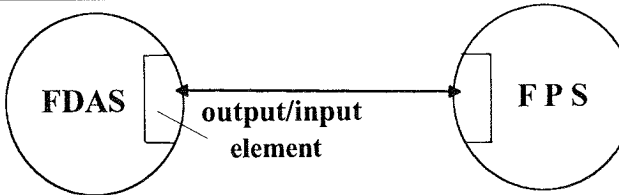
LINK TYPE 1 Output unidirectional link



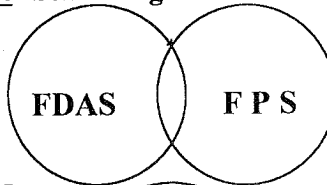
LINK TYPE 2 Input unidirectional link



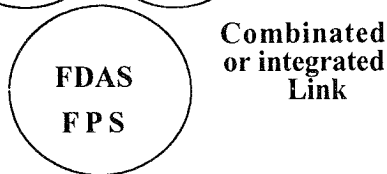
LINK TYPE 3 Bidirectional link



LINK TYPE 4 Semi integrated link



LINK TYPE 5



CATEGORY A

CATEGORY B

**FDAS : FIRE DETECTION AND FIRE ALARM SYSTEM
FPS : FIRE PROTECTION SYSTEM**

H. Neuenschwander

BVD/SPI-Cert, Zürich, Switzerland

**Problems Relating to the Inspection of Fire Detection Systems
from the Point of View of a Certified Bureau for Inspections**

Abstract

Approval agencies receive their mandat by property owners, enterprises or authorities having jurisdiction such as federal, state or local authorities. They are to undertake conformity tests to establish whether a system meets the required regulations, standards, codes or specifications.

The approval agency must be competent in its specific field of expertise.

When inspecting a fire protection system, primary and secondary inspection tasks have to be considered. Frequently problems occur because they do not necessarily correspond. Depending on the customer's needs, possible deficiencies have to be weighed differently in the report.

An inspection bureau can accomplish its tasks properly only when the level of competence is held up, when the quality of the job and of the instruction is under permanent surveillance, when the cooperation with standardization offices is guaranteed, and when there is a close link to projectors, development designers, building companies and operators of fire protection installations.

Probleme der Inspektion von Brandmeldeanlagen aus der Sicht einer akkreditierten Inspektionsstelle

1. Einleitung

Inspektionsstellen nehmen im Auftrag privater Kunden, Unternehmensorganisationen und/oder Behörden Prüfhandlungen vor, mit dem Ziel den Auftraggebern Informationen zu liefern, die sich auf die Übereinstimmung mit Verordnungen, Normen oder Spezifikationen beziehen. Zu den im Rahmen der Inspektionen zu bestimmenden Kenngrößen gehören solche der Menge, der Qualität, der Sicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der fortdauernden Erfüllung sicherheitstechnischer Anforderungen an Anlagen oder Systemen während ihres Betriebs.

In der prEN 45004 werden Stellen die Inspektionen vornehmen definiert als: „Stellen die sich mit der Untersuchung von Werkstoffen, Erzeugnissen, Werkeinrichtungen, Anlagen, Verfahren, Arbeitsvorgängen oder Dienstleistungen befassen, die Übereinstimmungen mit Anforderungen untersuchen und die Ergebnisse in einem Bericht zusammenfassen“. Diese Tätigkeit kann sich auf alle Entwicklungs- oder Ablaufstufen erstrecken, d.h. gegebenfalls auch auf der Planungsstufe. Im weiteren können Ergebnisse auch zur Güteüberwachung von zertifizierten Produkten oder Systemen verwendet werden.

Neben den Forderungen der Unabhängigkeit, Unparteilichkeit und Integrität ist die fachliche Kompetenz einer Inspektionsstelle unabdingbar. Bezogen auf die Thematik von Brandmeldeanlagen heisst dies, dass die eingesetzten Inspektoren neben den Richtlinien und der Brandmeldetechnik auch im Bereich des allgemeinen Brandschutzes und dem konzeptionellen Schutzdenken geschult werden müssen.

Diese umfassende Schulung gibt den Inspektoren die Möglichkeit der kompetenten Beurteilung und Berichtverfassung in Bezug auf die primären Aufgaben einer Inspektion. Sie ermöglicht gleichzeitig auch sekundären Aufgaben gerecht zu werden.

2. Primäre Aufgaben der Inspektion

Die primären Aufgaben einer Inspektion werden in der Regel vom Auftraggeber definiert. Für das BVD/SPI-Cert sind die Auftraggeber private und öffentlich-rechtliche Feuerversicherer oder Feuerschutzbehörden. Die primären Inspektionsaufgaben lassen sich deshalb wie folgt auflisten:

- Überprüfung/Beurteilung der Ausführungsunterlagen (Auslegung, Melderstandorte, Systemwahl etc.)
- Überprüfung/Beurteilung des fertiggestellten Werkes auf Konformität mit den geltenden Richtlinien (Funktionskontrolle, Zweckmässigkeit, Sicherheit, Materialwahl, Baubegehung etc).
- Berichterstattung.

Unter die primären Aufgaben der Inspektion fällt auch die Beurteilung der eingesetzten Komponenten und Systeme im Sinne einer Güteüberwachung für Zertifizierungstellen.

3. Sekundäre Aufgaben der Inspektion

Im Gegensatz zu den primären Aufgaben lassen sich die sekundären Aufgaben nicht eindeutig und klar definieren. Sie ergeben sich im Zusammenhang mit

- der Tatsache, dass Richtlinien nie alles abdecken können,
- der Tatsache, dass Brandschutz keine exakte Wissenschaft darstellt,
- und aus Diskussionen während der Inspektion vor Ort.
- der Fachkompetenz der eingesetzten Inspektoren und
- der technischen Entwicklung von Brandmeldesystemen etc.

Im weiteren sind sie kaum oder nur indirekt in den Regelwerken, Richtlinien oder Normen zu finden und liegen vielfach im Ermessensspielraum der Inspektoren. Den sekundären Aufgaben einer Inspektion lassen sich jedoch Ziele zuordnen, wie zum Beispiel: „erfassen, auswerten und eingeben in die Be- und Überarbeitung von Regelwerken, Richtlinien und Normen, oder erfassen und auswerten bei der Ausbildung von Inspektoren und/oder Fachleuten etc“.

4. Problematik der primären und sekundären Inspektionsaufgaben

Definitionsgemäss liegt die Haupttätigkeit einer Inspektionsstelle in der Aufgabe eine Brandmeldeanlage auf die Übereinstimmung mit den Anforderungen von Qualität, Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit etc. zu überprüfen. Da eine Brandmeldeanlage - als technische Massnahme - brandschutztechnisch auf die baulichen und organisatorischen Massnahmen abgestimmt sein muss, kann ein Inspektionsverfahren nicht allein auf das Werk „Brandmeldeanlage“ abgestützt werden. So hängt zum Beispiel die Gebrauchstauglichkeit nicht nur von der Technik und Qualität des Brandmelde-Systems ab, sondern wird auch über die Qualität der baulichen und organisatorischen Massnahmen beeinflusst.

Die Problematik der Inspektoren einer akkreditierten Inspektionsstelle liegt deshalb vielfach in der Gewichtung der Mängel aus dem primären und sekundären Aufgabenbereich. Dies vorallem bei der Formulierung des Inspektionsberichtes mit Berücksichtigung der Inspektionsziele des oder der Auftraggeber.

Beispiel: Die Inspektionsstelle ist Auftragnehmer einer Behörde, eines öffentlich-rechtlichen Feuerversicherers und eines Fahrhabeversicherers. Die Behörde hat für einen Lagerbetrieb mit >50 Beschäftigten eine Brandmeldeanlage verfügt. Der Betrieb liegt in einer Industriezone, der Anmarschweg der Feuerwehr beträgt mehr als 15 Minuten. Eine Betriebsfeuerwehr wurde nicht gefordert.

Die Inspektion der Brandmeldeanlage hat ergeben, dass eine volle Konformität zu den gültigen Einbaurichtlinien besteht und die Sicherheit und Qualität des eingebauten Systems über Zertifikate nachgewiesen ist. Defacto müsste also auch die Gebrauchstauglichkeit gegeben sein. Kann nun der Inspektor allen Auftraggebern dies im vorgenannten Sinne bestätigen?

Unter reiner Berücksichtigung der primären Aufgaben einer Inspektion (Kap.2) wäre dies sicher gerechtfertigt. Die Problematik liegt hier nun in der differenzierten brandschutztechnischen Schutzzielerwartung. Das heisst, für die Behörde steht der Personenschutz, für den öffentlich-rechtlichen Versicherer wie für den Fahrhabeversicherer der Sachwertschutz an erster Stelle. Für den Personenschutz ist der zeitlich lange Anmarschweg der Feuerwehr weniger von Bedeutung als für den Sachwertschutz.

Die Gebrauchstauglichkeit im Sinne der Konformität zu den Richtlinien kann im vorliegenden Falle für alle Auftraggeber positiv beurteilt werden. Wesentlich ist nun, dass auch der Schutzwert, als Bezugsgrösse zu der Schutzzielerwartung ermittelt und dokumentiert wird.

Noch komplexer wird die Problematik, wenn über eine Behörde eine Teilüberwachung vorgeschrieben wird. In einem solchen Falle ist es nicht ausgeschlossen, dass für den Auftraggeber „Sachwertschutz“ sogar die Gebrauchstauglichkeit wie der Schutzwert verneint werden muss.

Die aus dem vorgenannten Beispiel aufgezeigten Probleme sind in der Regel leicht lösbar, da vorgängig der Inspektionen die Schutzzielerwartungen der Auftraggeber bekannt sind oder erfragt werden können. Für den Anlagebetreiber wird die differenzierte Beurteilung nicht immer auf volles Verständnis stossen, nimmt er doch an, dass er mit dem Erfüllen der Auflage allen Forderungen genüge getan hat. In solchen Fällen muss der Inspektor auch noch „Fingerspitzen- und Verkaufsgefühl“ beweisen.

Eine ganz andere Problematik der Inspektionstätigkeit liegt vor, wenn über die gültigen Richtlinien Brandmeldeanlagen nur ungenügend oder nicht vollständig beurteilt werden können. Dies kann passieren, wenn

- neue (intelligente) Systeme auf den Markt kommen,
- herkömmliche Melder (z.B. Punktmelder) durch den Bauherrn oder Architekten nicht erwünscht sind,
- bauliche Gegebenheiten oder spezielle Nutzungen andere Lösungen verlangen, etc.

Es wäre sicher vermessen und der Sache auch nicht dienlich, wenn in solchen Fällen die Forderungen, gemäss den primären Aufgaben der Inspektion, generell als „nicht erfüllt“ dokumentiert würden.

Für die Lösung der diesbezüglichen Probleme sind die fachliche Kompetenz, die „Unité de doctrine“ und Qualitätssicherung einer Inspektionsstelle sehr wichtig.

Als eher untergeordneter Problemkreis und für die Primäraufgaben nicht relevant, sind im weiteren die Diskussionsthemen zu erwähnen die während der Inspektion mit Betreibern und Anlageerstellern geführt werden. Als häufigste Themen sind dies unter anderen:

- Benutzerfreundlichkeit von Brandmelde-Zentralen und Bedienfeldern,
- Wahrheitsgehalt der anstehenden Meldungen,
- Vertrauen in die realisierte Anlage
- Unschöne Installation der Leitungen, Melder und Komponenten etc.

Auch wenn diese Themen kaum im direkten Zusammenhang mit der Inspektionsaufgabe stehen, erkennt man darin die gute oder weniger gute Zusammenarbeit von Planer, Ersteller und Betreiber der Anlage und/oder die Qualität der erteilten Instruktion.

- Intensive Mitarbeiterschulung mit Einbezug der Mitarbeiter in die Schulungsgestaltung
 - ⇒ Steigerung der Motivation der Mitarbeiter
 - ⇒ Probleme werden topaktuell und rasch vorgebracht
 - ⇒ Steigerung der Fachkompetenz
 - ⇒ Synergieeffekt für die Tätigkeit in der Normung
- Klare Linie bezüglich Unabhängigkeit und Unparteilichkeit
 - ⇒ Steigerung des Inspektionsstellen-Images
 - ⇒ „Koordinationsstelle“ für Ersteller, Betreiber, Behörde, Versicherer etc.
- Negative Erfahrungen:
 - Normen und Richtlinien hinken dem Stand der Technik hinten nach
 - ⇒ Behinderung für die Inspektionsstelle und aller Beteiligten
 - ⇒ Behinderung des technischen Fortschrittes
 - Unterschiedliche Auftraggeber mit unterschiedlichen Schutzzielewartungen und event. Auflagen
 - ⇒ vorprogrammierte Problemstellung
 - ⇒ u.U. Verständnisschwierigkeiten beim Betreiber.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Problembereich einer Inspektionsstelle kleiner wird, wenn sie

- über ständig nachgeführte Qualitäts- und Arbeitshandbücher verfügt,
- das Niveau der Fachkompetenz aller Mitarbeiter hoch ansetzt,
- die Mitarbeit in Normen- und Richtliniengremien anstrebt,
- interne und externe Ausbildung betreibt und
- die Verbindung mit Entwickler, Planer, Ersteller, Betreiber von Brandmeldeanlagen entsprechend pflegt.

Kurt Steck

Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bern, Schweiz

Avoiding false alarms by means of fire protection regulations

Abstract

1. Fire Protection Regulations

The Association of Swiss Fire Protection Authorities (VKF) brought out new fire protection regulations in 1993. These reflect the current state of technology and correspond to the European standards. Since there is a great need for standardised fire protection regulations in Switzerland, the VKF has drawn up a set of such regulations and advised all Cantons to adopt these in the Cantonal Law.

Based on the principles of fire protection, these regulations are shown to be flexible when applied in practice and open to the latest technological developments.

In addition, these regulations establish where fire alarm systems are prescribed, taking into account the use of the building.

2. Alarm Statistics

In the last five years, all fire alarms from about 4,500 on-line fire alarm systems were registered and evaluated by fire brigades. The results of these extensive statistics were prepared according to various factors and presented graphically.

3. Measures to avoid false alarms

The new fire protection guidelines on fire alarm systems presented by the VKF demonstrate the wide scope now available to a fire alarm company in Switzerland for the suppression of false alarms.

Vermeidung von ungewollten Alarmen durch Brandschutzvorschriften

1. Brandschutzvorschriften

1.1 Einleitung

Der Erlass von Brandschutzvorschriften liegt in der Schweiz in der Kompetenz der Kantone. Da Feuer in allen Kantonen gleich brennt, besteht seitens Behörden, Planern und Industriebetrieben ein grosser Bedarf nach Vereinheitlichung. Seit mehreren Jahrzehnten erarbeitet die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF Empfehlungen zuhanden der Kantone, die diese anschliessend als Brandschutzvorschriften in das kantonale Recht überführen.

Nachdem die früheren Wegleitungen im Laufe der Zeit überholungsbedürftig wurden, begann die VKF im Jahr 1987 mit der Ausarbeitung der neuen Brandschutzvorschriften. Die Systematik wurde überarbeitet und der Inhalt dem Stand der Technik angepasst. Gleichzeitig erfolgte eine Angleichung der VKF-Brandschutzvorschriften an die europäische Normierung. Das Vorschriftenwerk, an dem die VKF, die Brandschutzbehörden, die Industrie sowie weitere Partner mitwirkten, konnte bis Ende 1993 fertiggestellt werden.

Aus der Brandstatistik der Schweiz

Anzahl Brände pro Jahr	über 20 000
Anzahl Tote pro Jahr	20 - 50
Anzahl Verletzte pro Jahr	etwa 200
Gesamte Brandschäden pro Jahr (in Mio Fr.)	über 600
Anteil der fahrlässig verursachten Brandschäden (in %)	25 - 30
Anteil der vorsätzlich verursachten Brandschäden (in %)	etwa 20

1.2 Neues Konzept

Das neue Konzept für die Brandschutzvorschriften der VKF wurde in einer Dreiteilung gefunden:

- Brandschutznorm
- Brandschutzrichtlinien
- Prüfbestimmungen

In der **Brandschutznorm** sind Grundsätze und allgemeine Anforderungen des Brandschutzes festgehalten. Soweit irgend möglich werden die Anforderungen schutzzielorientiert und auf jeden Fall produkteneutral vorgegeben. Das gesamte Werk ist als technische Verordnung ausgestaltet, berücksichtigt aber auch die Anforderungen moderner Gesetzestechnik. Die Brandschutznorm wird somit längere Zeit Bestand haben.

Die Ausgabe 1993 der Brandschutznorm ist in sechs Hauptkapitel unterteilt und umfasst 154 Artikel:

- Einleitung
- Grundsätze
- Baulicher Brandschutz
- Technischer Brandschutz
- Betrieblicher Brandschutz
- Stoffe und Waren

Die **Brandschutzrichtlinien** sind eigentliche Ausführungsbestimmungen mit einem hohen Detaillierungsgrad. Sie stützen auf die Grundsätze der Brandschutznorm ab. Sie widerspiegeln den Stand der Technik und müssen deshalb in kürzeren Zeitabständen den neuen Erkenntnissen der Forschung sowie den europäischen Normen angepasst werden können.

Die Brandschutzrichtlinien geben dem Planer Antwort auf die Frage, **wie** eine Anforderung im Brandschutz zu erfüllen ist. Es werden konkrete Lösungen aufgezeigt, wobei im Einzelfall auch andere Wege zum angestrebten Sicherheitsziel führen können.

Bisher hat die VKF auch **Prüfvorschriften** im Sinne von Anforderungen an Produkte herausgegeben. Mit der berechtigten Forderung nach Abbau technischer Handelshemmnisse ist die Herausgabe eigener Prüfbestimmungen nicht mehr in Einklang zu bringen. Wo immer möglich werden deshalb eu-

ropäische Prüfvorschriften ins schweizerische Recht übernommen. Die VKF gibt lediglich dort Vorgaben heraus, wo im Rahmen der europäischen Normierung (z.B. EN 54) noch keine Anforderungen an Produkte bestehen. Die heute noch gültigen schweizerischen Prüfvorschriften werden damit in den nächsten Jahren abgelöst.

1.3 Brandmeldeanlagen unter Berücksichtigung der Nutzung

Der Einbau einer Brandmeldeanlage kann in der Schweiz aufgrund der Brandschutznorm von den kantonalen Brandschutzbehörden bei folgenden Nutzungen vorgeschrieben werden:

- In Krankenhäusern mit mehr als 20 Betten;
- In Hotels, Heimen und Anstalten abhängig von Geschoss- und Bettenzahl;
- In Bauten und Räumen mit grosser Personenbelegung wie Schulhäuser, Mehrzweck-, Sport- und Ausstellungshallen, Theater, Kinos, Restaurants und dergleichen, auch hier abhängig von der Personenzahl und der Anzahl Obergeschossen.

1.4 Ausbreitung von Brandmeldeanlagen

Die Brandschutzvorschriften VKF tragen massgebend zu einer weiten Ausbreitung von Brandmeldeanlagen in der Schweiz bei. Es bleibt aber immer noch eine stattliche Anzahl von Anlagen, die freiwillig, ohne Auflage der Brandschutzbehörde, errichtet werden. Aber auch bei deren Errichtung liegen die Brandschutzrichtlinien der VKF zugrunde. Im weiteren unterstützen die Feuerversicherer den Einbau von Brandmeldeanlagen mit einmaligen Zuschüssen oder mit der Gewährung von Prämienrabatten.

Laut Branchenstatistik werden in der Schweiz jährlich an die 1800 neue Brandmeldeanlagen mit insgesamt rund 200'000 Brandmeldern eingebaut. Allein aus diesem Grund erhöht sich die Eintretenswahrscheinlichkeit für das Auftreten von echten, aber eben leider auch von ungewollten Brandalarmen laufend.

2. Alarmstatistik

2.1 Allgemeines

In den Jahren 1989 bis 1993 erfassten der Verband Schweizerischer Hersteller von Sicherheitsanlagen (VSHSA) zusammen mit dem Schweizerischen Feuerwehrverband (SFV) und den sechs Berufsfeuerwehren Basel, Bern, Genf, Lausanne, St. Gallen und Zürich, Daten für die Alarmstatistik.

In den 5 Berichtsjahren wurden von den rund 4'500 auf öffentliche Feuermeldestellen aufgeschalteten Brandmelde- und Sprinkleranlagen rund 20'000 Alarmmeldungen aufgenommen und ausgewertet. Für die Erfassung diente ein standardisiertes Meldeformular, welches von der jeweiligen Berufsfeuerwehr nach Abklärung der Alarmursache ausgefüllt wurde. Im Anschluss daran informierte die Feuerwehr direkt die entsprechende Errichterfirma. Allein aufgrund dieser Informationen konnte die Errichterfirma in vielen Fällen die Fehlerquelle ermitteln und Gegenmassnahmen zur Vermeidung von ungewollten Alarmen einleiten.

2.2 Echte und ungewollte Alarmer

Brandalarmer aufgrund von Kleinstfeuern (z.B. Papierkorbbrand, überhitzter elektrischer Apparat) werden fälschlicherweise immer wieder als Fehlalarmer bezeichnet. Dabei wird vergessen, dass sich jeder Kleinstbrand zu einem Grossbrand entwickeln kann. Die grosse Stärke von Brandmeldeanlagen liegt bekanntlich in der Früherkennung von Bränden. Sie hat ihre Aufgabe dann am besten erfüllt, wenn der Brand nur mit leichten Mitteln gelöscht werden kann und das Tanklöschfahrzeug der Feuerwehr unbenutzt bleibt.

Bei der Erfassung der Ursache von Brandalarmen wurde nachfolgende Begriffshierarchie verwendet:

echter Alarm

Brandkenngrössen: Rauch, Wärme, Strahlung

ungewollter Alarm

Bedienung

ungenügende Kenntnis, Unaufmerksamkeit

Unfug

Missbrauch Melder, mutwillige Beschädigung

Überspannung, Blitzschlag

Umgebung, Betrieb

Feuchtigkeit, Wasser, Korrosion, Abgase, Rauch, Wärmestrahlung, Erschütterungen, mech. Beschädigung

Arbeiten ausgeführt

Umbau, Schweißen, Reinigung

Verschmutzung

Verstaubung, Melder

Techn. Defekte

Systemfehler

Unbekannte Ursache

Neben der Ursache von Brandalarmen wurden selbstverständlich weitere Daten erfasst wie Adresse, genauer Ereignisort, Betriebsart und Ereigniszeit.

2.3 Auswertung der Alarme

Das riesige Volumen der erfassten Daten erlaubt die Auswertung nach den verschiedensten Parametern. Nachfolgend sei ein Querschnitt der wichtigsten Ergebnisse der letzten fünf Jahre in Form von Diagrammen wiedergegeben und kommentiert.

2.3.1 Anzahl Anlagen und Anzahl ungewollte Alarme

Abbildung 1 (siehe Anhang) zeigt die Entwicklung der Anzahl aufgeschalteten Brandmeldeanlagen und die von der Feuermeldestelle im gleichen Zeitraum empfangenen ungewollten Alarmmeldungen sowie deren Rate. Trotz der erheblichen Zunahme der Anlagenzahl war die Anzahl Meldungen 1993 ungefähr gleich wie 1989. Diese relative Abnahme von Brandmeldungen (siehe Rate ungewollter Alarme) ist zu einem grossen Teil auf den infolge der statistischen Erhebung verbesserten Informationsfluss zwischen Feuerwehr und Errichterfirma zurückzuführen.

2.3.2 Auslösung durch Apparate (Echte und ungewollte Alarme)

Abbildung 2 (siehe Anhang) zeigt die Ansprechhäufigkeit der verschiedenen Brandmeldeapparate.

Im Jahr 1993 konnte folgende Verteilung registriert werden:

automatische Brandmelder:	77%
Handfeuermelder:	12,6%
Sprinkleranlagen:	3,1%
Verschiedene:	7,3%

Entsprechend der eingesetzten hohen Stückzahl lösen automatische Brandmelder am häufigsten aus.

Unerwartet hoch ist der Anteil "Alarmauslösung durch Handfeuermelder". Als Ursache stehen Bedienungsfehler, Unfug und mechanische Beschädigung im Vordergrund.

2.3.3 Ereignisraum und Ort der Alarmauslösung

Abbildung 3 (siehe Anhang) zeigt die Anzahl Brandalarme aus verschiedenen Räumen oder Orten.

Auffallend hoch, sicher aber deutlich über dem Anteil als aufgrund der Anzahl installierten Apparate erwartet, liegen die Alarmauslösungen in Korridoren oder Treppenhäusern (32%) und in Autoeinstellräumen (20%). Die Wahl der Brandmelder in diesen Bereichen ist zu überdenken, oder es ist eine besser Anordnung zu wählen. Allenfalls sind andere Brandschutzmassnahmen vorzusehen.

2.3.4 Ursachen der Alarmauslösung

Abbildung 4 (siehe Anhang) zeigt die Anteile verschiedener Ursachen von Alarmauslösungen. Die Präzisierung einzelner Begriffe ist aus Ziffer 2.2 "Echte und ungewollte Alarme" zu entnehmen.

Im Bereich der ungewollten Alarme sind es die Anteile "Bedienungsfehler", "Umgebung oder Betrieb" und "Arbeiten ausgeführt", die mit grossen Anteilen zu Buche stehen. Diese Alarmursachen werden weitgehend durch den Anlagebetreiber beeinflusst.

Die Errichterfirma kann hier einzig durch Instruktion der verantwortlichen Personen anlässlich aktuellem Anlass oder anlässlich der Wartung versuchen, das Bewusstsein der Alarmproblematik zu fördern und damit zu verbessern. Sofern es sich um unvermeidliche, betriebliche Störeinflüsse handelt, muss eine Anpassung der Anlage an die Gegebenheit vorgesehen werden. Dabei kann der weite Spielraum wie in der VKF- Richtlinie über BMA, Anhang 2 vermerkt, voll ausgeschöpft werden.

Der grosse Anteil "Unbekannte Ursache" ist hauptsächlich auf die eingeschränkten Abklärungsmöglichkeiten (Diagnosegeräte, Zeit) der Feuerwehren zurückzuführen.

Der Anteil "echter Alarme" ist erfreulicherweise von 7% im Jahr 1989 auf 11,3% im Jahr 1993 angestiegen.

2.3.5 Brandmeldeanlagen mehrheitlich problemlos

Weitere interessante Erkenntnisse können aus der Alarmstatistik der Berufsfeuerwehr der Stadt Zürich entnommen werden. Aus deren Daten lässt sich die Tatsache ablesen, dass im Jahr 1993 von 61% der Brandmeldeanlagen keine und von 22% lediglich eine Alarmmeldung pro Anlage an die Feuermeldestelle übermittelt wurde. Mehr als 80% der Brandmeldeanlagen dürfen damit bezüglich ungewollten Alarmen als problemlos bezeichnet werden.

Die verbleibenden Anlagen gelten aber als problematisch. Hier müssen Hebel angesetzt und gezielte Massnahmen angewendet werden.

3. Massnahmen zur Vermeidung von ungewollten Alarmen

3.1 Allgemeines

Bei allen Massnahmen zur Vermeidung von ungewollten Alarmen darf die Ansprechempfindlichkeit im Hinblick auf den Personenschutz nicht in unzulässiger Weise verschlechtert werden. Trotzdem kann eine Reduktion von ungewollten Alarmen bereits mit einfachen Massnahmen realisiert werden wie z.B. geeignete Auswahl und Anordnung der Brandmelder unter Berücksichtigung der Umgebungsverhältnisse.

Es müssen aber auch nicht um jeden Preis Rauchmelder eingesetzt werden. Bei kritischen Verhältnissen ist es durchaus tolerierbar, anstelle von Rauchmeldern, punktuell Wärmemelder einzusetzen; so in Heizräumen, sofern deren Feuerwiderstand F 60 erreicht, Küchen usw.

Stehen keine geeigneten Detektionsmassnahmen zur Verfügung, sind in den betroffenen Bereichen andere gleichwertige Brandschutzmassnahmen vorzusehen.

Nach wie vor gilt der Leitsatz: Brandmeldeanlagen sollen nicht so frühzeitig wie möglich, sondern so frühzeitig wie notwendig ansprechen und die Feuerwehr alarmieren. Im Vordergrund stehen organisatorische und technische Massnahmen zur Erhöhung des Wahrheitsgehalts von Alarmmeldungen.

3.2 Organisatorische Massnahmen

Als organisatorische Massnahme steht die betriebseigene, personell ausreichend dotierte und instruierte Alarmorganisation im Vordergrund. Diese muss unmittelbar nach Auftreten der Alarmmeldung eine Inspektion durchführen, um allenfalls einen ungewollten Alarm zur Feuerwehr zurückzuhalten oder den ersten Löschangriff durchzuführen.

3.3 Technische Massnahmen

Um den Spielraum der Errichterfirmen im Kampf gegen ungewollte Alarme zu vergrössern, wurden verschiedene technische Massnahmen zur Vermeidung von ungewollten Alarmen in die Brandschutzrichtlinie über Brandmeldeanlagen aufgenommen.

Um die Sicherheit von Personen nicht zu gefährden, wird der interne Brandalarm, wie heute üblich, unverzüglich abgesetzt. Während der Anwesenheitszeit von Personen kann eine verzögerte Übermittlung für Alarmer von automatischen Brandmeldern zur Feuerwehr durch verschiedene Massnahmen toleriert werden. Diese Verzögerung soll es der betriebseigenen Alarmorganisation erlauben, die Echtheit eines Alarms abzuklären, bevor dieser zur öffentlichen Feuermeldestelle übermittelt wird.

Brandmeldungen von Handfeuermeldern müssen unter allen Umständen direkt und unverzüglich an die öffentliche Feuermeldestelle weitergeleitet werden.

Nachfolgend einige Beispiele von Massnahmen aus der Brandschutzrichtlinie über Brandmeldeanlagen:

a) Anwesenheits- und Erkundigungsverzögerung

Während der Anwesenheitsphase von Personen darf der Brandalarm an die öffentliche Feuermeldestelle um 3 Minuten (Anwesenheitszeit) und um 5 Minuten (Erkundigungszeit) verzögert werden.

b) Zweimelder- oder Zweigruppenschaltung

Diese ist in Kombination mit der Anwesenheits- und Erkundigungsschaltung zu verstehen. Die zulässige Überwachungsfläche pro Rauchmelder bleibt bei der Zweimelder- oder Zweigruppenschaltung unverändert.

Während der Anwesenheitsphase erfolgt die Übermittlung des Brandalarms erst nach Ansprechen eines zweiten Rauchmelders, jedoch frühestens nach Ablauf der Anwesenheits- und Erkundigungszeit.

Während der Abwesenheitszeit erfolgt die Alarmübermittlung aus Räumen, die von mehr als einem Brandmelder überwacht werden, erst nach Ansprechen eines zweiten Melders. Alarmer aus den übrigen Räumen werden unverzüglich übermittelt.

c) Alarmzwischenspeicherung

Bevor eine Brandmeldung als Alarm an die öffentliche Feuermeldestelle weitergeleitet wird, darf diese zurückgestellt und selbsttätig auf deren Echtheit überprüft werden. Verzögerungszeit 1 Minute.

d) Kombination verschiedener Melderarten (Mehrkriterienmelder)

Verschiedene Hersteller bieten heute täuschungssichere Brandmelder an, die mehrere Brandkenngrössen gleichzeitig auswerten. Anstrengungen in dieser Richtung sind selbstverständlich sehr willkommen. Die neuen Möglichkeiten des Mehrkriterienmelders dürfen jedoch nicht allein zu ei-

ner Ausweitung des Ansprechbereiches führen, sondern müssen zu einer verbesserten Resistenz gegenüber Fehlalarmen genutzt werden. Die Resultate von Felderfahrungen dürfen gespannt abgewartet werden.

Weitere Massnahmen zur Vermeidung von ungewollten Alarmen sind in der Brandschutzrichtlinie über Brandmeldeanlagen der VKF enthalten.

4. Schluss

Seit der Einführung der neuen Brandschutzvorschriften der VKF über Brandmeldeanlagen verfügen die Errichterfirmen in der Schweiz über eine Reihe von griffigen Möglichkeiten, um Brandmeldeanlagen mit wesentlich besserem Verhalten bezüglich ungewollten Alarmen zu planen und einzubauen. Der Spielraum für die Errichterfirmen ist entscheidend grösser geworden. Die Einführung von liberaleren Brandschutzvorschriften allein genügt jedoch nicht, um die Fehlalarmproblematik anzugehen. Es braucht die konstruktive Zusammenarbeit aller Beteiligten wie Anlagebetreiber, Feuerwehr und Brandmeldefirma.

Ungewollte Brandalarme sind durch die Feuerwehr oder Anlagebetreiber auf deren Ursache abzuklären und der Errichterfirma unverzüglich zu melden. Letztere ist aufgefordert im Wiederholungsfall die Anlage im Sinne der neuen Vorschriften anzupassen. Trotz allen Anstrengungen ist auch in Zukunft kaum mit "fehlalarmfreien" Brandmeldeanlagen zu rechnen. Aber immerhin darf auf eine verbesserte Rate ungewollter Alarme gehofft werden.

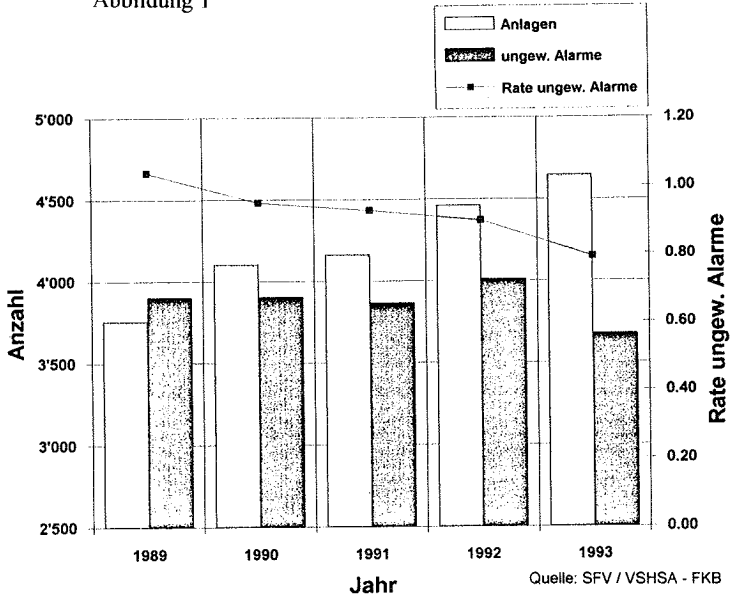
Bei allen Unannehmlichkeiten im Zusammenhang mit der Alarmproblematik dürfen wir jedoch den grossen Nutzen von Brandmeldeanlagen bezüglich Personen- und Sachwertschutz sowie Schutz vor Betriebsausfall nicht vergessen.

Unser im internationalen Vergleich erreichte hohe Sicherheitsniveau wird auch in Zukunft von allen Verantwortlichen einen bestimmten Arbeitsaufwand für den Brandschutz verlangen.

Anhang

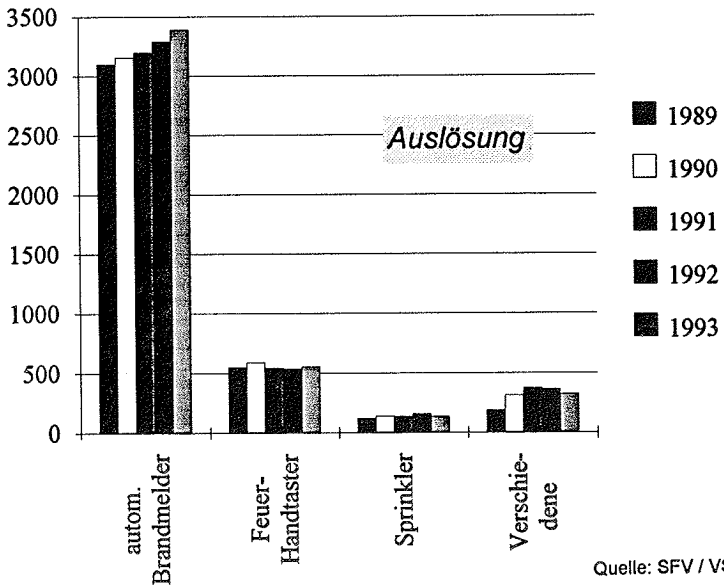
Abbildung 1

Alarmstatistik BMA - Alarmrate



Alarmstatistik BMA 1989 - 1993

Abbildung 2



Anhang

Abbildung 3 Alarmstatistik BMA 1989 - 1993

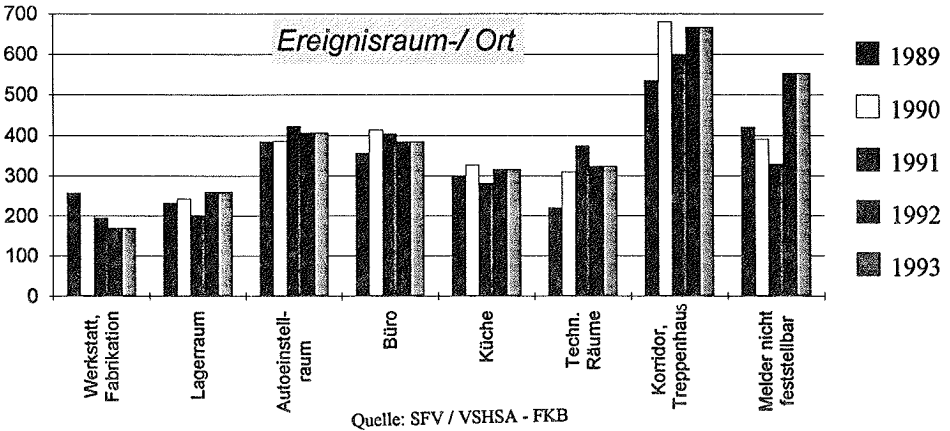
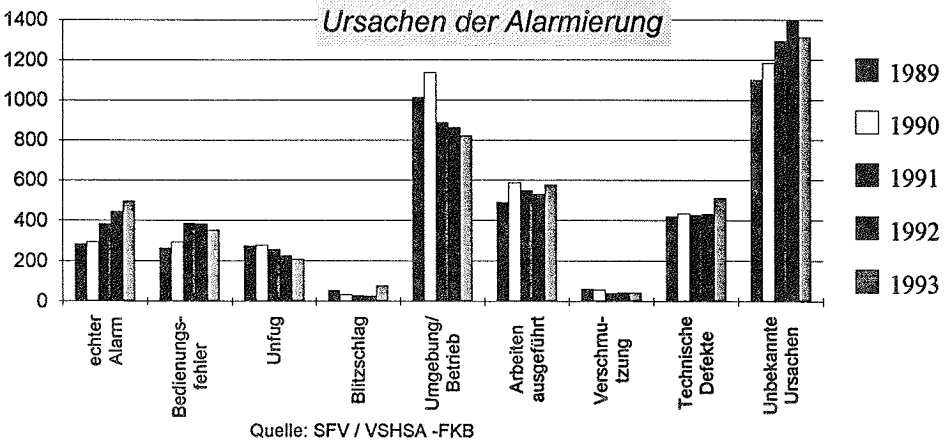


Abbildung 4 Alarmstatistik BMA 1989 - 1993



G. Beilicke
Fachhochschule Magdeburg, Magdeburg, Germany und
Ingenieurbüro für Brandschutz, Leipzig, Germany

Automatische Brandmeldetechnik in der DDR
- Entwicklung und Stand 1989 -

Abstract

The development and production of automatic fire detection equipment in the former GDR was, to a decided date, in quality and knowhow comparable with the average European standard. The volume of production of automatic fire detection systems was not in good correlation with the existing respectively reached level of research and development in this field. But the theoretic necessity developing automatic fire detection equipment was well known.

At the end of the 70th in the former GDR the research and development of automatic fire detection equipment in the whole was frozen in on the reached level.

The main reasons for problems caused in that decision resulted from a very small range of products and severe restrictions for their use on the other hand.

Altogether it can be pointed out that the situation of fire safety was improved to a certain amount with the available equipment in spite of the existing restrictions and lacks.

Vorbemerkungen

Die Entwicklung automatischer Brandmeldetechnik wurde in der DDR als ursprünglich unverzichtbare Notwendigkeit und als brauchbares Mittel zur Senkung der Brandschäden verstanden und aufgefaßt. Im Ergebnis entsprechender Untersuchungen und Brandberichtsauswertungen wurde nachgewiesen, daß die Brandschadenshöhe wesentlich von der Frist der ungehinderten Brandentwicklung beeinflußt wird. Diese Fristen

lassen sich in nennenswertem Umfang nur durch automatische Brandentdeckung verkürzen. Zum Stand der Entwicklung auf diesem Gebiet wurde bereits mehrfach berichtet.

Die Entwicklung automatischer Brandmeldetechnik wurde Ende der 70er Jahre in der DDR eingefroren und auf andere RGW-Bereiche verlagert.

Art und Umfang der verfügbaren automatischen Brandmelde- technik

In der DDR stand die nachfolgend aufgeführte automatische Brandmeldetechnik zur Verfügung, wobei hauptsächlich zwischen landeseigener Produktion und Produktion aus anderen Ländern des RGW zu unterscheiden war bzw. ist.

Die DDR-Produktion umfaßte sowohl Temperaturmelder (Grenzwertmelder und Thermodifferentialmelder) als auch Ionisationsmelder des VEB RFT Meßelektronik "Otto Schön" Dresden und des VEB RFT Fernmeldewerk Leipzig (Kombinat Nachrichtenelektronik "Albert Norden"). In begrenztem Umfang wurden Brandmeldezentralen produziert. Die Forschung auf dem Gesamtgebiet orientierte sich am internationalen Niveau, welches durch die Produktion des westlichen Auslandes repräsentiert wurde. Die Produktion von Meldern und Zentralen bzw. die Anwendung und der Verwendungszweck der Anlagen wurde durch restriktive Entscheidungen unterschiedlicher Art so beeinflusst, daß eine Deckung des Inlandbedarfes nicht erreicht werden konnte.

Weiterhin zur Anwendung gelangten überwiegend Melder und Brandmeldezentralen aus UdSSR-Produktion (Ionisationsmelder, teils mit integriertem Maximalmelderteil) und einzelt Melder (und Anlagen?) aus CSSR-Produktion (Tesla).

Die Entwicklung der Brandmeldezentralen aus DDR-Produktion wurde in geringem Umfang weiterbetrieben, die Produktionsfreigabe war jedoch von politischen Entscheidungen abhängig.

Anlagen und Melder aus der Produktion westlicher Länder gelangten nach vorliegendem Kenntnisstand in allgemeinen Wirtschafts- und Produktionsbereichen der DDR nicht zum Einsatz.

Anwendungsbereiche, Einsatzbedingungen und Anwendungsgrenzen

Die Anwendungsbereiche orientierten sich an den als gesellschaftliches Schutzbedürfnis formulierten Maßstäben. Hierunter waren vor allem allgemeine Sicherheitsbelange (z.B. Landesverteidigung, sogen. LVO-Vorhaben) und Bereiche des Personenschutzes sowie des Schutzes ideeller und herausragender materieller Werte zu verstehen. Die materiellen Werte wurden neben der reinen wertmäßigen Bestimmung vor allem auch in ihrer Gebrauchswertbestimmung und der Abhängigkeit von Importen bzw. den Auswirkungen auf Exporte festgelegt. Gleichermäßen hatte die Ausstattung von Exportanlagen (in den Bereich des RGW) mit Brandmeldetechnik Vorrang vor der Befriedigung des Inlandbedarfes.

Entscheidungskriterien für die Einsatznotwendigkeit der Brandmeldetechnik und vor allem den Umfang der technischen Ausstattungsstandards für automatische Brandmeldeanlagen wurden ab 1972 durch und in TGL 200-7099 "Drahtgebundene elektrotechnische Informationsanlagen zur Signalisierung der Gefährdung von Leben und Sachwerten" vorgegeben. Die Unterscheidung erfolgte in den Sicherheitsgraden 1 bis 4, wobei bei Sicherheitsgrad 4 die umfangreichsten Forderungen zu erfüllen waren.

Vorschriften für den zwingenden Einsatz von automatischer Brandmeldetechnik gab es für den zivilen Sektor nicht.

Probleme der verfügbaren Brandmeldetechnik

Als wesentliche Probleme erwiesen sich folgende Details:

- Die durch die Forschungseinstellung verursachte schmale Produktpalette und die Lieferengpässe in der Produktion.

- Durch nur eingeschränktes verfügbares Melderspektrum waren bestimmte Einsatz-/ Anwendungsfälle nur begrenzt realisierbar.
- Der Anschluß peripherer Geräte war nicht problemlos möglich (keine standardisierten Schnittstellen).
- Es existierte kein durchgängig organisiertes Wartungssystem; für die jeweiligen Sicherheitsgrade waren jeweils nur unterschiedliche Fachleute zugelassen. Daraus resultierte auch in gewissem Umfang eine nachlässige Haltung des jeweiligen Betreibers gegenüber der Anlage.
- Die mangelnde Produktbreite führte zu Fehleinsätzen bzw. zu nicht auf die konkreten Bedingungen angepaßte Anwendungsfälle mit nachfolgender Häufung von Fehl- und/oder Täuschungsalarmen.

Besonderheiten

Die sich aus der Forschungseinstellung Ende der 70er Jahre ergebende stetig wachsende Differenz zwischen Bedarf und Bedarfsbefriedigung sowie die wachsenden Komplikationen unterschiedlicher Art bei Importen aus sozialistischen Ländern führten zu Sonderentwicklungen außerhalb des durch Normen (TGL) abgedeckten Bereiches.

In dieser Folge entstanden zur Ausfüllung des Mangelbereiches Ersatzlösungen, die mit einfachen technischen Mitteln Brandeffekte - vorzugsweise Wärmewirkung auf Materialverhalten - zur Signalisierung entstandener Brände ausnutzten (Dederonfaden, Kontaktthermometer, luft- oder wassergefüllte Plaste- oder Gummischläuche usw.).

G. Timms, P. Johnson

Scientific Services Laboratory, Melbourne, Australia.

FIRE DETECTION SYSTEMS - SOME NEW PERFORMANCE CHALLENGES

ABSTRACT

The development of performance based fire safety design methods for buildings has focussed attention on a total evaluation of fire protection measures and the contribution of fire detection systems to safety as part of an overall building system. These issues of performance based design and integration of fire detection and other building systems are forcing manufacturers to consider new detection operating principles, performance objective and reliability criteria.

INTRODUCTION

In recent times, there has been a major thrust towards development of performance based engineering of fire safety for buildings and the protection of contents and equipment.

This has been highlighted by Deakin¹ who has suggest that the motivation for the performance rather than prescriptive approach is the need for more cost effective buildings. In particular, the economic benefits that come from the more flexible performance design process is evident in larger or more complex facilities.

Deakin¹ cites the work of ISO TC92 SC4 and its sub-committees working on performance based fire safety design as a key international development. Richardson² and Bukowski³ similarly acknowledge other international developments in performance fire engineering and, in some cases, quantitative

risk assessment. These include :

- . the draft British Standard on Fire Safety Engineering⁴
- . the new New Zealand Fire Engineering Design Guide⁵ developed in response to new New Zealand building regulations
- . the U.S. Fire Risk Assessment Method⁶ developed by National Fire Protection Research Foundation
- . the Japanese Fire Safety Design Method of Buildings⁷
- . the draft National Building Fire Safety Systems Code (NBFSSC) in Australia⁸

All of these documents have implications for the future development and use of fire detection equipment and manufacturers and standards writers need to be fully aware of these ongoing developments.

SYSTEMS APPROACH

An example in Australia highlights some of the implications that flow from performance based design. Recently, a new Fire Code Reform Centre (FCRC) has been launched in Australia to undertake research into building fire safety design. The A\$7.5 million research program is initially developing a 'Fire Engineering Guidelines' document. Later in the program will follow a full, quantitative, risk assessment based methodology for building design.

The first implication of this and other performance approaches is that the use or otherwise of fire detectors as part of a package of fire safety measures for a building or other application will depend on their 'contribution' to the overall performance of a building system to the threat of fire. If detectors do not provide the desired performance, then designers will be free to choose other options such as automatic sprinklers or reliance on occupant detection.

This flexibility to choose or not to choose fire detectors represents a whole new challenge to manufacturers that is already affecting other areas of fire

protection. Poor performance of complex smoke control systems and passive fire doors has seen their demise not only in new building regulations in Australia⁹ but also in risk based fire safety designs¹⁰. The result has been far less use of smoke control and some passive systems and major loss of business to some manufactures and contractors.

DESIGN OBJECTIVES

In the past, the design of fire detection devices and the standards for installation have been developed in isolation from their functional purpose.

The new performance approach where all fire safety measures are part of an overall building system leads to the fundamental question - for what purpose or safety objective is the detection sub-system being designed or installed? For example, there are a number of purposes for smoke detectors that may include :

- . initiation of an alarm for residential life safety
- . signalling an industrial fire brigade
- . actuation of a gaseous fire suppression system for a computer room
- . activation of a smoke control system in an atrium or shopping centre

Clearly the objective may be related to provision of warning of a fire to ensure life safety. On the other hand the primary objective may be property protection, eg in a process plant, or business interruption in a computer centre.

These different fire safety objectives demand different detection types and more recently we have seen the development of a wide range of detector mechanisms¹¹. We have also seen many advanced signalling protocols including research into fields such as neural nets¹². It is essential however that the manufacturer have a clear idea for what purpose his detector will be

used if it is to be properly applied and give reliable performance.

It is also critically important from a designer's point of view that the objective or reason why the fire detector is being installed is known. The choice of detection system is then made easier and is more logically seen as part of a building 'systems' approach.

INTEGRATION

Given that fire detectors are part of a fire safety system there is clearly a need to integrate the detection sub-system into a total package. This often means interfacing fire detection equipment with other sub-systems such as :-

- . mechanical services
- . alarm/warning devices
- . fire suppression equipment
- . door closers/shutters

This brings its own problems with the interface between electrical and mechanical services typically being the weak point in sub-systems such as smoke control. This means proper commissioning is paramount for what can become complex control systems.

Integration of fire detection and other equipment for a common and overall fire safety 'purpose' does not necessarily imply total integration of hardware. In fact, some installation codes such as AS1670¹³ specifically prevent physical integration as follows:

"The fire detection and alarm system shall be independent of any building control and monitoring systems (and)... shall be contained in its own enclosure(s). Interfacing is permitted (only) to provide data to the building monitoring system or to initiate automatic testing of the fire detection and alarm system".

This current AS1670 requirement for segregation has principally occurred in Australia because of bad experience in the past with building services engineers interfering with fire detection equipment. Fire detection and alarm sub-systems are usually tested and maintained by specialist fire alarm contractors. The advent of cheap microprocessors and other electronics has also reduced the economic need to physically integrate fire detection, security and building monitoring equipment.

PERFORMANCE

The shift to a fire engineering approach to building fire safety design has presented detector manufacturers with specific new challenges. For all fire detection systems, there is a requirement to predict detector performance in terms of :

- . time of operation
- . size of fire at alarm
- . probability of successful detection
- . minimum false alarm rates

This strategic direction is best expressed in a 1993 EGOLF Technical Report¹⁴ which states:

"The most important goal of any research in this area must be aimed at a better scientific understanding of the performance of detection and extinguishing systems in real fires. The information is needed in support of fire engineering approaches to the provision of fire safety and will allow an integrated approach to the problem of combining passive and active fire protection measures".

For heat detectors, the equations of Evans¹⁵ can be used, with some limitations, to estimate the time of operation and the fire size at this time. However, this is restricted to strong plume flaming fires with unconfined ceilings. For smoke detectors it appears that there is no reliable method for

determining performance for either smouldering or flaming fires. Fire engineers make use of very crude estimates of times to development of optical density of smoke from zone models.

The problem of determination of time of operation (and hence fire size and extent of damage) for detectors becomes even more pronounced for detectors used to activate smoke control systems. It would seem that research is needed to establish the time of operation of:

- . detectors on ceilings far from the fire and in large or irregular spaces such as atria or shopping malls - the use of a field model together with a better understanding of detector response would appear to be required.
- . smoke detectors in ducts, again often far from the fire source - in Australia, AS1668¹⁶ now requires operation of smoke detectors at 0.5%/m in ducts whereas the previous versions required operation at 10%/m.

RELIABILITY

Another driving force and motivation for fire detector manufacturers must be the new emphasis on reliability.

The approach up until recently has been limited to minimising false alarms through advanced signal processing using microprocessor technology.

However, the development of risk assessment based codes such as the NBFSSC⁸ in Australia which require probabilities of success in detection has created a new design objectives for manufacturers. If detectors do not have a high probability of successful operation in real fires, then fire engineers will choose other alternatives.

This is illustrated in the draft British Standard for Fire Safety Engineering⁴ where selected data is provided for use in probabilistic risk assessment. Some of the data, expressed as unavailability or failure to operate as designed, are shown in Table 1 below:

System Type	Unavailability
Sprinkler System	0.05
Gaseous System	0.06
Smoke Control	0.10
Heat and Smoke Detectors	0.10
Flame Detectors	0.24
Fire Doors	0.30

Table 1. Unavailability data⁴.

This importance of detector and other sub-system success is also highlighted in a previous paper by Johnson¹¹. Data on probability of success for smoke control sub-systems of 0.5 or less is contrasted with figures of 0.99 for sprinkler systems. This has been one of the reasons for support for sprinklers and substantial reduction in the requirements for smoke control in the latest amendment to the Building Code of Australia⁹.

STANDARDS

The emphasis on performance of detectors in real fires and the need for high probability of detection success suggest that major changes are needed to standards and test methods of laboratories.

Again, this is highlighted in the EGOLF report¹⁴. It suggests :

"The various types of detector heads are still tested using principles established many years ago which provide little or no data which is helpful to assess response time in real fires."

The Australian Standard AS1670¹³ is typical of many installation codes around the world that simply require detectors to be spaced in accordance with prescriptive rules. No reasons for determining the time of operation or fire size at alarm are provided.

We need standards and test methods that provide the data and the methodologies that allow fire engineers to design fire detection equipment to meet their performance objectives. Some test laboratories are also looking with renewed interest at Mean Time Between Failures (MTBF) and other methods to determine aspects of detector reliability.

SUMMARY

The international trend towards performance based fire engineering design has created new challenges for manufacturers of fire detectors. These include the need to:

- . understand that detectors are only part of a fire safety system for a building or facility
- . recognise the different objectives that designers might have for life safety, property protection and/or business interruption
- . develop methods that can establish detector performance in terms of time of operation, fire size at alarm and reliability
- . be aware that if detection equipment is not reliable, then fire engineers will choose other fire safety measures to meet performance objectives.

REFERENCES

1. Deakin, G. "Developments in Fire Safety Engineering in UK, Europe and Internationally", Inaugural Technical Meeting, Society of Fire Safety, IEAust, Melbourne, (1994).
2. Richardson, J.K., "Moving Toward Performance Based Codes", NFPA Journal, National Fire Protection Associations, May/June 1994.
3. Bukowski, R.W., "A Review of International Fire Risk Prediction Methods", Report of National Institute of Standards and Technology, (undated).
4. Draft British Standard Code of Practice, "The Application of Fire Safety Engineering Principles to Fire Safety in Buildings", Barnfield et.al., (1994).
5. Fire Engineering Design Guide, A.H. Buchanan, Ed., Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, July 1994.
6. Bukowski, R.W., Clark III, F.B., Hall Jr, J.R., Stiefel, S.W., "Fire Risk Assessment Method : description of Methodology", National Fire Protection Research Foundation, July 1990.
7. Report on the Development of Fire Preventive Designs for Buildings, Vols 1-4, Ministry of Construction, Tokyo, December 1994.
8. Microeconomic Reform, Fire Regulation, National Building Fire Safety Systems Project, Building Regulation Reform Task Force, Canberra, May 1991.

9. 'Building Code of Australia', 1990 Edition, Australian Building Codes Board, Canberra, 7th Amendment, (1994).
10. Johnson , P., "Risk Based Fire Engineering - The Way Ahead", Inaugural Technical Meeting, Society of Fire Safety, IEAust, Melbourne, (1994).
11. Johnson, P.F., "Very Early Smoke Detection for Computer and Telecommunications Industries", Fire Safety Journal, 14, (1988).
12. Okayama, Y., "Approach to Detection of Fires in Their Very Early Stage by Odor Sensors and Neural Net", Fire Safety Science - Proceedings of the Third International Symposium, Elsevier, (1991).
13. AS1670-1986, "Automatic Fire Detection and Alarm Systems - System Design, Installation, and Commissioning, Standards Australia, Sydney, (1986).
14. The European Group of Official Laboratories for Fire Testing (EGOLF), "A Framework for Research in the Field of Fire Safety in Buildings by Design", Gent, (1994).
15. Evans, D.D., and Stroup, D.W., "Methods to Calculate the Response of heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings", Report NBSIR 85-3167, National Bureau of Standards, Gaithersburg, (1985).
16. AS1668.1-1990, "The Use of Mechanical and Air Conditioning in Buildings, Part 1: Fire and Smoke Control", Standards Australia, Sydney, (1990).

H. Ishii, K. Kawamura, T. Ono
(Nihon University, Tokyo, Japan)
H. Megumi, A. Kikkawa
(Yamato Protec Co., Tokyo, Japan)

A Fire Detection System using Optical Fibers for Utility Tunnels

Abstract

In this paper we examine a fire detection system for utility tunnels on the basis of the fact that temperature distribution along an optical fiber can be determined through measurement of the Raman back scattering of the Stokes and anti-Stokes lights. This system can measure temperature distribution by scanning, with an accuracy of 5°C and 5 m., an optical fiber 2 km long in 30 seconds. We discuss how to locate the fire source and calculate its thermal energy from the temperature distribution data obtained, and consider whether the system can be applied to fire detection in utility tunnels.

1. Introduction

In this study we evaluate, by means of fire experiments in a model utility tunnel, a fiber-optic temperature sensing system capable of measuring the temperature distribution along a fiber, and discuss whether the system can locate a fire source accurately and so act as a practical fire detection system in tunnels.

If we can evaluate the thermal energy of a fire in a tunnel through the temperature distribution data obtained, we can not only distinguish an actual fire from a non-fire (such as a temperature rise due to welding at a construction site), but also decide the type of extinguishing operation necessary in regard to the size of the fire. Therefore we also discuss the geometrical coefficient of a utility tunnel that can be used to evaluate the thermal energy from the data obtained by the fiber-optic temperature sensing system.

2. Basic Characteristics of the Fiber-Optic Temperature Sensing System

It is known that when an optical pulse is applied to an optical fiber, part of the Raman scattering light goes back to the incident end. Among the back-scattering light are Stokes and anti-Stokes lights, whose intensity ratio is dependent only on the temperature, as shown in equation (1). Therefore, the temperature can be calculated by measuring this intensity ratio with the optical fiber transmission loss corrected[1,2].

$$\frac{I_a}{I_s} = \frac{(\nu_0 + \nu_r)^4}{(\nu_0 - \nu_r)^4} \exp\left[-hc\nu_r / kT\right] \quad (1)$$

- | | |
|---|--------------------------------------|
| I_a : Intensity of anti-Stokes light | I_s : Intensity of Stokes light |
| ν_0 : Wave number of incident light | ν_r : Wave number of Raman-shift |
| h : Planck's constant | c : Velocity of light in the fiber |
| T : Absolute temperature | k : Boltzmann's constant |

The fiber-optic temperature sensing system we used for this study generates optical pulses of a 910-nm wavelength from a semiconductor laser diode, measures the intensity data of Stokes light of about 870 nm and anti-Stokes light of about 950 nm, and calculates the temperature value with the optical fiber transmission loss corrected. The system uses OTDR (optical time-domain reflectometry) to determine the location of a fire source along the fiber. We used a graded-index multimode optical fiber with a core diameter of 50- μm and a clad diameter of 125 μm , sheathed with a stainless steel pipe. The fiber features a heat resistance of 150 °C and a light transmission velocity of about 2×10^8 m/sec. The system can measure distributed temperature up to 2 km away, with a distance resolution of either 1 or 5 m.

We measured the basic characteristics of the fiber-optic temperature sensing system, using a thermostatic water tank: temperature accuracy, reproducibility, sensitivity distribution, distance resolution, and response time. For response time, we made another measurement using a thermostatic wind tunnel because the ratio of the specific heats between the fiber and the medium around it affects the response time.

The results of the temperature accuracy test indicated that the temperature deviation of the system was within $\pm 3^\circ\text{C}$ and that the system had enough temperature accuracy to detect a fire. The temperature measurement reproducibility test was performed three times at the same heating positions and did not show any significant fluctuation in measurement, thus indicating no problem regarding reproducibility. The sensitivity distribution test showed a linearity at the respective heating positions with no rapid change of sensitivity with respect to distance.

The results of the distance resolution test showed that the temperature measurements matched the set temperature if the heated segment was longer than 5 m. That is, the distance resolution of the system was 5 m under these conditions. With a shorter pulse width, we obtained a distance resolution of 2 m. However, if the system needed a temperature accuracy of within $\pm 3^\circ\text{C}$, it took longer to complete the averaging operation: more than 30 seconds to scan a distance of 2 km, which is too long for any practical use of the system.

The response test of the system was performed with a thermostatic wind tunnel. For a wind speed of 1.8 m/s, the temperature measurement reached a constant value in about 30 seconds. From this result, the time constant of the system was calculated to be about 22 seconds, and the delay to be about 7 seconds.

The overall basic characteristics showed that the system can measure temperature distribution up to 2 km away within an accuracy of $\pm 3^{\circ}\text{C}$ and can be used to detect a tunnel fire.

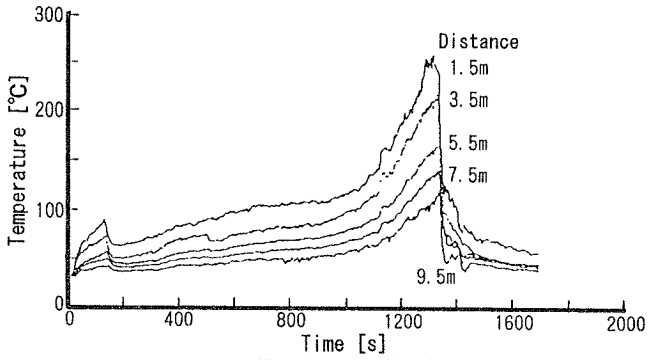
In order to confirm that the system can detect a fire in a cable tunnel, we performed a cable fire experiment, using a miniature tunnel of 60 cm high, 60 cm wide and 10 m long.[3] The tunnel contained CVV cables (polyvinyl chloride-insulated and -sheathed), CEE cables (polyethylene-insulated and -sheathed), and CEV cables (polyethylene-insulated and polyvinyl chloride-sheathed), a total of 30 cables in all, each having a diameter of 9.5 mm. The cables were bundled in 6 lines by 5 layers and fired by a burner.

Figure 1 shows the results of the temperature measurement obtained by the system and the results of the temperature and smoke density measurements obtained using thermocouples. The distributed temperature measurements from the system did not differ significantly from those from the thermocouples. Figure 1 also shows that the area of high temperature increases as the combustion of the cables spreads. This indicates that the system can be used to interpret the behavior of a spreading fire. The temperature measurements from the system were clearly different with respect to distance along the fiber, indicating that the system can locate the fire source from the temperature distribution data obtained. By contrast to this system, the smoke density data obtained from the smoke densitometers did not show clear differences with respect to distance. Smoke density cannot be used to locate the fire source. Therefore, the system seems to be effective for the detection of a fire in a cable tunnel.

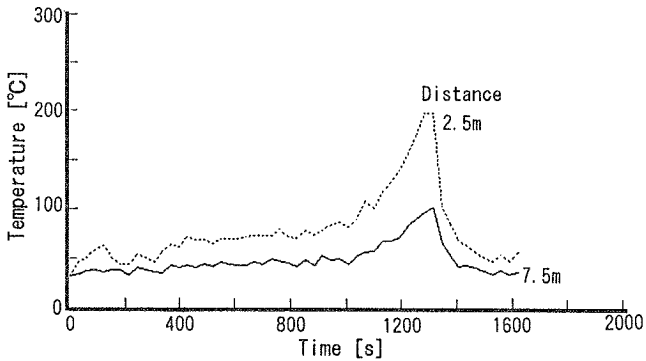
3. Evaluation of the Thermal Energy of a Fire Source

To evaluate the thermal energy of a fire source in a tunnel through the temperature distribution data obtained from the fiber-optic temperature sensing system, we made a fire experiment on a model tunnel using a liquid fuel whose combustion energy is known, and determined the geometrical coefficient of the tunnel which can be used to estimate the thermal energy.

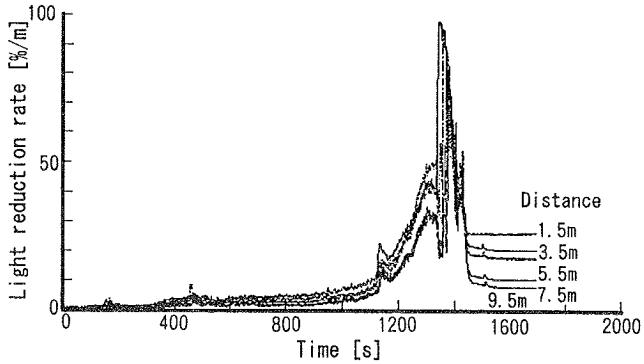
When a liquid fuel whose combustion energy is known is combusted, the thermal energy can be expressed as a function of the fuel weight loss by the combustion as in equation (2).



Temperature at ceiling (measured by thermocouples)



Temperature at ceiling (measured by fiber sensor)



Smoke density at ceiling

Figure 1 Temperature and Smoke Density at Ceiling

$$E = \int_0^{T_n} k \cdot G(t) dt \quad (2)$$

E: Thermal energy G(t): Fuel weight loss t: Time
k: Heat conversion coefficient T_n: Duration of combustion

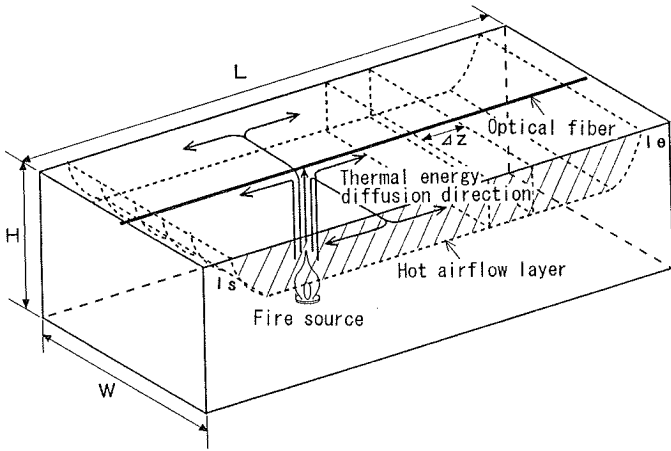


Figure 2 Thermal Energy Calculation Model

For a tunnel fire, the plumes of a fire rise and form a high temperature layer just beneath the ceiling. We may assume that the high temperature layer is formed up to a certain depth and then grows only toward the open ends of the tunnel. This can be modeled as shown in figure 2. We made the following assumptions:

- All of the thermal energy of a fire is supplied to the high temperature layer beneath the ceiling and the heat release from the ceiling and walls can be ignored.
- Because the fiber-optic temperature sensing system has a distance resolution of 1 or 5 meters, the temperature within this distance is uniform. The temperature distribution in the sectional direction of the tunnel is also uniform.
- As a fire grows, the high temperature layer penetrates toward the open ends maintaining a constant depth.

Under this assumption, the thermal energy can be expressed by equation (3).

$$E' = \beta \cdot \sum_{i=1}^{N_j} (\theta_i - \theta_0) \cdot D \cdot W \cdot \Delta Z \quad (3)$$

- E': Thermal energy
 β: Coefficient for conversion to thermal energy
 N_j: N_j=(l_e - l_s)/ΔZ, where (l_e - l_s) is the length of the high temperature layer
 (θ_i - θ₀): Temperature raise from the ambient temperature [K]
 D: Depth of the high temperature layer
 W: Width of the high temperature layer
 ΔZ: Distance resolution of the temperature measurement

The depth D of the high temperature layer depends on β, the tunnel height H and the wind speed U. If the conversion coefficient including the tunnel height and the wind speed is expressed as α(H, W, U) then equation (3) can be expressed by equation (4).

$$E' = \alpha(H, W, U) \cdot \theta_{sum} \quad \text{where} \quad \theta_{sum} = \sum_{i=1}^{N_j} (\theta_i - \theta_0) \cdot \Delta Z \quad (4)$$

From equations (3) and (4), we obtain the conversion coefficient α(H,W,U) as follows;

$$\alpha(H, W, U) = \frac{\int_0^{T_n} k \cdot G(t) dt}{\theta_{sum}} \quad (5)$$

Therefore, if we are able to determine the conversion coefficient α(H, W, U) for a particular tunnel, which depends on the tunnel geometry and the wind speed in the tunnel, we can evaluate the thermal energy of a fire source in that particular tunnel by measuring the temperature distribution of the high temperature layer beneath the tunnel ceiling.

Because it can be assumed that in the early stage of a tunnel fire the heat from the fire source forms a high temperature layer in a small amount of time, the heat release value Q [W] of the fire source can be expressed by equation (6).

$$Q = \frac{\partial E'}{\partial t} = \alpha(H, W, U) \cdot \frac{\partial \theta_{sum}}{\partial t} \quad (6)$$

4. Fire Experiments using a Model Tunnel

We performed fire experiments on several model tunnels of different height and width to examine the conversion coefficient $\alpha(H, W, U)$. Figure 3 shows the configuration of the tunnel fire experiment. The tunnel is 10.0 m long and made of plasterboard walls. We performed several experiments by changing the height H to 1.35 m, 1.82 m, 2.25 m, and 2.7 m with the fixed width of 1.82 m, and by changing the width W to 1.35 m, 1.82 m, 2.25 m, and 2.7 m with the fixed height of 1.82 m.

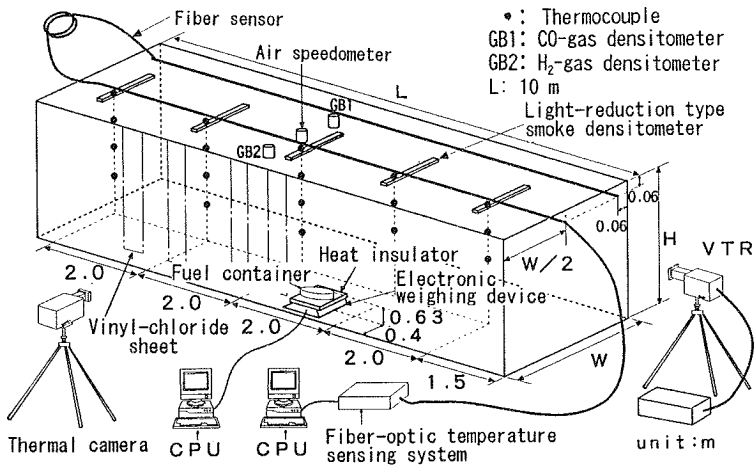


Figure 3 Configuration of Tunnel Fire Experiment

The optical fiber was placed both in the middle and at one side of the ceiling. An electronic weighing device of 0.1-g resolution was used to weigh the liquid fuel in combustion. To measure the distribution of the high temperature layer, we used a thermal camera. We also used C-A thermocouples (of 0.35-mm diameter) as a temperature sensor, smoke densitometers, a CO-gas densitometer, an H₂-gas densitometer, an air speedometer, and a video camera.

As a liquid fuel we used normal heptane whose combustion heat is known to be 48.2 kJ/g. We added toluene to normal heptane to make 4% of the total volume in order to generate smoke. The fire experiment was performed in a natural flow of air.

5. Experimental Results and Conversion Coefficient

Figure 4 shows temperature distribution along the tunnel measured by an optical fiber placed in the middle of the ceiling. Each curve shows the temperature distribution at a given elapsed time after the fuel was fired. From this figure, we can see that as time passes, the high temperature layer expands toward the open ends, and the hot air flows out of the open ends. With a flat ceiling, the temperature distribution at one side of the ceiling was the same as in the middle, indicating the temperature of the high temperature layer was uniform in the sectional direction of the tunnel.

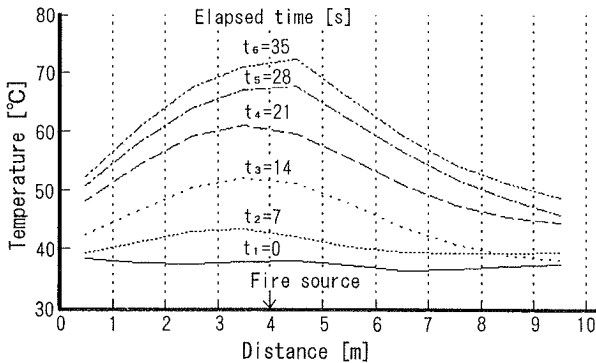


Figure 4 Temperature Distribution in Tunnel

To determine the thermal energy conversion coefficient of the tunnel, we calculated θ_{sum} , the summation of the temperature rise in the high temperature layer along the tunnel, within the range of the area where the hot air did not flow out of the open ends.

Figure 5 shows the relationship between the summation θ_{sum} and the thermal energy E that was calculated from the fuel weight loss $G(t)$, with respect to various tunnel heights with a fixed width of 1.82 m. As can be seen from the figure, the higher the tunnel is, the greater the conversion coefficient $\alpha(H, W, U)$ is. This is natural because when the tunnel becomes higher, the high temperature layer, or the layer of hot air, becomes deeper, and consequently the thermal diffusion volume becomes greater. The same results were obtained when the tunnel width was varied with a fixed height: the wider the tunnel is, the greater the conversion coefficient $\alpha(H, W, U)$ is. However, because the depth of the high temperature layer does not vary significantly, the conversion coefficient is less affected by the tunnel's height than by its width.

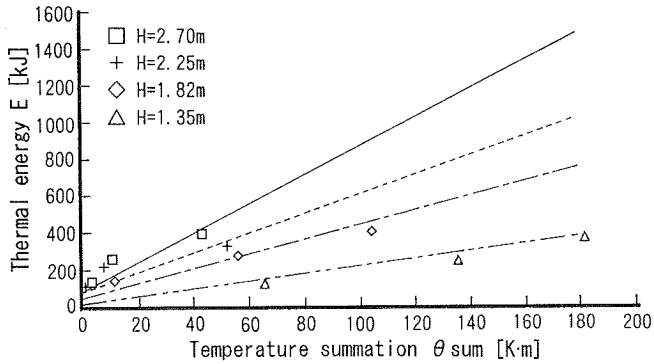


Figure 5 Thermal Energy vs. Temperature Summation
(with a constant tunnel width of 1.82 m)

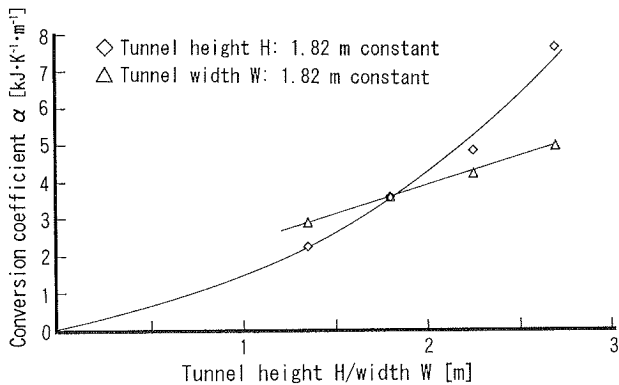


Figure 6 Conversion Coefficient vs. Tunnel Height or Width

Figure 6 shows the conversion coefficient $\alpha(H, W, U)$ calculated from the above results when the tunnel height was varied for a fixed width of 1.82 m and when the tunnel width was varied for a fixed height of 1.82 m. The figure indicates that, for a tunnel with a different geometry, if we determine in advance the relationship between the heat release value of the tunnel and the heat value of the high temperature layer at the ceiling of the tunnel by means of computer simulation, we can use the fiber-optic temperature sensing system not only to locate the fire source but also to evaluate the

heat value in the tunnel and the heat release value at a given time. For the computer simulation, we can use mathematical models[4,5] that have been proposed already in several studies on the behavior of smoke and hot airflow at a fire.

6. Conclusions

In this study, we have examined the applicability of a fiber-optic temperature sensing system to a cable tunnel fire and discussed estimates of the thermal energy and heat release value of a fire. We have clarified the following points:

- (1) With a distance resolution of within 5 m and a temperature accuracy of within 5°C, the system can scan a 2-km-long tunnel within 30 seconds and locate the fire source from the temperature distribution data obtained. Therefore, it may be used as a tunnel fire detection system.
- (2) For a tunnel fire, there is a constant relationship between the heat release value and the temperature of the high temperature layer at the ceiling. This relationship depends on the width and height of the tunnel and the wind speed.
- (3) The thermal energy of the fire source can be evaluated from the temperature distribution data measured and the conversion coefficient of the tunnel. It is also possible to estimate the heat release value per unit time at a given time.

References

1. Dakin, J.P., Pratt, D.J., Bibby, G.W. and Ross, J.N., "Distributed Antistokes Ratio Thermometry," Optical Fiber Sensors Conference, San Diego USA, 1985.
2. Ogawa, K., Ozawa, Y., Yamamoto, S., Kawakami, H. and Tsutsui, T., "Fiber Optic Temperature Laser Radar for Distributed Temperature Measurement," Hitachi Cable Review, No. 9, pp 21-26, 1990.
3. Ishii, H., Ono, T., Muroi, N., Sato, F., Kawano, T. and Megumi, H., "A Study of a Fire Behavior in a Miniature Simulation of a Cable Tunnel - from the viewpoint of fire detection," Bulletin of Japan Association for Fire Science and Engineering, Vol. 40, No. 2, pp 45-54, 1991.
4. Cooper, L.Y., A mathematical model for estimating available safe egress time in fires, Fire and Materials, No3, pp135-144, 1982.
5. Cox, G., and Kumar, S., Combustion Science and technology, Vol. 52, No.7, 1987.

H. Fissan, J. Dixkens, E. Otto

Gerhard Mercator Universität Duisburg, 47048 Duisburg, Germany

Particle Transport in Sampling Lines Used in Fire Detection Systems

Summary

For certain application areas in fire detection air sampling systems are used, which sample at different locations. The sucked in air is transported to one fire detector. The aerosol coming from a starting fire, transported to at least one of the openings of the pipe system is mainly modified because of non representative sampling at the intake, particle losses in the pipe and dilution by sucked in air from other openings.

In this paper we describe by model calculations these changes for a system designed by using design rules given by a manufacturer. It turns out that dilution is the most important factor. Only for very small but especially for very large particles ($>5\mu\text{m}$) the particle losses become important. A reduction in concentration by using a sucking system can be taken care off by reducing the alarm level of the detector if possible correspondingly. The alarm level for the investigated case has to be reduced to less than 1.8% of the alarm level without a sampling pipe system.

Einleitung

Die Entdeckung von Bränden mit Rauchmeldern erfolgt über die Reaktion der Melder auf Veränderungen physikalischer Eigenschaften des Raumaerosols bei einem beginnenden Brand. Die Reaktion ist im wesentlichen eine Funktion der Partikelanzahlkonzentration, ihrer Verteilung in Abhängigkeit von der Partikelgröße und einer spezifischen Gerätekonstanten /1/. Das Aerosol im Melder wiederum ist abhängig von Brandart und -verlauf sowie vom Transportprozeß im Raum und in das Meßvolumen des Melders hinein /2/.

Es ist in einigen Anwendungsfällen sinnvoll, das im Raum auftretende Aerosol über ein Luft-Probenahme- und Transportsystem zu einem entfernt installierten Melder zu bringen. In diesem Probenahme- und Transportsystem treten wiederum Prozesse auf, die das Aerosol und damit auch die Reaktion des Melders verändern.

In diesem Beitrag beschäftigen wir uns mit der Beschreibung und Erfassung dieser Veränderungen, um die sich dadurch verändernden Anforderungen an den Brandmelder abzuschätzen. Die Überlegungen werden an einem konkreten Beispiel eines ausgelegten Probenahme- und Transportsystems durchgeführt /3/.

Luft-Probenahme- und Transportsystem

In schwer zugänglichen Bereichen, wie hohen Lagerhallen und Theatern, oder innerhalb von Geräten (z.B. EDV-Anlagen), wo an vielen Stellen überwacht werden muß, aber auch in Räumen mit extremen Temperatur- oder Strahlungsbedingungen /4/,/5/ werden die Melder in einem kontrollierbaren Bereich untergebracht. Das die Information über den beginnenden Brand tragende Aerosol wird über ein Luft-Probenahme- und Transportsystem mit vielen Aerosolzugangsmöglichkeiten zum Melder transportiert. Diese Vorgehensweise bietet die Vorteile, daß Proben näher an den zu überwachenden Orten genommen werden können und zur Überwachung größerer Bereiche nur ein Detektor, der hochwertig sein kann und leicht kontrollierbar ist, benötigt wird.

In Abb. 1 ist das im folgenden näher untersuchte System dargestellt. Es können aus der Abbildung die Anordnung der Rohrleitungen und des Detektors sowie der Probenahmeöffnungen und ihre Abmessungen entnommen werden.

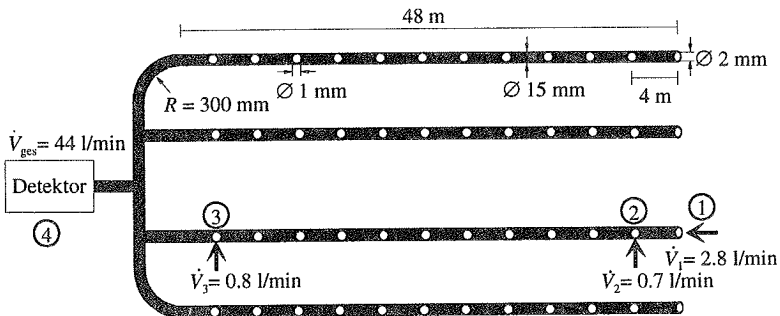


Abb. 1: Luft-Probenahme- und Transportsystem ausgelegt mit Aspire /3/.

Es werden die folgenden Fälle betrachtet:

- Es liegt das gleiche Brandaerosol an allen Probenahmeöffnungen vor.

- Das Brandaerosol tritt nur am Ende einer Rohrleitung ① auf.
(Die eigentliche Aufgabe des Loches in der Endkappe ist die Gewährleistung einer möglichst gleichmäßigen Probenahme an sämtlichen Probenahmeorten.)
- Das Brandaerosol tritt an der letzten Öffnung ② im Rohr auf.
- Das Brandaerosol tritt an der ersten Öffnung ③ im Rohr auf.

Ein Maß für die Güte des Systems ist die Sammeleffizienz E_s , die das Verhältnis aus Partikelanzahlkonzentration am Detektor ④ zu der des Brandaerosols in Abhängigkeit vom Partikeldurchmesser beschreibt. Die zu Veränderungen des Aerosols und somit auch der Sammeleffizienz beitragenden Prozesse sind:

- Partikelverluste bei der Probenahme.
- Verdünnung des Brandaerosols durch die zusätzlich angesaugte Raumluft.
- Veränderungen des Aerosols beim Transport durch interne, aerosoldynamische Prozesse. Darunter sind mögliche Veränderungen durch Kondensation, Verdampfung oder Koagulation zu verstehen. Diese Prozesse spielen eine zentrale Rolle während der Entstehung und dem Transport des Brandaerosols zur Probenahmestelle. Sie können an der Probenahmestelle selbst häufig als abgeschlossen angesehen werden und werden folglich hier nicht betrachtet.
- Partikelverluste an den Wänden während des Transports.

Im folgenden werden die Effekte, welche die Sammeleffizienz E_s beeinflussen, einzeln behandelt. Die Gesamtsammeleffizienz des Systems ergibt sich aus der multiplikativen Überlagerung der Einzeleffizienzen unter der Annahme, daß die einzelnen Effekte unabhängig voneinander betrachtet werden können.

Partikelverluste bei der Probenahme

Die Fähigkeit, Partikel bestimmter Größe ansaugen zu können, wird Aspirationseffizienz genannt. Sie hängt ab von den Abmessungen der Probenahmeöffnung, der Strömung des Brandaerosols an der Öffnung und der Absauggeschwindigkeit. Für die quantitative Betrachtung wird die Geometrie der Probenahme vereinfacht (siehe Abb. 2). die Löcher werden als dünne Sonden betrachtet, die in Strömungsrichtung oder quer dazu angeströmt werden.

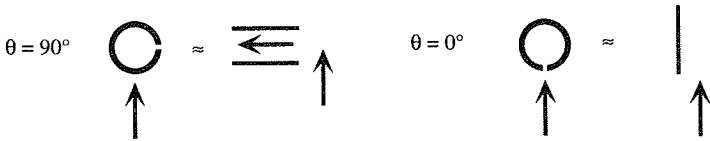


Abb. 2: Vereinfachung der Probenahme.

Die folgende Abbildung zeigt die mit dem Modell von Belyaev und Levin /6/ ermittelte Aspirationseffizienz E_a für eine gegen die Strömung ausgerichtete Sonde ($\theta = 0^\circ$) für zwei unterschiedliche Anströmgeschwindigkeiten v_a und den mit Aspire /3/ berechneten Absauggeschwindigkeiten der betrachteten Probenahmeöffnungen (siehe Tab. 1).

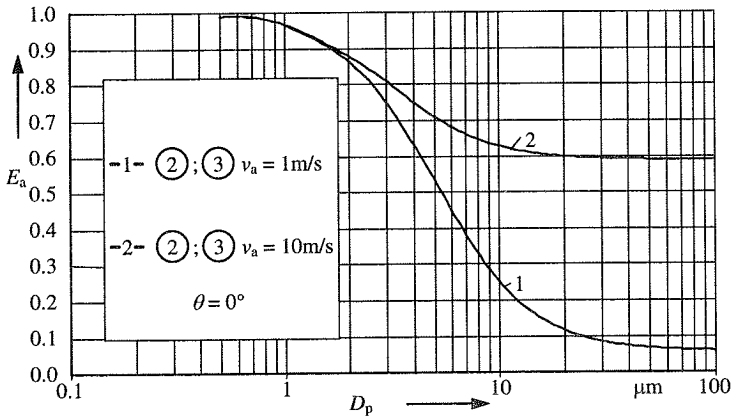


Abb. 3: Aspirationseffizienz bei einer Anströmung in Sondenrichtung ($\theta = 0^\circ$).

Bei einer Anströmgeschwindigkeit von $v_a = 1 \text{ m/s}$ gelangen weniger als 20 % der Partikel größer $20 \mu\text{m}$ in das Probenahmesystem. Bei einer Anströmgeschwindigkeit von $v_a = 10 \text{ m/s}$ ist die Aspirationseffizienz deutlich größer, da in diesem Fall die Absaugung der Isokenie (Geschwindigkeitsgleichheit) näher ist.

Zur Berechnung der in der folgenden Abbildung dargestellten Aspirationseffizienz für den Fall der quer angeströmten Sonde (siehe Abb. 2) wurde das Modell von Dixkens und Fissan /7/ verwendet.

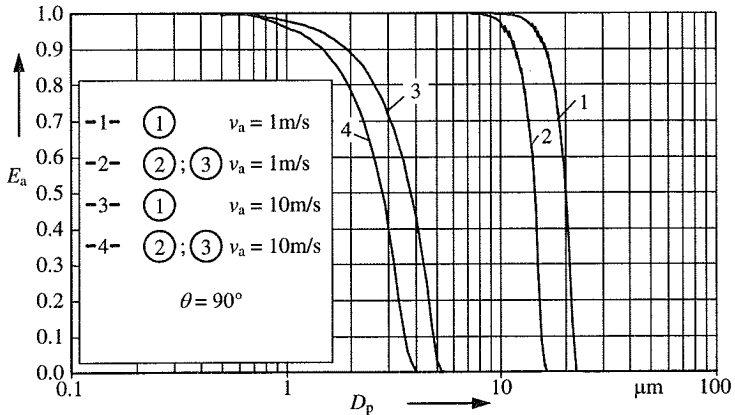


Abb. 4: Aspirationseffizienz einer Sonde quer zur Strömungsrichtung ($\theta = 90^\circ$).

Wie Abb. 4 zeigt, gelangen keine großen Partikel in die Ansaugleitung, da sie aufgrund ihrer großen Trägheit an den Ansaugöffnungen vorbeifliegen. Je größer die Strömungsgeschwindigkeit des Brandaerosols ist, um so mehr verlagert sich der Partikelgrößenbereich der in die Ansaugleitung gelangenden Partikel zu kleineren Partikeln hin. So werden z.B. bei einer Strömungsgeschwindigkeit von $v_a = 10\text{ m/s}$ keine Partikel die größer als $6\text{ }\mu\text{m}$ sind durch die Löcher des Ansaugsystems gesammelt. Für kleinere Anströmgeschwindigkeiten vergrößert sich die Aspirationseffizienz.

Verdünnung

Im Falle eines weit ausgebreiteten Brandaerosols, so daß an allen Probenahmeöffnungen das gleiche Brandaerosol vorliegt, kommt es zu keiner Verdünnung. In den anderen Fällen ist der Verdünnungsfaktor V direkt aus den Volumenströmen bestimmbar.

$$V = \frac{\dot{V}_{\text{Aerosol (1), (2) oder (3)}}}{\dot{V}_{\text{ges}}}$$

In Tab. 1 sind die mit Aspire /3/ berechneten Teilvolumenströme angegeben.

Probenahmestelle	③ Loch 1	② Loch 11	① Endkappe
Volumenstrom $\dot{V}_{\text{ges}} = 44 \text{ l/min}$	0.8 l/min	0.7 l/min	2.8 l/min
Verdünnungsfaktor V	55.00	62.86	15.71
Verdünnungseffizienz $E_{\text{Verd.}}$	1.82%	1.59%	6.36%
mittlere Verweilzeit	3.1s	59.7s	72s
Absauggeschwindigkeit v_s	16.98m/s	14.85m/s	14.85m/s

Tab. 1: Kenndaten des Probenahme-Transportsystem (nach Aspire /3/).

Das Verhältnis der am Detektor auftretenden Partikelanzahlkonzentration $C_{N(\text{Detektor})}$ zu der des Brandaerosols $C_{N(\text{Brandaerosol})}$ ergibt die Verdünnungseffizienz $E_{\text{Verd.}}$.

$$E_{\text{Verd.}} = \frac{C_{N(\text{Detektor})}}{C_{N(\text{Brandaerosol})}} = \frac{1}{V}$$

Für die betrachteten Probenahmeöffnungen berechnet das Programm Aspire /3/ die in Tab. 1 angegebenen mittleren Verweilzeiten. Diese Zeiten geben Aufschluß über die zu erwartenden Verzögerungszeiten der Reaktion eines Melders mit Probenahme- und Transportsystem sowie über die Aufenthaltsdauer der Partikel im Transportsystem, welche die Partikelverluste beeinflusst. Abb. 5 zeigt die schrittweise qualitative Veränderung der Verdünnung und damit verbunden der Geschwindigkeitsverhältnisse längs des Rohres.

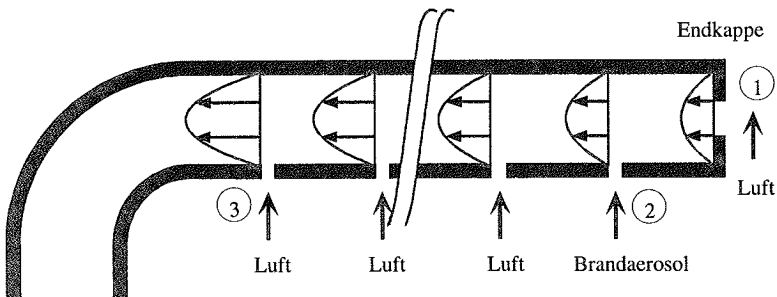


Abb. 5: Strömungsverhältnisse und Verdünnung.

Partikelverluste an den Wänden während des Transports

Partikel werden während des Transports an den Rohrwänden durch Diffusion, Thermophorese, Sedimentation und Trägheit in Krümmern abgeschieden. Es können unter Umständen auch elektrostatische Kräfte auftreten.

Die Partikelverluste im System durch elektrostatische Kräfte hängen stark von den elektrischen Eigenschaften des Rohrmaterials ab. Liegt ein elektrisch leitfähiges Rohrleitungsmaterial vor, so können keine statischen Ladungen auf ihm gebildet werden, und es treten keine Partikelverluste aufgrund dieses Effektes auf. Die meisten verwendeten Kunststoffe sind jedoch elektrisch nichtleitend. Eine modellmäßige Beschreibung dieses Prozesses ist nicht möglich, da die elektrostatische Aufladung der Oberfläche zufälliger Natur ist. Folglich muß hierfür auf experimentelle Daten zurückgegriffen werden. Die Auswirkung von Kunststoffrohren aus unterschiedlichen Materialien auf den Partikeltransport wurde von West /8/ untersucht.

Rohr : $l = 30.48\text{m}$ $d_i = 6.35\text{mm}$ $v = 20\text{m/s}$ Rohrtyp	Partikelverluste (%)	
	$D_p = 0.804 \mu\text{m}$	Umgebungsluft
Polypropylene-lined ethylene vinyl acetate (EVA)	90	50
Semirigid polyethylene	87	34
Ethylene propylene	83	28
Silicone	77	21
Polypropylene with no plasticizers	74	40
Flexible vinyl	46	56
Polyvinyl chloride (PVC)	35	64
PVC (VWR)	22	25
Conductive PVC (Belgian)	20	20
Polyester-elastomer-lined PVC	16	21
Conductive polyester-elastomer-lined PVC	8	18

Tab. 2: Elektrostatische Partikelverluste in Rohren aus unterschiedlichen Materialien

Da keine Daten für das hier untersuchte System vorliegen, wurde die weiteren Untersuchungen an einem metallischen Rohrmaterial durchgeführt, bei dem mögliche elektrische Effekte nicht berücksichtigt werden müssen.

Zur Abschätzung der Partikelverluste aufgrund der weiteren Effekte Diffusion, Thermophorese und Sedimentation wurde angenommen, daß das angesaugte Aerosol an der jeweiligen Probenahmeöffnung ①, ② oder ③ mit der im jeweiligen Rohr auftretenden Endgeschwindigkeit von 11 m/s transportiert wird. Dies führt zu einer Unterschätzung der Verluste.

Zur Abschätzung der Transportverluste durch Diffusion bei laminarer Strömung wurde das Modell von Gormley und Kennedy /9/ herangezogen. Die Diffusionsverluste für Partikel mit einem Durchmesser von $0.1\mu\text{m}$ sind für die drei Probenahmeorte gleich ($E_d \approx 98\%$). Für kleinere Partikel ergeben sich größere Diffusionsverluste. Für die Probenahmeorte ① und ② beträgt E_d z.B. für $0.01\mu\text{m}$ große Partikel 74%. Aufgrund der geringen Verweilzeit der Partikel vom Probenahmeort ③ erhöht sich die Diffusionseffizienz E_d auf 95%.

Besteht ein Temperaturgradient zwischen dem Brandaerosol und den Rohrwänden, so kommt es aufgrund der thermophoretischen Kraft zur Partikelabscheidung. Es wurde ein Temperaturunterschied von 30 K am Eintritt angenommen. Dieser ist nach 4 Metern ausgeglichen und die thermophoretischen Verluste sind folglich für alle Probenahmeorte gleich. Die thermophoretische Effizienz wurde mit dem Modell von Stratmann et al. /10/ ermittelt. Sie liegt bei $E_t \approx 96\%$ für Partikel kleiner als $0.1\mu\text{m}$ und erhöht sich auf ca. 99% für $10\mu\text{m}$ Partikel.

Die Verluste aufgrund der Sedimentation, welche nur große Partikel ($D_p > 1\mu\text{m}$) beeinflußt, wurden mit dem Modell von Hangal und Willeke /11/ berechnet. Die Effizienz E_g liegt für die gesamte Ansaugleitung mit einer Länge von $l=48\text{m}$ und einem Partikeldurchmesser von $10\mu\text{m}$ bei $E_g \approx 66\%$.

Weitere Verluste, die im gekrümmten Teil der Ansaugleitung durch Impaktion der Partikel an der Krümmerwand auftreten, werden mit dem Modell von Pui et al. /12/ erfaßt. Je größer ein Partikel ist, um so größer ist auch dessen Trägheit und damit die Wahrscheinlichkeit, daß es an der Krümmerwand impaktiert. Wird der Radius der Krümmung groß gewählt (20fache des Rohrradius), so beträgt z.B. die Effizienz des

Krümmers für Partikel mit einem Durchmesser von $10\mu\text{m}$ $E_k = 96\%$. Für größere Partikel und kleinere Krümmungsradien sind die Verluste entsprechend höher.

Die Überlagerung der hier vorgestellten Effizienzen ohne Verdünnung ergibt die Sammeleffizienz des Ansaugsystems E_p . Die Verdünnung ist unabhängig von der Partikelgröße und reduziert die Sammeleffizienz des Systems E_p um den Faktor $1/V$.

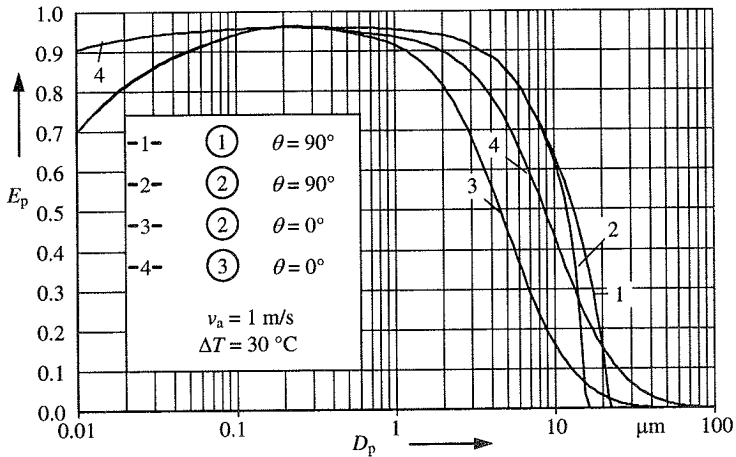


Abb. 6: Sammeleffizienz des Ansaugsystems ohne Verdünnung

Bei einer Anströmgeschwindigkeit von $v_a = 1\text{ m/s}$ erreichen ca. 96% der Partikel mit einem Durchmesser zwischen $0.1\mu\text{m} < D_p < 1\mu\text{m}$ den Detektor. Für kleinere und größere Partikel wird die Sammeleffizienz kleiner. Sie liegt je nach Probenahmeort und Anströmrichtung für eine Partikelgröße von $0.01\mu\text{m}$ zwischen $70\% < E_p < 92\%$ und für $10\mu\text{m}$ große Partikel zwischen $62\% < E_p < 84\%$ ($\theta = 90^\circ$) und $16\% < E_p < 43\%$ ($\theta = 0^\circ$). Bei einer erhöhten Anströmgeschwindigkeit v_a verringert sich die Sammeleffizienz E_p im Bereich $1\mu\text{m} < D_p < 10\mu\text{m}$ (siehe Abb. 3 und Abb. 4).

Die reduzierte Sammeleffizienz des Probenahme- und Transportsystems kann durch den Einsatz eines Detektors mit entsprechend niedriger Alarmschwelle ausgeglichen werden. Der Faktor, der die notwendige Absenkung beschreibt, ist gleich der

Sammeleffizienz $E_s = E_p \cdot E_{\text{verd}}$, die in Abb. 7 in Abhängigkeit von der Partikelgröße für die Absauggeschwindigkeit $v_a = 1 \text{ m/s}$ dargestellt ist.

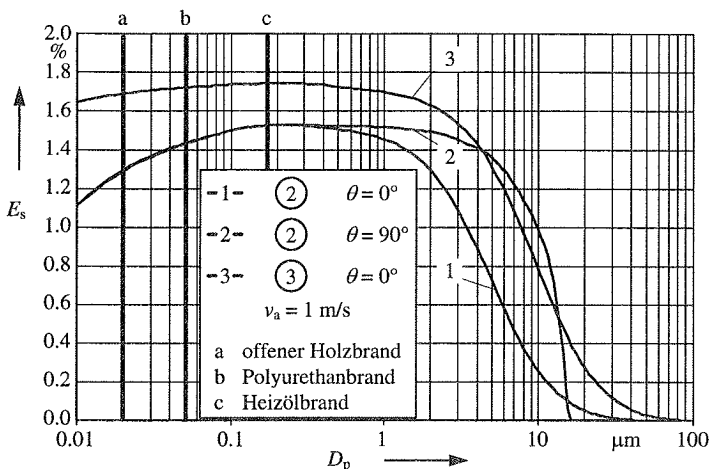


Abb. 7: Benötigte Alarmschwellenabsenkung für einen Detektor, bei gleicher Empfindlichkeit des Gesamtsystems.

Den wesentlichen Beitrag zur notwendigen Absenkung der Alarmschwelle auf unter 1.8% liefert die Verdünnung. Die Veränderungen des Aerosols im Probenahme- und Transportsystem werden insbesondere bei großen Partikeln bedeutsam. Zur Festlegung der notwendigen Absenkung muß die Partikelgrößenverteilung des Brandaerosols berücksichtigt werden. Die durchgezogenen senkrechten Linien entsprechen mittleren Partikeldurchmessern verschiedener Brandaerosole /13/. Es zeigt sich, daß zumindest die mittleren Durchmesser dieser Brandaerosole im nahezu konstanten Bereich des Reduzierungsfaktors liegen.

Literatur

- /1/ Helsper, C.; Fissan, H.; Muggli, J.; Scheidweiler, A.: Verification of Ionization Chamber Theory. Fire Technology, 19(1), S. 14-21, 1983
- /2/ Fissan, H.; Helsper, C.: Zur Reaktion von Rauchdetektoren auf Brandkenngrößen. Internationales Vortragsseminar AUBE 82, Duisburg, 1982
- /3/ Aspire: VESDA Sampling Pipe Aspiration System Modelling Program 1992
- /4/ VESDA E7000 Systembeschreibung: Firma Wagner Alarm- und Sicherungssysteme
- /5/ Bartz, H.; Fissan, H.: Size and activity distributions of aerosols in the turbine building of a boiling-water-reactor plant. J. Aerosol Sci. 16(5), S.437-442, 1985
- /6/ Belyaev, S.P.; Levin M.: Techniques for Collection of Representative Aerosol Samples. J Aerosol Sci. 5(4), S.325-338, 1974
- /7/ Dixkens J. und Fissan H.: Entwicklung einer quer angeströmten Sonde zur Partikelprobenahme aus vertikalen Rohrströmungen. Erscheint in: Staub-Reinhaltung der Luft, (4), 1995
- /8/ West, J.: Particle Loss in Various Types of Tubing; Microcont. Nov. 1985
- /9/ Gormley, P.; Kennedy, M.: Diffusion from a Stream Flowing Through a Cylindrical Tube. Proceedings of the Royal Irish Academy 52A: S. 163-169, 1949
- /10/ Stratmann, F.; Otto, E.; Fissan, H.: Thermophoretical and Diffusional Particle Transport in Cooled Laminar Tube Flow. J Aerosol Sci. 25(7), S. 1305-1319, 1994
- /11/ Hangal, S.; Willeke, K.: Aspiration Efficiency: Unified Model for All Forward Sampling Angles. Environmental Sci. and Technology, 24(5), S.688-691, 1990
- /12/ Pui D., Romanay-Novas F. and Liu B.: Experimental Study of Particle Deposition in Bends of Circular Cross Section, Aerosol Sci. and Techn., 7(3), S.301-315, 1987
- /13/ Pistor, M.: Ein Meßsystem zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung von Testbrandaerosolen. Dissertation an der Universität Duisburg, 1978

O. W. Moser

Siemens AG, Bereich Anlagentechnik, München, Deutschland

ZENTRALE INTELLIGENZ - NUR EIN SCHLAGWORT?

Abstract

In fire alarm systems incorporating „central intelligence“, sensors decentrally measure physical fire characteristics. This information is transmitted as analogous values unadulterated to the control and indicating equipment, where it is efficiently analyzed by an intelligent evaluation circuit. Fire alarm systems containing analogous data transmission and central signal processing offer improved detection capability and notably less false alarms than conventional fire alarm systems. In addition, they open a wide range of advantages that will only be possible with central signal processing -- options not available to systems with decentralized signal processing. Diagnostical and analytical features alleviate troubleshooting and enable very simple adjustments of system parameters in accordance with customer applications in every system - even subsequently.

Einleitung

Brandmeldeanlagen mit automatischen Meldern schützen Menschenleben, vermeiden Umweltkatastrophen und erhalten Sachwerte. Neben dem Personenschutz gewinnen gerade in unserer vom technischen Fortschritt geprägten Zeit Brandschutzmaßnahmen bedingt durch die ständig zunehmende Wertkonzentration im industriellen Bereich, in Fertigungsstätten, in Datenverarbeitungsanlagen, aber auch in Büros enorm an Bedeutung - zur Sicherung von Produktionsabläufen sowie zum Schutz von geistigen und materiellen Werten.

Voraussetzung für einen wirksamen Schutz ist das frühe und zuverlässige Erkennen eines Brandes. Ein rechtzeitig erkannter Brand kann von der rasch alarmierten Feuerwehr gelöscht werden, ohne daß ein großer Schaden durch das Feuer oder bei

den Löscharbeiten entsteht. Um andererseits die Feuerwehren nicht unnötig zu belasten, dürfen möglichst wenig unechte Alarmer auftreten. Deshalb haben sich Brandmeldeanlagen im Laufe vieler Jahre zu hochkomplexen Systemen entwickelt und bewahren durch bessere Unterscheidung zwischen echten Brandsignalen und Täuschungsgrößen die Feuerwehren vor vielen unnötigen Einsätzen. Mit technologisch ausgereiften Geräten wird dies durch eine höherwertige Verarbeitung der einzelnen Sensormeßgrößen erreicht. Diese kann entweder „dezentral“ in jedem einzelnen Melder oder aber für viele Melder „zentral“ an einer oder an nur wenigen Stellen in einer Brandmeldeanlage durchgeführt werden.

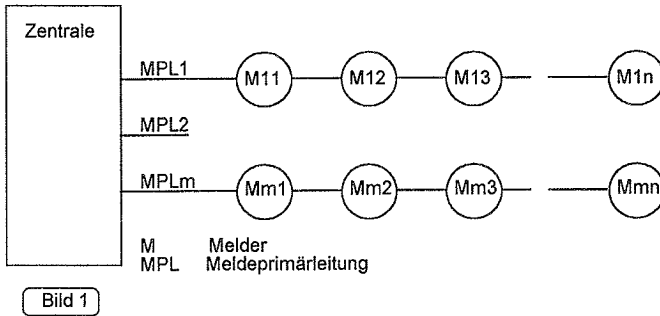
Dezentral oder zentral

In allen Brandmeldesystemen erfolgt die Erfassung der physikalischen Brandkenngrößen dezentral. Bewährte Sensorprinzipien messen am Entstehungsort Rauch, Temperatur oder Flammenstrahlung und wandeln diese in ein weiterverarbeitbares bzw. übertragbares Signal um, beispielsweise in einen elektrischen Strom oder eine Spannung.

Aber nur in Ausnahmefällen sind komplette Brandmeldesysteme völlig dezentral aufgebaut. Als zwei typische Beispiele dafür seien hier Brandmelder für den Haushaltsbereich bzw. für Türschließer-Anwendungen genannt, bei denen Sensoren zur Brandentdeckung, Auswerteelektronik, Stromversorgung, Alarmierungsmittel und Steuerausgänge innerhalb desselben Gehäuses dezentral angeordnet sind. Solche Geräte arbeiten zumeist unabhängig voneinander und haben nur selten eine Verbindung zu einer zentralen Stelle.

Brandmeldeanlagen, wie sie üblicherweise im industriellen Bereich eingesetzt werden, bestehen nahezu immer aus dezentralen und zentralen Systemkomponenten. Bild 1 zeigt schematisch eine solche Brandmelderzentrale, an die über mehrere überwachte Meldeprimärleitungen Melder angeschlossen sind, die die zu schützenden Räume dezentral ununterbrochen und automatisch auf das Auftreten von Brandkenngrößen überwachen. Das von den Sensoren gemessene Signal wird anschließend durch eine "Entscheidungsintelligenz" bewertet, die entweder "dezentral" im Melder oder "zentral" in der Zentrale angeordnet sein kann. Als Ergebnis entstehen letztendlich einige wenige Kriterien wie Ruhe, Alarm oder Störung, die nahezu in allen Anlagen immer

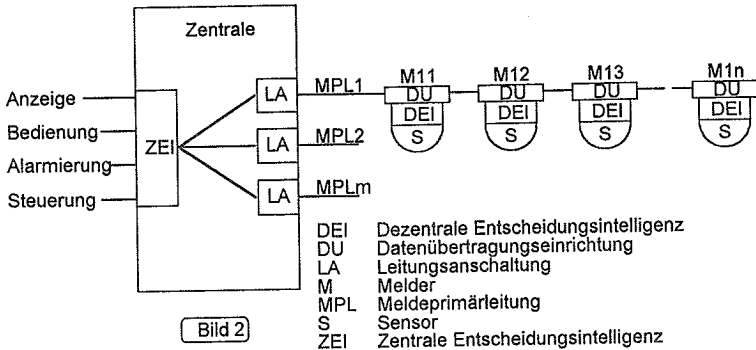
schon von einer "einfachen" Entscheidungsintelligenz in der Zentrale weiterverarbeitet werden.



So erfolgt hier beispielsweise die Alarm- oder Störungsanzeige, die örtliche Alarmierung, die Meldungsweiterleitung zur Feuerwehr sowie die Ausführung verschiedenster Steueraufgaben. Dazu gehören auch die bekannten Maßnahmen zur Falschalarmreduzierung wie Verknüpfung mehrerer Meldesignale (Mehr-Linien- oder neuerdings Mehr-Melder-Abhängigkeiten), Alarmzwischenspeicherung oder Alarmorganisation.

Bei modernen Brandmeldesystemen weisen die Begriffe "zentral" oder "dezentral" meist darauf hin, wo die Entscheidungsintelligenz installiert ist, die die von den Sensoren ermittelten Meßwerte untersucht und bewertet.

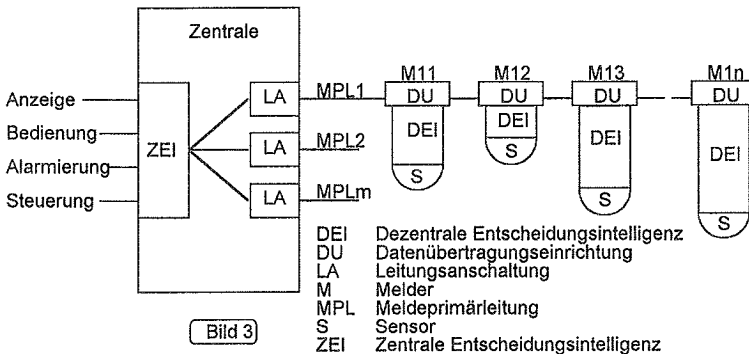
Herkömmliche Grenzwertmeldesysteme (Bild 2) haben dezentrale Entscheidungsintelligenz, die Sensormeßwerte werden vor Ort im Melder mit einem fest vorgegebenen Grenzwert verglichen. Vom Ruhezustand abweichende Ereignisse wie Alarm oder Störung werden dann in der Regel als Stromänderung über die Meldeprimärleitung zur Zentrale übertragen. Der dafür benötigte Datenkanal zwischen Meldern und Zentrale kann sehr schmal sein, da nur wenige Informationen übertragen werden müssen.



Nur sehr wenige Melder kommen jemals in die Lage, Brandkenngößen zu detektieren, die von einem echten Schadenfeuer verursacht werden. Dagegen wirken abhängig von den Einsatzbedingungen ständig verschiedene Stör- und Täuschungsgrößen - Umwelteinflüsse wie Staub, Feuchtigkeit, Luftströmungen, elektromagnetische Einflüsse, Rauch von Nutzfeuern (z.B. Zigarren- oder Pfeifenrauch), Autoabgase und ähnliches - in gleicher Weise auf alle Sensoren. Ein guter Melder muß also einerseits auf Brände schnell und zuverlässig reagieren, darf aber durch die genannten Störeinflüsse keinen "unechten" Alarm verursachen. Und gerade wenn es um die Unterscheidung zwischen echten oder falschen Alarmen geht, wird eine hochwertige Entscheidungsintelligenz benötigt. Ein einfacher Grenzwertmelder mit reiner Schwellenauswertung ist dabei häufig überfordert. Es werden Einrichtungen für eine aufwendigere Signalverarbeitung benötigt, die nun entweder dezentral in jedem einzelnen Melder oder aber in vorteilhafter Weise für eine Anzahl von Meldern gemeinsam in der Zentrale angeordnet sein können.

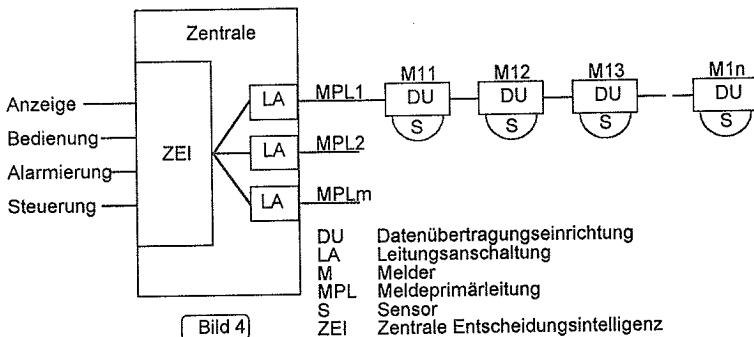
Zentrale Intelligenz reduziert Falschalarme

Die Qualität einer Brandmeldeanlage wird wesentlich durch die Entscheidungsintelligenz bestimmt. Diese hängt ausschließlich von der Bearbeitungstiefe und der Güte der verwendeten Bearbeitungsalgorithmen, also von der Leistungsfähigkeit der Datenverarbeitung, keineswegs aber von der Zahl oder vom Ort der Verarbeitungseinheiten ab. Eine gute Datenverarbeitungsanlage in der Zentrale leistet dabei wesentlich mehr als viele leistungsschwache "Rechner", z.B. in jedem einzelnen Melder.



Brandmeldeanlagen mit dezentral im Melder angeordneter Meßwertverarbeitung (Bild 3) haben heute einen hohen Stand an Zuverlässigkeit und Detektionssicherheit erreicht. Dabei weist jeder Melder neben seinem Sensor eine mehr oder weniger aufwendige Entscheidungsintelligenz auf. Eine weitere Verbesserung ist nur mit hohem technischem Aufwand in jedem Melder, z.B. durch leistungsfähige Mikrorechner für eine höherwertige Signalanalyse und -verarbeitung oder durch Verknüpfung unterschiedlicher Sensorprinzipien möglich. All die dafür benötigten zusätzlichen Komponenten führen neben höheren Kosten auch zu einer nicht zu vernachlässigenden Anhebung des Energieverbrauchs und zu einer höheren Ausfallhäufigkeit.

Weiters gehört es heute zum Stand der Technik, daß Melder auf einer Meldeprimärleitung einzeln adressierbar und ansteuerbar sind und neben ihren eigentlichen Meldungen für die Branderkennung noch zusätzliche Daten für Wartung und Diagnose mit der Zentrale austauschen können. Dafür ist in jedem Fall ein breiterer Datenkanal als bei herkömmlichen Grenzwertmeldern erforderlich, der dann, wenn er ohnehin benötigt wird, natürlich ohne allzu großen Mehraufwand so dimensioniert werden kann, daß er auch für eine kontinuierliche Meßwertübertragung geeignet ist. Wie Bild 4 zeigt, kann auf diese Weise die große Anzahl von Meldern möglichst einfach gestaltet werden, da diese - natürlich weiterhin dezentral - „nur“ physikalische Brandkenngrößen messen und mit einem geeigneten Datenübertragungsverfahren ihre Meßwerte unverfälscht in analoger Form zusammen mit der Melderadresse an die Zentrale übertragen.



In der Zentrale, also nur einmal oder an wenigen Stellen in jeder Brandmeldeanlage, bearbeitet eine entsprechend leistungsfähige Datenverarbeitung die Meßwerte der einzelnen Sensoren. Hochwertige Auswerteverfahren sorgen dabei für eine deutliche Reduzierung von Falschmeldungen. Zuverlässige Melder, die mit wenigen Bauteilen auskommen, tragen wesentlich zur Erhöhung der Ausfallsicherheit bei. Auf diese Weise kann ein kostengünstiges und zukunftssicheres Anlagenkonzept realisiert werden, bei dem durch sinnvolle Systemgestaltung trotz deutlich höherer Leistungseigenschaften auf die anerkannten Vorteile herkömmlicher "einfacher"

Grenzwertmeldesysteme wie Zweidrahtleitung mit Energie- und Informationsübertragung, keine individuelle Adresseinstellung, niedriger Stromverbrauch - um nur einige zu nennen - nicht verzichtet werden muß.

Die notwendige Rechenleistung wird dabei einmal in der "bequemen", von Energie-, Stör- und sonstigen Umweltproblemen weitgehend freien Zentrale installiert und muß nicht auf dutzende, hunderte oder tausende von Meldern verteilt werden. Damit steht eine zentrale Rechenleistung zur Verfügung, die in Summe auch dann nicht erreicht werden kann, wenn jeder einzelne Melder mit einer eigenen Datenverarbeitung ausgerüstet wird - eine wichtige Voraussetzung für eine hochwertige Signalanalyse zur Vermeidung von Falschalarmen. Darüber hinaus sind einige wesentliche Eigenschaften überhaupt nur mit zentral verarbeitenden Systemen realisierbar. Dazu gehören in erster Linie die detaillierte Analyse von bereits installierten Anlagen sowie die Möglichkeit, Auswertelgorithmen, auch nachträglich, anzupassen oder zu optimieren.

Die Zuverlässigkeit der Anlage wird durch diese "Zentralisierung" nicht beeinträchtigt, da auch heute schon in nahezu allen Anlagen wichtige Funktionen wie Alarmierung, Hauptmelderauslösung u.a. nur einmal zentral vorhanden sind und hier immer schon geeignete Maßnahmen gegen Ausfälle getroffen wurden.

Zentrale Intelligenz bringt dem Anwender Vorteile

In Brandmeldesystemen mit Analogwertübertragung und zentraler Meßwertverarbeitung werden die Brandkenngrößen aller angeschlossenen Sensoren unverfälscht zur Zentrale übertragen. Erst dort werden sie betriebsmäßig durch ausgeklügelte Auswerteverfahren in die Kriterien Ruhe, Alarm oder Störung umgesetzt. Durch Vergleich des momentanen Signalverlaufes mit einem Erfahrungsschatz, bestehend aus echten Brandverläufen und möglichen Täuschungs- bzw. Störgrößen, können noch sicherer Falschalarmsituationen erkannt und ausgefiltert werden. Diese Verfahren können sowohl für jeden einzelnen Sensor als auch für Gruppen von physikalisch unterschiedlichen oder räumlich anders angeordneten Sensoren Anwendung finden.

Multisensoren messen zusätzlich zu den klassischen Brandkenngrößen wie Rauch, Temperatur oder Flammenstrahlung auch Umweltgrößen, beispielsweise Luftfeuchtigkeit, Luftdruck oder Helligkeit. Kombiniert mit den Signalen der vom Intrusionsschutz her bekannten Bewegungssensoren können unerwünschte Alarme weiter reduziert werden. So kann die Empfindlichkeit eines Frühwarn-Rauchmelders deutlich reduziert werden, wenn in dem zu überwachenden Bereich die Anwesenheit von Personen erkannt wird. Über den Brandschutz hinaus können natürlich solche Sensorsignale auch für andere Anwendungen im Rahmen der Gebäudetechnik, z.B. für ein Energiemanagementsystem, mitbenutzt werden.

Flächenalgorithmen dagegen vergleichen und bewerten die Signale mehrerer räumlich verteilter gleichartiger oder unterschiedlicher Brandsensoren. Ihre falschalarmmindernde Wirkung beruht darauf, daß Störgrößen normalerweise nur einzelne Melder, echte Schadensereignisse dagegen fast immer mehrere Melder in dem Überwachungsbereich beeinflussen. Durch sinnvolle Wahl der Auswerteparameter kann so der Stör-Nutzabstand bei gleichzeitiger Verbesserung der Detektionsleistung bei echten Bränden deutlich vergrößert werden.

In Brandmeldeanlagen mit „zentraler Intelligenz“ ist jeder Melder ein echter „Meßmelder“. Neben der bestimmungsgemäßen Branddetektion können so in der scharfgeschalteten Zentrale rückwirkungsfrei Signalverläufe einzelner oder aller Sensoren unter echten, normalen oder extremen Betriebsbedingungen registriert und erforscht werden.

Dies erleichtert erheblich die Ursachenforschung bei sporadischen Falschmeldungen oder Störungen in bereits in Betrieb befindlichen Anlagen. Aus den so gesammelten zeitlichen Meßwertverläufen kann, ohne daß ein erneuter Falschalarm oder eine Störung abgewartet werden muß, auf mögliche Ursachen geschlossen und diese, bzw. deren Auswirkungen auf die Meldeanlage, beseitigt werden.

Bei herkömmlichen Meldesystemen, die nach Meßwertverarbeitung dezentral im Melder nur Kriterien zur Zentrale weitermelden, ist es dagegen unvergleichlich schwieriger und zeitaufwendiger, Ursachen für Falschmeldungen zu ermitteln. Nur durch großen apparativen und montagetechnischen Aufwand, wie Anbringung von zusätzlichen Meßmeldern und Registriergeräten vor Ort, kann hier Abhilfe geschaffen werden.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist in der Parametrierbarkeit der Brandmeldeanlage, also in der Anpassung an spezielle Kundenbedürfnisse zu sehen.

Brandmeldeanlagen - Melder, Auswerteverfahren und Zentralen - sind so ausgelegt, daß sie einerseits die geltenden Richtlinien erfüllen, andererseits aber möglichst universell einsetzbar sind und somit die Schwerpunkte aller Kundenanforderungen abdecken. Dennoch werden kompetente Anlagenhersteller in letzter Zeit immer häufiger mit davon abweichenden, deutlich schwierigeren Einsatzfällen konfrontiert. Diese können durch Umgebungseinflüsse oder durch betriebsmäßig auftretende Störgrößen bedingt sein.

Mit einer Brandmeldeanlage mit möglicher zentraler Meßwertregistrierung können über längere Zeit Meßwertverläufe und deren Beeinträchtigung durch die betriebsbedingt unvermeidbaren Störgrößen erfaßt und ausgewertet werden. Durch anschließende kundenspezifische Parametrierung des Auswerteverfahrens wird eine zufriedenstellende Lösung erarbeitet. Hervorzuheben ist, daß dies alles in der leicht zugänglichen Zentrale geschieht und nicht etwa Melder gegen andere, z.B. unempfindliche, mit großem Aufwand ausgetauscht werden müssen.

Und nicht zuletzt soll noch erwähnt werden, daß durch die Möglichkeit der Meßwernerfassung an laufenden Kundenanlagen wertvolles Datenmaterial gesammelt werden kann. Diese Datenbank, die Material über viele Jahre und von vielen unterschiedlichen, teilweise extremen Einsatzfällen enthält, stellt eine unverzichtbare Grundlage für die Optimierung vorhandener Auswertelgorithmen oder aber für die Entwicklung neuer, noch leistungsfähigerer Brandmeldeanlagen dar. So entstandene verbesserte Auswerteverfahren können dann natürlich wieder auf einfache Weise, beispielsweise durch Austausch von Programmspeichern in der Zentrale, in bestehende Kundenanlagen eingebracht werden. Das gleiche mit hunderten oder tausenden von Meldern zu tun ist, wenn überhaupt möglich, sicher viel aufwendiger. Auf diese Weise können auch Altkunden ständig wirtschaftlich am technischen Fortschritt teilhaben.

Schlußwort

Natürlich ist „Zentrale Intelligenz“ nicht die einzige Möglichkeit, gute und falschalarmsichere Brandmeldeanlagen zu bauen, jedoch weit mehr als nur ein - vielleicht sogar werbewirksames - Schlagwort. Dieses Konzept ermöglicht den Aufbau von kostengünstigen, zuverlässigen, und zukunftsweisenden Brandmeldeanlagen. Hochwertige Algorithmen zur Bewertung der Sensorsignale verbunden mit einzigartigen Analyse- und Parametriermöglichkeiten zur optimalen Anpassung an kundenspezifische Anwendungen senken bei verbesserter Detektionsleistung für echte Brände nachvollziehbar die Anzahl unerwünschter Alarme. Damit leisten Brandmeldeanlagen mit zentraler Intelligenz einen wesentlichen Beitrag zur frühzeitigen und falschalarmsicheren Branddetektion.

A. Wüthrich

Cerberus AG, Männedorf, Switzerland

Verteilte Datenverarbeitung als Merkmal moderner Brandmeldeanlagen

Abstract

This paper discusses different architectures of existing and future fire detection systems. Conventional or collective systems are still in widespread use. Some ten years ago, addressable systems and so called analogue systems became available. In systems recently introduced to the market, like in Cerberus' AlgoRex, signal processing is distributed between the detectors and the control- and indicating equipment. This state-of-the-art architecture has been made possible and commercially attractive thanks to advantages in microelectronics. As a result, AlgoRex offers novel features and reliable operation at attractive cost not otherwise possible. Such features include reliable and adaptable detection, very good discrimination between true and unwanted alarms, extensive diagnostic functions, and far-reaching support functions for commissioning and servicing.

1. Einleitung

Das Ziel jeder Entwicklung eines neuen Brandmeldesystemes besteht darin, die Bedürfnisse der Kunden noch besser befriedigen zu können. Was sind denn diese Bedürfnisse? Die Frage ist nicht ganz einfach zu beantworten, haben doch verschiedene Kunden ganz unterschiedliche Anforderungen, und weitere interessierte Kreise wie Feuerwehren und Versicherer haben aus ihrem Sichtwinkel nochmals andere Beurteilungskriterien.

Immerhin existieren doch einige Gemeinsamkeiten. Das Bedürfnis nach Schutz von Personen, Sachwerten, Gebäuden ist generell vorhanden, handle es sich um einen kleinen Bürobetrieb oder um einen grossen Gebäudekomplex mit Tausenden von Arbeitsplätzen in industrieller Umgebung. Die Kosten zur Erstellung und dem Betrieb einer Brandmeldeanlage sollen tief sein, der Betrieb störungsfrei und zuverlässig.

Dieser letztere Punkt ist eigentlich selbstverständlich, er ist aber gerade aus Sicht der Feuerwehren aus folgendem Grund von zentraler Bedeutung:

Die Menge der installierten und zur Feuerwehr aufgeschalteten Anlagen ist in den letzten Jahren und Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen und steigt mit jeder Neuanlage weiter an. Da mit einer gewissen Rate von Täuschungsalarman gerechnet werden muss, steigt auch deren Zahl immer weiter an. Selbst wenn neue Anlagen absolut perfekt funktionierten, die Summe der heute auftretenden Täuschungsalarman würde damit um nichts reduziert, da die schon vorhandenen Anlagen ja weiterhin in Betrieb bleiben. Das Problem wird sich erst mit zunehmender Modernisierung bestehender Anlagen nach und nach entschärfen.

Jeder Anbieter von Brandmeldeanlagen bewegt sich in einem wirtschaftlichen Umfeld, das geprägt ist von zunehmend harter, internationaler Konkurrenz, von sinkenden Preisen und steigenden Erwartungen der Kunden. Andererseits ist auch das technologische Umfeld in Bewegung. Die rasante Entwicklung der Mikroelektronik, vorangetrieben beispielsweise durch die Telekommunikation, die Computer- und die Automobilindustrie stellt dem Entwickler einer Brandmeldeanlage laufend neue Möglichkeiten und Methoden zur Verfügung. Diese kann, ja muss er zur Lösung seiner oben skizzierten Aufgabe einsetzen, um konkurrenzfähig zu bleiben.

Auch die Sensortechnik wird zunehmend von mikroelektronischen Komponenten und Verfahren beeinflusst. Die Sensortechnik ist einer der Schlüssel zur weiteren Verbesserung von Brandmeldesystemen. Im vorliegenden Vortrag wird jedoch nicht darauf, sondern auf Aspekte der Systemarchitektur eingegangen.

2. Systemarchitekturen

Unter "System" verstehe ich im folgenden stets eine Brandmeldezentrale mit daran angeschlossenen Brandmeldern. Speziell wird die Frage diskutiert, wie die Systemfunktionen auf die Melder beziehungsweise auf die Zentrale verteilt sind und welche Kommunikation zwischen diesen stattfindet.

In kollektiven Systemen ist jeweils eine Gruppe von Meldern mit einer gemeinsamen Zweidrahtleitung zur Zentrale verbunden. Jeder Melder kennt zwei Zustände: "Ruhe" und "Alarm". Ein Alarm wird der Zentrale durch eine Strom- oder Spannungsänderung auf der Meldeleitung signalisiert. Daran erkennt die Zentrale, dass ein Melder der Gruppe alarmiert hat. Es gelangt aber keine

Information zur Zentrale, um welchen Melder es sich handelt. Linienstörungen, etwa wegen fehlenden Meldern, werden festgestellt, jedoch in der Regel nicht Störungen einzelner Melders.

In adressierten Systemen haben die Melders die Fähigkeit, nebst der Zustandsinformation eine Melderadresse zur Zentrale zu übertragen. Oft werden nebst "Ruhe" und "Alarm" weitere Melderzustände erkannt und zusammen mit der Melderadresse übertragen, etwa "Melderstörung".

In analogen Systemen, oft auch analog-adressiert genannt, ist die Funktion des Melders auf jene eines Messwertwandlers reduziert. Dieser misst eine Umgebungsgrösse, in der Regel ein Mass für die Rauchdichte, und überträgt den Messwert zur Zentrale. Diese empfängt mit jedem Abfragezyklus die Messwerte aller angeschlossenen Melders und analysiert die Signalverläufe auf Gefahren.

In Systemen mit verteilter Datenverarbeitung, findet die Aufbereitung und Analyse der Messwerte hauptsächlich in den Meldern, teilweise auch in der Zentrale statt. Die Funktionen jedes Melders werden durch einen lokalen Mikrorechner gesteuert und überwacht. Dabei werden nicht nur die Messwerte auf Gefahren analysiert, sondern auch der technische Zustand der Melders laufend überwacht. Die aufbereiteten und bewerteten Gefahren und Diagnoseinformationen werden der Zentrale zur Verfügung gestellt, welche nach allfälliger Verifikation die notwendigen Steuer- und Alarmierungsmassnahmen auslöst.

In jüngster Zeit besteht ein starker Trend zu Mehrsensormeldern für die Branddetektion. Für den Einsatz solcher Melders drängt sich eine Systemarchitektur mit verteilter Datenverarbeitung geradezu auf.

Die Cerberus AG hat Ende 1993 ein solches System unter dem Namen AlgoRex am Markt eingeführt, welches wegen seiner umfassenden bidirektionalen Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Meldern und Zentrale als "interaktives System" bezeichnet wird. Die untenstehenden Ausführungen beziehen sich auf dieses System. Ein nachfolgender Vortrag (J. Werner et al.) geht auf die neuartigen Eigenschaften und Vorzüge des zugehörigen interaktiven Mehrsensormelders ein.

3. Charakterisierung des interaktiven Brandmeldesystemes AlgoRex

A) Technologie

Mikroelektronische Bauelemente werden mit stets wachsender Packungsdichte angeboten. Damit lassen sich Brandmelder mit bis vor kurzem undenkbareren Funktionalitäten realisieren.

Mit applikationsspezifischen Integrierten Schaltungen (ASIC's) können auf kleinstem Raum und bei tiefem Stromverbrauch massgeschneiderte Melderfunktionen realisiert werden. Die Halbleiter-Industrie bietet dazu geeignete Standardprozesse und Bibliotheken von Funktionszellen an, welche bei Bedarf durch applikationsspezifische Zellen ergänzt werden können.

Zur Illustration seien die Funktionsblöcke des ASIC der interaktiven AlgoRex-Melder angeführt: Linienspannungskomparator, Oszillator mit programmierbarem Teilungsverhältnis, Temperaturmesszelle, programmierbarer optischer Verstärker mit integrierter Störungsunterdrückung, Selbsttestfunktion, Ablaufsteuerung, Steuerlogik als Interface zum Mikroprozessor des Melders.

Mikrocontroller mit kleinem Stromverbrauch sind heute zu tiefen Preisen und in einer grossen Vielfalt von optionalen Peripheriefunktionen erhältlich. Der von uns eingesetzte Typ weist neben der CPU auf ein und demselben Chip folgende Funktionen auf: RAM, maskenprogrammiertes ROM, EEPROM für melderspezifische Daten, A/D Wandler mit Multiplexer, digitale in/out Ports, sowie eine serielle Schnittstelle mit UART.

Damit sind günstige technologische Voraussetzungen für hochentwickelte Melderfunktionen gegeben. Auf dieser Basis wurden nun Systemfunktionen realisiert, die dem Kunden - ob Endkunde, Installateur oder Wartungsbeauftragter - echte Vorteile bieten.

B) Detektionseigenschaften und Betriebssicherheit

Eine der Haupteigenschaften unseres interaktiven Brandmeldesystemes besteht in der Möglichkeit, die Detektionseigenschaften der Melder applikationsspezifisch zu parametrieren. Diese Parametrierung erfolgt aus Sicht des Benutzers durch Auswahl der zutreffenden Umschreibung der Applikation wie "Immobilien", "Sachwert", "Personenschutz" usw. im Menu eines PC basierten Parametrierprogrammes. Der PC lädt die entsprechenden Parametersätze in

die Zentrale, welche diese über die Meldelinie automatisch an die Melder überträgt.

Der Mikrorechner im Melder wertet die Sensorsignale aus. Da im Melder selbst die volle Information über den Gefahrenverlauf verfügbar ist, wird kein Kompromiss bezüglich zeitlich begrenzter oder ereignisgesteuerter Beobachtungsdauer notwendig. Zudem sind lokale Kompensation von Temperaturgang und Verschmutzung sowie Autokalibration möglich. Die Messung und Auswertung der Sensorsignale kann unabhängig von der Kommunikation und ohne besondere Ansprüche an die Datenrate auf dem Meldernetz erfolgen. Durch das Zusammenwirken dieser Eigenschaften wird eine besonders zuverlässige Gefahrendetektion erreicht.

In jedem Abfragezyklus überträgt jeder Melder die von ihm berechnete, momentan anliegende Gefahrenstufe sowie den momentanen technischen Betriebszustand zur Zentrale. Dabei werden je 4 Gefahrenstufen respektive Betriebszustände unterschieden. Die Kommunikationsbandbreite auf den üblichen 2-Draht Meldeleitungen kann dadurch tief gehalten werden und wird optimal genutzt. Dies ist besonders wichtig bei grossen Systemen mit vielen Mehrsensor-Meldern und hilft, die erforderliche Rechenleistung der Zentrale tief zu halten sowie die elektromagnetische Verträglichkeit der Uebertragung auf höchste Ansprüche auszurichten.

Eine Ueberlastung der CPU der Zentrale tritt auch bei gleichzeitigem Ansprechen vieler Melder nicht auf.

Notlaufeigenschaften sind einfacher und mit höherer Funktionalität zu realisieren. Bei Ausfall des Zentralenprozessors können die Melder weiterhin Alarmentscheide mit gleicher "Intelligenz" wie im Normalbetrieb fällen.

C) Hilfsfunktionen für Inbetriebnahme und Wartung

Softwaregestützte Inbetriebnahme. Der Mikrorechner im Melder wird auch genutzt für Kommunikationsaufgaben. Dies ermöglicht Funktionen wie automatische Adressvergabe bei freier Wahl des Meldernetzes (Stich- oder Ringleitung, auch mit Abzweigungen), problemloses späteres Hinzufügen von Meldern und automatische Parametrierung der Melder gemäss Projektierungsdaten.

Automatische Melder-Rekonfiguration. Nach einem Meldertausch, sei es bei der routinemässigen Wartung oder nach einem Defekt, wird der neu eingesetzte Melder automatisch durch die Zentrale über den Melderbus parametrierung und so mit allen Attributen und Verknüpfungen seines Vorgängers versehen. Zudem wird automatisch überprüft, ob der neu eingesetzte Melder vom selben Typ ist wie der ersetzte. Am Melder sind keinerlei Manipulationen nötig (oder möglich), wie setzen eines Adresschalters, einer Empfindlichkeit oder dergleichen.

Automatische Applikationsprüfung. AlgoRex weist als neuartige Funktion eine sogenannte Applikationsprüfung (Patent angemeldet) auf. Damit ist folgendes gemeint:

Brandvortäuschende Ereignisse werden in einem sogenannten Ereignisspeicher registriert und auf Abruf bereit gehalten. Solche Ereignisse werden auch dann erfasst, wenn sie noch nicht zu einer Fehlalarmlösung geführt haben, aber aufgrund ihrer statistischen Häufung mit der Zeit zu einer solchen führen würden. Dies kann, gerade in einer Phase kurz nach der Inbetriebnahme, zur Überprüfung und gegebenenfalls Korrektur der applikationsgerechten Melderparametrierung genutzt werden. Der Feuerwehr werden Fehlalarmrückungen erspart, dem Anlagenbetreiber die Umtriebe, dem Wartungsdienst die mühsame Suche nach falsch parametrierten Meldern.

Schnelle Probealarmierung. Für die meisten Brandrisiken ist ein träges Ansprechverhalten angemessen. Bei der routinemässigen Melderprüfung mit Testgas verlängert dies jedoch die Prüfzeit in unerwünschter Weise. Ein spezieller Algorithmus für "Meldertest" ermöglicht ein sekundenschnelles Ansprechen auf Testgas und hilft so, den Zeitaufwand und damit die Wartungskosten zu senken. Darüber hinaus wurde als neuartiges Servicegerät ein elektrooptischer Prüfer entwickelt, der die Melderalarmierung ohne Prüfgas ermöglicht und zusätzlich die Funktionen des Meldertauschers übernehmen kann.

Selbstdiagnose. Melder und Zentrale sind mit lokalen Selbsttestfähigkeiten ausgestattet. Die Melder übertragen ihren Betriebszustand laufend zur Zentrale. Bei Verdacht auf nicht normales Verhalten können Detailinformationen von der Zentrale, einer Leitstelle oder von einer fernörtlichen Ueberwachungsstation aus abgerufen werden. Derartige Informationen können durch das System auch protokolliert werden. Der Anlagenbetreiber wird dabei nicht mit unnötigen Details belastet. Der technische Dienst hingegen kann sich ein genaues Bild über die Dringlichkeit eines Problems und den Grad der Beeinträchtigung machen.

Dazu ist zu erwähnen, dass auch eine leistungsfähige technische Selbstdiagnose die periodische Kontrolle durch Fachpersonal vor Ort nicht zu ersetzen vermag. Nur letztere können beispielsweise Nutzungsänderungen von Räumen feststellen. Verschmutzungen von Meldern können zwar automatisch festgestellt, aber nicht behoben werden.

Die Selbstdiagnose ist daher ein Mittel, um die Instandhaltung des Systemes durch Fachpersonal zu unterstützen und effizient zu gestalten, jedoch nicht um diese zu ersetzen.

4. Ausblick

Oft wird angeführt, ein Nachteil der dezentralen Signalverarbeitung gegenüber den Analogsystemen sei die fehlende Flexibilität für künftige Softwareverbesserungen. Sicher ist das Nachrüsten einer Software in einer Zentrale einfacher möglich als in bereits installierten Meldern. Unser Konzept der parametrierbaren Algorithmen im Melder mit Parametern, die über die Zentrale auch nachträglich veränderbar oder neu definierbar sind, stellt jedoch eine ebenso problemlose Alternative dar.

Darüber hinaus ist das Konzept der dezentralen Datenverarbeitung die geeignetste Basis für zu erwartende Innovationen im Bereich von Mehrsensormeldern mit weiteren Sensortypen, beispielsweise mit Gassensoren. Derartige künftige Mehrsensormelder können ohne weiteres in bestehende Systeme integriert werden, da zwischen Melder und Zentrale eine normierte, melderunabhängige Datenschnittstelle besteht. Auch künftige kombinierte Systeme mit Brand- und Intrusionsmeldern auf derselben Meldeleitung passen in dieses Konzept.

5. Zusammenfassung

AlgoRex als Brandmeldesystem mit verteilter Datenverarbeitung bietet eine Reihe von Vorzügen gegenüber bisherigen, analog-adressierbaren Systemen. AlgoRex nutzt die Möglichkeiten der Mikroelektronik in optimaler Weise, was besonders ausgeprägt im Zusammenhang mit Mehrsensormeldern mit leistungsfähiger Signalverarbeitung zum Ausdruck kommt.

Ausgewogene, auf die lokalen Gegebenheiten optimierte Detektionseigenschaften sowie höchste Systemzuverlässigkeit bei attraktiven Gesamtkosten sind das Resultat.

Nach unserer Ueberzeugung sind Mehrsensor-Melder in Systemen mit dezentraler Datenverarbeitung ein wesentlicher Trend der automatischen Branddetektion der nächsten Jahre.

Horst Berger

Caradon Esser GmbH, Neuss, Germany

Erfahrungen mit Multisensor-/Mehrkriterien-Meldern

Abstract

This lecture shows different ways by taking full advantage of today's microelectronics for the reduction of false alarms and the self-diagnostic of sensors and electronic circuitry. In addition the ways for the most effective storage and processing of data collected during the operation of multisensor fire detectors have been presented.

Because false alarms occur only rarely, a large number of field tests has to be done to retrieve a reasonable number of data. Using the communication link to each detector this will lead to a reliable information on false alarm sensitiveness of the different types of sensors and sensor combinations.

The use of expert knowledge will not be limited to solve problem cases, but will lead with the help of artificial intelligence to continuous improvement of immunity against false alarms and reliability of detection.

Basis for a sensible combination of sensors is the possibility to calculate sensor signals, check each sensor and adapt each sensor to its own and environmental conditions.

Even in rough environmental conditions these multisensor-/ multicriteria based fire detectors show reliable and correct response to behaviour.

1. Einleitung

Bedingt durch die stetig wachsende Zahl der Brandmelderzentralen und einer damit relativ sinkenden, aber absolut gesehen steigenden Zahl an Falschalarmen und dem stetigen Bemühen zur Verbesserung bestehender Technik, wurden neue Überlegungen zur Veränderung der Brandmelde-Technik/-Sensorik angestellt. Bereits bei einer der vorangegangenen Symposien (AUBE '82) wurde festgestellt, daß mit der eindimensionalen Größe eines Sensorsignals verbunden mit einer Schwellenauswertung, keine wesentlichen Verbesserungen mehr erzielt werden können.

Als mögliche Alternativen wurden die Auswertung mehrerer Sensoren sowie die Verarbeitung der zeitlichen Verläufe der Sensorsignale genannt.

Neue Erkenntnisse, Materialien und Komponenten haben mittlerweile Einzug in die Sensorik gehalten und weitere Technologieschritte ermöglicht.

So wurden in den vergangenen Jahren Melder entwickelt, die unter Einbeziehung mehrerer Brandkenngrößen, sogen. „**Multisensormeldern**“ und/oder unter Einbeziehung von weiteren Informationen z. B. aus dem zeitlichen Verlauf der Sensorsignale, sogen. „**Mehrkriterienmeldern**“, die Alarmentscheidung treffen, entwickelt.

Über die Erfahrungen eines Herstellers mit solchen Meldern berichtet dieser Vortrag.

2. Der Multisensor-/Mehrkriterien-Melder

2.1. Signalbildung, Signalverarbeitung

2.1.1. Multisensordetektion

Es handelt sich bei dem hier behandelten Melder um eine Kombination eines optischen und einem Ionisationsrauch-Sensors mit einem Thermosensor. Die jeweiligen Sensoren werden von einem Microcontroller gesteuert und die Sensorsignale nach einer Aufbereitung diesem zugeführt.

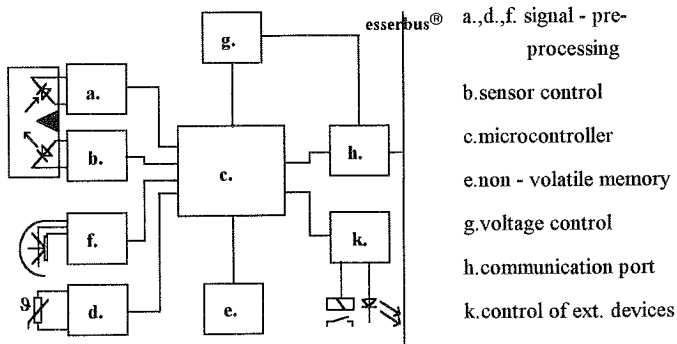


Abb. 1 Blockschaltbild MSbFD/MCbFD

Diese Kombination vereint die Stärken der jeweiligen Sensorik - die der guten Detektion des Streulichtprinzips (bei den verfügbaren Komponenten im Bereich von $\lambda = \text{ca. } 900\text{nm}$) von großen Rauchpartikeln mit der des Ionisationsrauchensensors, von Aerosolen mit klei-

nem Partikeldurchmesser und großer Anzahlkonzentration mit der Detektion aerosolfreier Verbrennung durch einen Wärmesensor- und vermeidet mittels einer sinnvollen Berechnung dieser Sensorwerte miteinander, eine zu große notwendige Empfindlichkeit einzelner Sensoren und damit Fehlalarme.

Je nach Umgebungsbedingung (ungehindertem Sauerstoffzutritt oder verhindertem Zutritt ausreichender Menge von Sauerstoff infolge dichter Packung des Brandgutes etc.) entstehen bei einem Brand bekanntlich sehr kleine Partikel in großer Zahl oder Partikel mit besseren optischen Eigenschaften. Die Frage der Sensorauswahl ist daher nicht zwingend nur eine Frage des brennbaren Materials!

Die Ausnutzung günstiger Streulichtwinkel hat zu einer Verbesserung der optischen Rauchdetektion geführt. Jedoch die Erkennung kleiner Partikel, wie sie von offenen Bränden (z.B. TF1) herrühren, sind nur schwerlich mit diesem Prinzip erkennbar. Diese Brände bedürfen aber, aufgrund ihrer hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit, einer besonders schnellen Detektion.

Ein möglicher Ausweg ist die Ausnutzung der dabei entstehenden Temperatur zur Erkennung. Dies trägt jedoch den Nachteil, daß bei größeren Montagehöhen (>ca. 8m) eine schnelle Detektion aufgrund der starken Abkühlung durch das Luftvolumen kaum möglich ist. Weiterhin ist die Ausbreitung von Rauch in benachbarte Räume erheblich günstiger, als die von Wärme und damit eine frühzeitige Detektion von offenen Bränden nicht ausreichend gewährleistet.

2.1.2. Mehrkriterienauswertung

Bevor die Alarmentscheidung getroffen wird, durchlaufen die Signale der einzelnen Sensoren jeweils mehrstufige digitale Filter.

Plausibilitätskontrollen überprüfen, ob die eingelesenen Daten auch tatsächlich von den entsprechenden Sensoren stammen. Unplausible Daten werden so verworfen und beeinträchtigen nicht die Meßwertkette. Würde man nur eine reine RC-Filterung durchführen, so führte das integrierende Verhalten des Tiefpasses z.B. bei Burst-Pulsen zu einer Aufsummierung, was schließlich zu einer Verfälschung und ggf. zu einem Alarm führt (s. Abb. 2).

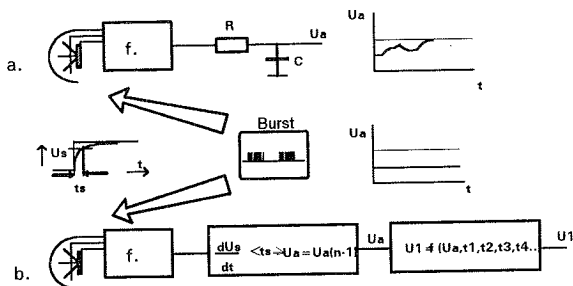


Abb.: 2 Plausibilitätsprüfung

2.1.3. Alarmentscheidung

Wo im Endeffekt die Alarmentscheidung gefällt wird, ist eine Frage der Zweckmäßigkeit. Es liegt mittlerweile nahe, große Teile der Signalverarbeitung in den Melder zu verlagern, um im Falle eines Ausfalls des in der Brandmelderzentrale befindlichen Datenkonzentrators trotzdem eine einfache Weiterleitung einer am Meldungsort getroffenen Alarmentscheidung sicherzustellen.

2.2. Störungserkennung

Im Normalfall arbeiten Brandmelder jahrelang ohne irgendwelche Beanstandungen. Zur Erforschung der Ursachen von Störungen und Fehlalarmen ist der bisherige Melder nicht geeignet gewesen. Modifizierte Melder, die eine Datenübertragung erlauben, ermöglichen diese Rückschlüsse nur in geringem Umfang, wenn jahrelange Testläufe absolviert waren.

Der betreffende Melder hat in seiner serienmäßigen Ausstattung diverse Möglichkeiten, eine Reihe von Informationen zu speichern und später auszuwerten. Die Störungsbehandlung sei in diesem Rahmen etwas ausführlicher als üblich erläutert:

Zur Sicherstellung eines problemlosen Betriebs der Brandmelder ist eine Überwachung sowohl der Elektronik als auch der Sensorik erforderlich. Dies kann kontinuierlich oder periodisch erfolgen.

Dabei sind zwei Extremfälle fatal:

- der Melder arbeitet nicht mehr
- der Melder löst einen Fehlalarm aus

Aber auch Veränderungen infolge Alterung, Verschmutzung, betriebsbedingte oder atmosphärische Einflüsse können den Melder in einen abnormen Betriebszustand setzen. Eine weiter andauernde Beeinflussung würde dann zu einem späteren Zeitpunkt zu einem fatalen Störfall werden.

Zur rechtzeitigen Vermeidung all dieser Fälle wurde eine Reihe von Testprozeduren entwickelt:

2.2.1. Optischer Sensor

Mögliche Problemfälle:

Verschmutzung der Messkammer, Alterung der optischen Bauelemente, Verschmutzung der Oberfläche der optischen Komponenten.

Angewendete Testprozeduren:

Hintergrundlichtüberwachung

Durchlichtmessung mit Vergleich zum Produktionswert

Mehrfachabfrage verbunden mit einer Differentialauswertung über der Zeit.

2.2.2. Ionisationsrauchmesskammer

Mögliche Problemfälle:

Verschmutzung des Isolators, Abdeckung der Strahlerfolie,

Angewendete Testprozeduren:

Eine aktive Impedanzmessung stellt den Oberflächenwiderstand des Isolators und die Impedanz der Mess- und Referenzkammer fest und wertet die Ergebnisse aus.

2.2.3. Thermosensor

Mögliche Problemfälle:

Bruch oder Kurzschluß der Anschlussdrähte oder instabiles Verhalten des Thermistors.

Angewendete Testprozedur:

Der Meßwert des Thermosensors wird auf die Plausibilität des aktuellen Wertes im Vergleich zu den vorangegangenen Werten und der typischen Sprungantwort des Bauteils überprüft.

2.2.4. Elektronik und Programmspeicher

Die Sensorelektronik und die Kommunikation sowie die Speicherung wird ebenfalls einem Selbsttest unterzogen. Dabei werden die Toleranzwerte aus dem Herstellungsprozeß als Referenz herangezogen (vgl. 2.3.1). Der Programmspeicher wird periodisch auf Vollständigkeit und das Programm über einen „Watch-Dog“ auf ordnungsgemäßen Ablauf überwacht.

2.2.5. Ablauf der Störungsbearbeitung

Einige dieser Messungen werden vor oder während der Messzyklen durchgeführt. Andere Testprozeduren werden mit einer Periode von ca. 1 h gestartet. Die Ergebnisse dieser Selbstdiagnose im Falle einer Störung incrementiert ein jeweils eigenes Register eines meldereigenen, nichtflüchtigen Speichers und steht damit späteren Verarbeitungen zu Verfügung.

2.2.5.1. Ereignisspeicher

Die bei der Herstellung der Melder gewonnenen Daten der Toleranzen von Sensorbauteilen etc. werden in die Register des nichtflüchtigen Speichers (e) eingeschrieben. Eine Berechnung mit diesen Werten ergibt einen Arbeitspunktgleich ähnlich einer Normierung.

Alle relevanten Ereignisse im laufenden Betrieb werden in diesem Speicher abgelegt:

2.2.6. Speicherregister

Der nicht flüchtige Speicher ist aufgeteilt in:

Herstellungsdaten (nicht veränderbar)

- Herstellungsdatum
- Typ und Seriennummer
- Versionsnr.
- „Geburtswerte“ der Sensoren
- Toleranzwerte der Sensoren
- Prüfdaten zur statistischen Auswertung (z.B. Prüfplatznr., Herstellungsort)

Betriebsdaten (selbst beschreibend)

- nachgeführte Ruhewerte der einzelnen Sensoren
- Zahl der Alarme
- Betriebsstunden
- Zeitpunkt des letzten Alarms

Störungsdaten (selbst beschreibend)

- Daten der Selbstdiagnose ; dies sind Zähler ,die die Ergebnisse der 23 Testfälle, die im Melder jede 67 min abgefragt werden, getrennt voneinander registrieren

Parameter (Änderung nur autorisierten Personen vorbehalten)

- Berechnungswerte; diese ermöglichen eine Anpassung der Berechnung an die Umgebungsbedingungen sowie eine Optimierung des Rechenverfahrens auch **nach** Erstellung des Betriebsprogramms
- Grenzwerte; diese legen die absoluten Werte für Einzelsensoralarme und die Lage der Warnschwellen der Melderdiagnose fest

2.3. Störungsauswertung

Da es unterschiedliche Grade der Störungen gibt (Warnung..... Ausfall), werden die Meldungen auch unterschiedlich behandelt.

2.3.1. Auswertung von Störungsmeldungen

2.3.1.1. Meldungen im Betriebszustand

Ein Kommunikationsport (h) ermöglicht das Lesen und Schreiben aller Daten des nicht-flüchtigen Speichers sowie das Lesen der aktuellen Sensor- und Berechnungsdaten von der Brandmelderzentrale über die normale Meldeleitung. Somit wird kontinuierlich oder bei Bedarf (je nach Grad der Störung) eine Meldung an der Brandmelderzentrale abgesetzt.

2.3.1.1.1. Fatale Störung

Eine fatale Störung führt, je nach Art der Meldung ,z.B. zu einer Abschaltung des defekten Sensors und zur Vorbesetzung des Sensorsignals mit einem vorbestimmten Wert.

2.3.1.1.2. Wartungsanforderung

Wird eine Meldung registriert, die im laufenden Betrieb zu einem Problem werden könnte, wird eine Wartungsanforderung an der Brandmelderzentrale angezeigt.

2.3.1.2. Meldung im Servicemodus

Zwei Auswertungsprogramme ermöglichen a) die Betrachtung des aktuellen Status` des Melders und b) die seiner Historie:

2.3.1.2.1.Rechnergestützte Diagnose (aktueller Status)

Die Daten des Ereignisspeichers werden über die Meldelinie oder den direkten Anschluß über ein Interface an einen PC übertragen. Die Sensorzustände werden im Vergleich zu den Werten bei der Herstellung dargestellt. Eine Bewertung der noch zu erwartenden Standzeit (ohne Wartungsarbeiten) der einzelnen Sensoren ist so möglich.

Das Beispiel in Abb. 3 zeigt zwar eine Abweichung des nachgeführten Ruhewertes und des aktuellen Messwertes von „Geburtswert“ des Ionisationsrauchensors, die Warnschwelle ist vom nachgeführten Ruhewert jedoch noch nicht überschritten worden. Eine Veränderung der Ansprechempfindlichkeit liegt nicht vor. Vom Melder kann ein problemloser Betrieb über einen langen Zeitraum erwartet werden.

Dies richtet sich allerdings immer nach den Umgebungsbedingungen, denen der Melder ausgesetzt ist.

Diagnostic Detectors 9200	
(c) 1992, N.Dyx, Esser Sicherheitstechnik	
DETECTOR DATA:	
Detector type : 781973 4D/OTI	Serial number : 33000033037
Manuf. date : 10.12.1992	Last maintenance work : -
SENSOR STATUS INDIC:	
<p>a : act. value el: electr.operating range R : corrected quiescent w: warn. range * : birth val. = rated val. AL: Alarmlevel for single signal</p>	
CURRENT STATUS	DIAGNOST. MESSAGES:
Hours of operation : 3547	No messages
No. of reg. alarms : 001	
STEPS TO BE DONE :	
Detector OK	
ESC = Cancel / RET = New Start / R = Cleaning Control	

Abb. 3 Sensorzustandsanzeige

2.3.1.2.2. Expertensystem (Auswertung der vergangenen Ereignisse)

Zur Überprüfung und Auswertung der registrierten Meldungen kommt ein Expertensystems zur Anwendung. Dabei werden die Daten des Melders ausgelesen und nach Gesichtspunkten, bereits bei anderen Meldern aufgetretener und untersuchter Meldungen behandelt. Es werden Optimierungen der Störschwellen und Anpassungen der Parameter nach den letzten Erkenntnissen durchgeführt. Das beim Hersteller vorhandene Expertenwissen kommt so auch bereits vor Jahren gefertigten Meldern zu Gute. Dieser Vorgang kann ebenfalls vor Ort durchgeführt werden.

2.3.1.3. Retourenbearbeitung

2.3.1.3.1. Aufnahme in die Datenbank

Die Register der Melder, die ins Herstellerwerk zurückgesandt werden(z.B. bei erforderlicher Wartung) , werden ausgelesen und einer Datenbank zugeführt.

2.1.1.3.2. Auswertung und Rückkopplung

0.3383.3

Die Werte der Datenbank führen zu zuverlässigen Aussagen über die Qualität, Standzeit, die Häufigkeit von Alarmen sowie Häufigkeit und Art von Störungen dieser Retourenmelder bzw. über die Optimierung von Schwellwerten und Parametern. Es ermöglicht eine intensive Information über Symptome von Störungen und läßt Rückschlüsse auf Ursachen zu.

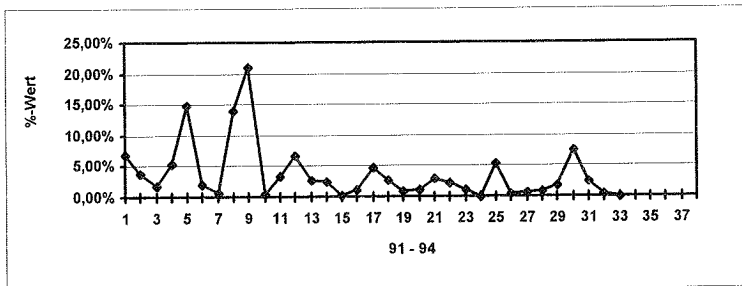


Abb. 4 Beispiel einer Retourenauswertung (Rückläufer bezogen auf Herstellungsmonat)

3. Praxisauswertung

3.1. Feldtest unter Belastung

Um die Eignung der Melder auch in kritischen Bereichen zu erproben, wurden 6 Melder bewußt entgegen den sonst üblichen Einschränkungen bei der Projektierung eingesetzt.

3.1.1. Kritische Einsatzorte

Aussenanwendungen

Der Melder a) wurde 2 Monate an einem Stahlträger im Aussenbereich den Witterungsbedingungen im Herbst ausgesetzt.

An einer Ladebühne im Lagerbereich wurde Melder b) montiert. Dieser Bereich ist von dauerndem Luft- und Temperaturwechsel geprägt.

In beiden Fällen traten weder Störungsmeldungen noch Fehlalarme auf.

Feuchteanwendungen

Die Montagepunkte der Melder c) und d) waren im Industrie-Küchenbereich, wobei Melder c) unmittelbar über dem Herd und Melder d) über der Spülmaschine installiert wurden.

Der optische Sensorteil des Melders d) registrierte mehrere Störungssignale. Ein Fehlalarm trat nicht auf.

Aerosolbelastung

Durch Abgase in einer Tiefgarage wurde Melder e) belastet.

In einer Dreherei oberhalb von Drehbänken, Schweißplätzen und zweier Schamottöfen wurde Melder f) betrieben.

Die Häufigkeitsverteilung in Abb. 5 zeigt eine deutliche, vom Normalfall abweichende Variation der Meßwerte des Ionisationsrauchensors, sowie die, durch wechselnde Temperaturverhältnisse auftretende Variation der Thermosensormeßwerte.

Die geringere Einzelsensorempfindlichkeit, verbunden mit einem adaptiven Verhalten, vermied jedoch mehrere Fehlalarme.

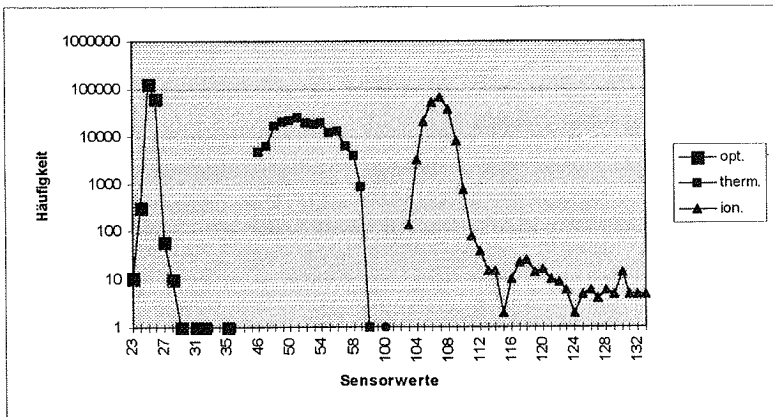


Abb. 5 Häufigkeitsverteilung einzelner Sensormeßwerte bei Belastung

4. Zusammenfassung

Im Vortrag wurden die, durch die Mikroelektronik möglich gewordenen Wege der deutlichen Reduktion von Fehlalarmen und der Selbstdiagnose von Sensorik und Elektronik aufgezeigt. Die Wege einer effizienten Speicherung und Weiterverarbeitung der während des Betriebs der Melder gewonnenen Daten wurden dargestellt.

Aufgrund der grundsätzlich seltenen Fälle eintretender Fehlalarme, müssen aussagekräftige Datensammlungen mit einer Vielzahl von Feldversuchen noch fortgesetzt werden. Dies könnte, bei einfachen Kommunikationswegen zu den Meldern, zu einfacheren qualitativen Aussagen über Fehlalarmanfälligkeit verschiedener Sensortypen und Kombinationen führen.

Die Anwendung von Expertenwissen wird nicht auf die Problemfälle begrenzt bleiben, sondern führt über Expertensysteme zu einer kontinuierlichen Verbesserung von Täuschungsunempfindlichkeit und Ansprechsicherheit.

Voraussetzung einer sinnvollen Multisensorik ist die Möglichkeit, Signale zu berechnen, alle Sensoren auf volle Funktionsfähigkeit überprüfen zu können und Adaption jedes Sensors an den eigenen Zustand und die Umgebungsbedingungen.

Auch bei rauen Umgebungsbedingungen zeigten diese Multisensor-/ Mehrkriterien-Brandmelder ein einwandfreies Verhalten.

J. Werner, M. Schlegel
Cerberus AG, CH 8708 Männedorf, Switzerland
and
J.L. Bury
Cerberus Guinard, 78531 Buc, France

Einfluss von Algorithmen auf das Detektionsverhalten von Multisensor-
Rauchmeldern in verschiedenen Umgebungen und Höhenlagen

Abstract

With the increasing number of automated fire detection systems installed worldwide, the detection performance of these systems must be substantially improved in order to get the number of unwanted alarms down to a tolerable level. This paper discusses important aspects which influence detection performance of multi-sensor-detectors. Beside the state-of-the-art sensor design, powerful algorithms and distributed intelligence are key elements. For optimal performance, algorithms need to be adapted to the application. The adaptation flexibility is demonstrated with testfires at different altitudes and exposure to hard test-environments in the field.

1. Einleitung

Mit der weltweit stark wachsenden Anzahl von installierten automatischen Brandmeldeanlagen sind auch die Anforderungen an die Detektionssicherheit gestiegen. Erhebungen in der Schweiz zeigen über die Dauer der letzten 3 Jahre (1990-1993) eine leichte Reduktion der unerwünschten Alarme pro Anlage im Bereich von 10%. Diese Verbesserung wird aber selbst im gesättigten Schweizer-Markt durch das Wachstum der Anzahl Anlagen mehr als kompensiert, sodass die totale Anzahl unerwünschter Alarme trotzdem gestiegen ist. Das Falschalarmverhalten zukünftiger Anlagen muss daher drastisch verbessert werden. Es gibt mehrere Ansätze, wie dieser Herausforderung begegnet werden kann: Verteilte Intelligenz, höhere Detektionssicherheit durch robuste Sensorik, enge Produktionstoleranzen durch die Verwendung von Multisensor-

Rauchmelder und durch Algorithmen, welche den Umgebungsbedingungen angepasst werden können. Heute sind stromsparende, leistungsstarke 8/16-Bit-Mikrokontroller kostengünstig erhältlich. Dadurch sind Systeme mit verteilter Intelligenz, d.h. solche, welche einen beachtlichen Teil der Datenverarbeitung durch einen Mikrorechner im Melder ausführen lassen, erst möglich geworden. Die äquivalente Spitzenrechenleistung einer Melde-Linie in einem solchen System überschreitet leicht die 100 MIPS-Grenze. Dies erlaubt die Implementation von komplexen, leistungsstarken Algorithmen im Sensorpunkt, welche für einen lokalen Alarmentscheid Informationen von mehreren tausend Messpunkten verarbeiten können.

Cerberus hat sich mit der Entwicklung des neuen Brandmeldesystem das ehrgeizige Ziel gesetzt, eine möglichst hohe Detektionssicherheit zu erreichen, indem alle obigen Aspekte gleichzeitig in einer völlig neuen System-Generation optimiert wurden. Ein Teilaspekt dieses Systems, der Multisensor-Melder, soll im folgenden untersucht werden.

2. Vorteile des thermo-optischen Multisensor-Rauchmelders

Das Ansprechverhalten eines Streulicht- und eines Temperatursensors ergänzen sich in idealer Weise. Durch die Kombination der beiden Sensoren ist es möglich, alle Norm-Testfeuer TF1 bis TF6 zu detektieren. Gegenüber den klassischen optischen Rauchmeldern zeigt der thermo-optische Rauchmelder ein ausgeglicheneres Ansprechverhalten. Das Ansprechen auf offene Brände wird verbessert, gleichzeitig muss der optische Teil nicht überempfindlich abgeglichen werden, nur um den Testbrand 5 (Heptanbrand) zu bestehen. Dadurch wird die Detektionssicherheit generell verbessert.

3. Aufbau der Sensorik

Das täuschungsfreie Detektionsverhalten eines Rauchmelders beginnt mit der robusten Sensorik. Was im Sensor an Detektionsqualität verlorengeht, kann später durch Algorithmen nur teilweise wieder wettgemacht werden. Wichtig sind:

- a) Ein stabiler mechanischer Schutz der Sensoren gegen Umgebungseinflüsse wie Feuchte, Staub, mechanische Einwirkung, etc.
- b) Hohe Immunität gegen elektromagnetische Störstrahlung. Unsere Umgebung ist durch drahtlose Telefone, Funkgeräte, Leistungselektronik und Mobilfunktelefone immer stärker belastet. Dementsprechend werden immer höhere Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) der Brandmeldesysteme gestellt. Cerberus hat daher das neue System auf eine gegenüber der Norm verschärfte elektromagnetische Verträglichkeit von mindestens 50 V/m (0.1 MHz bis 1 GHz) ausgelegt.
- c) Leistungsstarke 600W-Transzorbis schützen jeden Melder vor der Zerstörung durch indirekte Blitzeinwirkung.
- d) Das Eindring- und Ablagerungsverhalten von Staub und Fasern sowie die Resistenz der optischen Kammer gegenüber solchen Ablagerungen. Die optische Kammer wurde so konstruiert, dass sich Schwebeteilchen vorzugsweise nicht auf kritischen Teilen des optischen Systems ablagern. Ferner wurde mit Hilfe einer Monte-Carlo-Ray-Tracing-Simulation eine relativ komplexe optische Labyrinth- und Blenden-Struktur entworfen, um die Empfindlichkeit gegenüber abgelagertem Staub und Fasern zu minimieren. Da kein reproduzierbarer EN-Staubtest existiert, hat bekannterweise jeder etablierte Hersteller seine besonders harten Testumgebungen im Kundenkreis. Solche Feldtests in einer Spinnerei haben gezeigt, dass das Staub- und Faser-Verhalten effektiv signifikant verbessert wurde. Während herkömmliche optische Melder während der 5 monatigen Testphase mehrmals in die Nähe eines Alarmhubes kamen und mehrmals gereinigt werden mussten, konnten bei den neuen AlgoRex-Meldern mit der staubresistenten Kammer keine signifikanten Veränderungen innerhalb der Messgenauigkeit festgestellt werden.

- e) Das Betauungsverhalten. Hier geht es v.a. darum, die thermischen Massen des Messsystems auszubalancieren. Auch hier konnte das Verhalten gegenüber herkömmlichen Meldern massiv verbessert werden, wie Versuche im Kühlraum bestätigt haben.

4. Signalverarbeitung im Multisensor-Rauchmelder

Das Prinzip der verteilten Datenverarbeitung wird auch im thermo-optischen Rauchmelder konsequent weitergeführt. Die Verarbeitung des Streulichtsignals beginnt bereits im ASIC, wo eine Synchrondetektion mit dem Lichtpuls, die Extraktion des Signalhubes und ein Grobabgleich stattfindet. Gegenüber einer Lösung ohne ASIC, bei welcher alle diese Funktionen der Mikrorechner numerisch ausführt, gewinnt man eine um Faktoren grössere Signaldynamik, da man sonst durch die Auflösung üblicher Analog-Digitalwandler im Mikrokontroller (256 mögliche Werte bei 8 Bit) eingeschränkt ist. Eine genügende Signaldynamik ist aber wichtig für die Effektivität nachfolgender Algorithmen.

Das thermische und das Streulichtsignal werden in den Mikrokontroller eingelesen (A/D-Wandler) und anschliessend digital weiterverarbeitet. Algorithmen einer ersten Stufe dienen der Kompensation der inhärent nicht idealen Sensorcharakteristiken, mit dem Ziel, die physikalische Realität möglichst gut anzunähern. Dazu wird die Transfercharakteristik der Sensoren modelliert und die Umkehrtransformation als digitale Filterstruktur im Melder implementiert. Sehr starke elektromagnetische Störeinflüsse auf dem Temperatursensor werden zudem durch den Melder erkannt, worauf dieser eine Warnung an die Zentrale sendet. Störspitzen auf den Signalen werden entfernt, im Streulichtsignal werden die Einflüsse einer allfälligen Verschmutzung oder der Umgebungstemperatur kompensiert. Schliesslich wird anhand der Signale auch noch die Funktionalität der Sensoren beurteilt (Selbsttest).

In einer zweiten Stufe wird eine Vielzahl von Signatursignalen gebildet, welche das Signal in seinem Wert, Dynamik und dem zeitlichen Verhalten klassieren. Diese werden schliesslich alle in einer neuartigen neuronalen Netzstruktur ver-

knüpft. Das Ausgangssignal repräsentiert das Gefahrensignal, welches in der letzten Stufe mit einem Algorithmus verifiziert und auf 4 Gefahrenstufen abgebildet und zur Zentrale übertragen wird.

5. Detektionsverhalten in verschiedenen Höhenlagen

Das Ansprechverhalten in Abhängigkeit der Parameter soll zuerst anhand der Testfeuer in verschiedener Höhenlage demonstriert werden. Für die detaillierte Beschreibung der Versuche wird auf den AUBE'95 Vortrag von D. Wieser, et. al., „Einfluss der Höhenlage des Brandortes auf Brandmelder-Testbrände“ verwiesen. Wie aus Fig. 1 zu entnehmen ist, zeigen Schwelbrände wie das EN-Testfeuer 2 (Holzschwelbrand) keine und der Testbrand 3 (Luntenglimmbrand) nur eine schwache Abhängigkeit von der Höhenlage. Bei offenen Bränden (Fig. 2 und 3) zeigen die Lichttrübung und der Y-Wert starke Verzögerungen mit zunehmender Meereshöhe. Der Algorithmus „A“ alarmiert in Trübsee (1800 m ü. M.) spät. Obwohl es nicht gelungen ist, EN-ähnliche Brände in höheren Lagen EN-konform auszuführen, könnte man sich z.B. zum Ziel setzen, a) offene Brände in Höhenlagen früher zu detektieren und b) unabhängig von der Höhenlage bei einer bestimmten Abbrandmenge zu alarmieren. Der Algorithmus „B“ ist unter diesen Optimierungszielen entstanden. Die Alarmierungskurve deckt sich praktisch mit der Ortskurve für konstantes Abbrandgewicht „dG = const“.

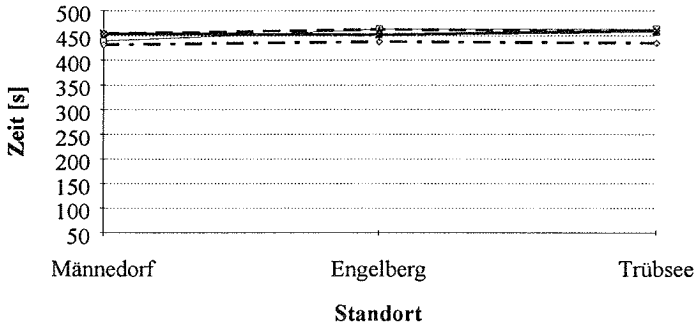
6. Detektionsverhalten in „harten“ Testumgebungen

Fig.4 zeigt als Beispiel den Einsatz in einer Grossküche, wobei die Melder direkt über den Kochbecken montiert wurden. Wie aus den gemessenen und aufgezeichneten Rohdaten ersichtlich ist, übersteigt das Streulichtsignal deutlich die Alarmschwelle eines herkömmlichen Melders. Auch der falsch applizierte Algorithmus Personenschutz erzeugt einen Täuschungsvoralarm. Erst der optimierte Algorithmus unterdrückt effizient die Täuschungssignale (Fig. 4). Obwohl sich die Algorithmen in der Applikation stark unterscheiden, ist der Unterschied im Ansprechverhalten (EN-Testfeuer) relativ klein.

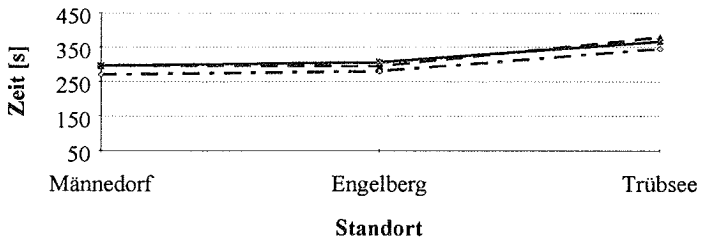
7. Zusammenfassung

Die Detektionssicherheit von automatischen Brandmeldesystemen muss stark verbessert werden. Dazu muss jedes Glied in der Detektionskette optimiert werden. Der robuste Sensor, die Staub-resistente optische Kammer, Multisensor-Melder, hohe elektromagnetische Verträglichkeit und leistungsstarke, an die Umgebung anpassbare Algorithmen sind wichtige Elemente, welche in einem interaktiven System mit verteilter Intelligenz wirkungsvoll implementiert werden können.

Testfeuer 2



Testfeuer 3



—○— m = 1 —△— dG = —◇— Algo —×— Algo
dB/m const "A" "B"

Fig. 1 a) Testfeuer 2 und b) Testfeuer 3. Eingezeichnet sind die Alarm-Ortskurven für die Algorithmen „A“ und „B“, die Ortskurven für konstante Rauchdichte „m=const“ und konstantes Abbrandgewicht „dG=const“.

Testfeuer 4

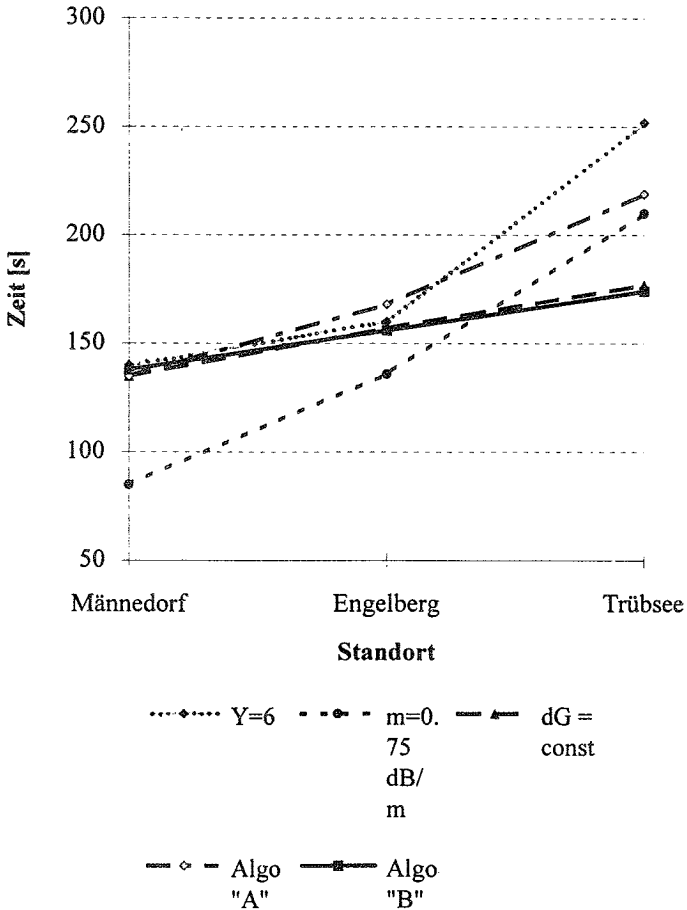


Fig. 2 Testfeuer 4 (Polyurethan-Brand). Eingezeichnet sind die Alarm-Ortskurven für die Algorithmen „A“ und „B“, die Ortskurven für konstante Rauchdichte „m=const“, „y = const.“ und konstantes Abbrandgewicht „dG=const“.

Testfeuer 5

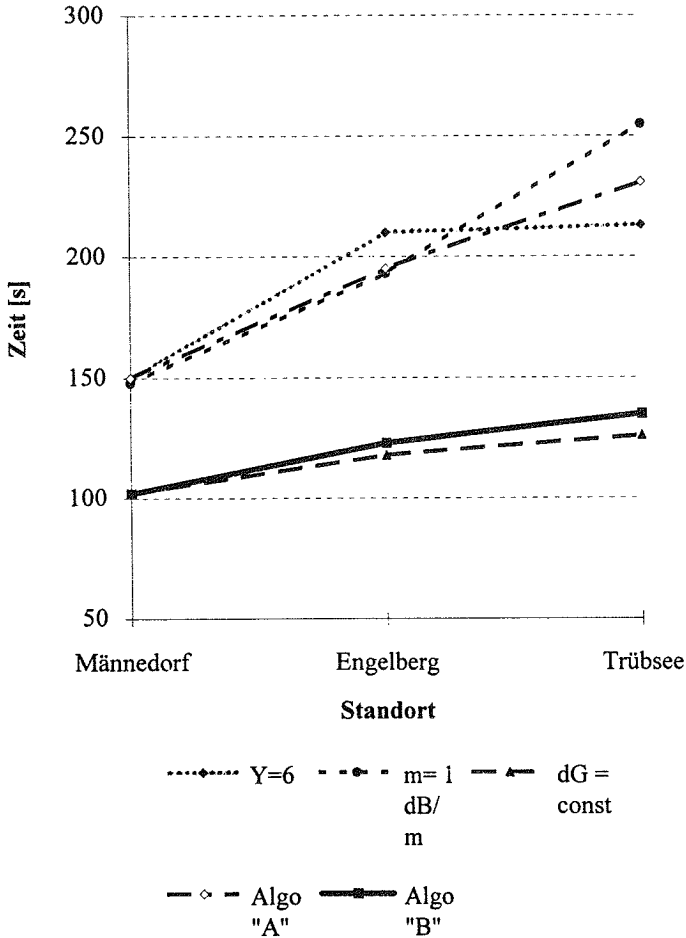


Fig. 3 Testfeuer 5 (Heptan-Brand). Eingezeichnet sind die Alarm-Ortskurven für die Algorithmen „A“ und „B“, die Ortskurven für konstante Rauchdichte „m=const“, „y = const.“ und konstantes Abbrandgewicht „dG=const“.

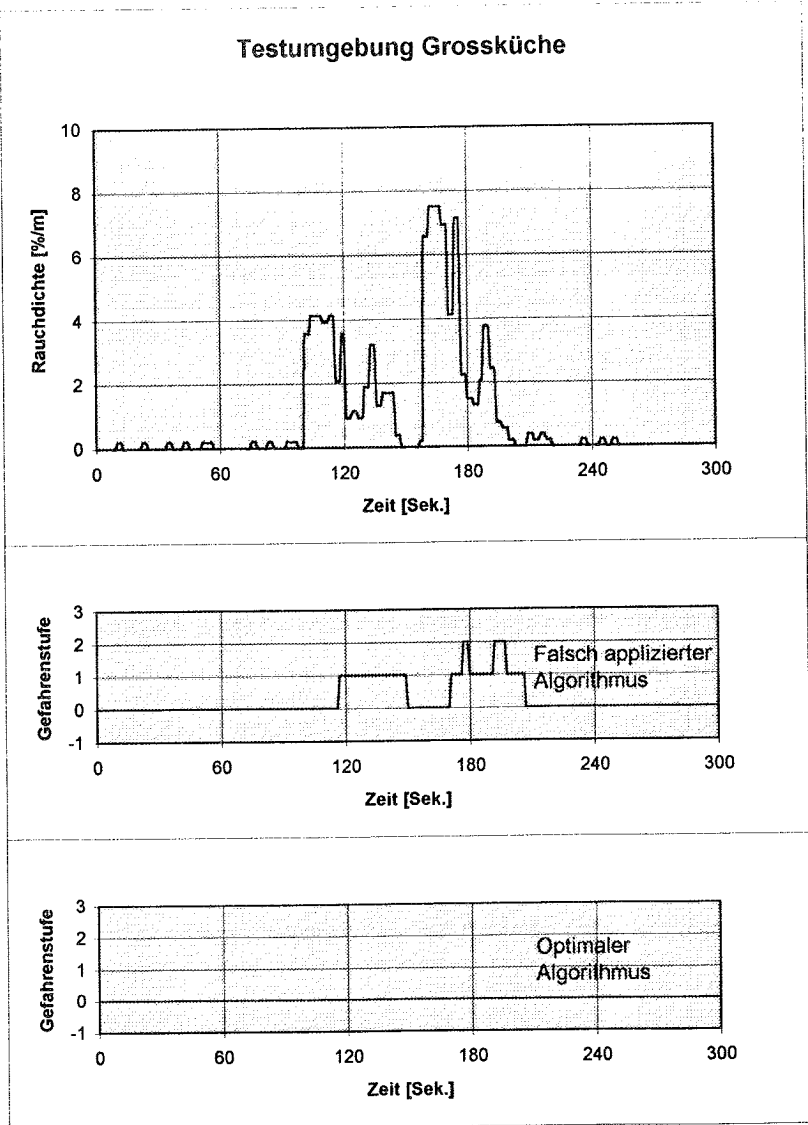


Fig. 4 Rohdatensignale und resultierende Gefahrenstufen aufgenommen in einer Grossküche mit dem Algorithmus „Sachwerte“ a) und b) dem optimierten Algorithmus. Eine Gefahrenstufe 3 entspricht einem lokalen Alarmentscheid.

D Appleby, Dr S H Ellwood
AW Technology Ltd, 41 Castle Street, Leicester, LE1 5WN, UK

Volumetric fire detection using imaging of fire products and transport phenomena

Abstract

The technical limitations of point fire detectors are discussed, and some techniques for volumetric fire detection are reviewed. It is proposed that the next step forward will be made possible by imaging technologies, in which more information can be made available for advanced signal processing. Two new types of detector are described, which make use of active and passive near infra-red (IR) imaging.

Introduction

At AUBE 89, the authors presented papers on a high performance point fire detector which combined an optical scatter and a thermal sensor (1), and on the algorithmic processing of the sensor signals (2). In recent years similar technology has emerged from other sources, and the benefits are now being more widely seen in fire detection markets. By AUBE 89 we had reached the conclusion that the fire detection performance, and the capability for rejecting false alarms, was fast approaching the optimum which could be practically expected from a system using point detectors. This view has been largely borne out in the light of experience, in spite of further advances, some of which are being reported at AUBE 95. New point detector technologies still under development will not fundamentally change the overall picture. The future of fire detection must lie with intelligent signal processing, and we suggest that only imaging volumetric detectors can provide information of sufficient quality for the benefits to be fully realised. New detector designs will soon be available, which we are confident will accelerate the process of technological change.

The limitations of point fire detectors

The method used by most analogue detection systems is to monitor the sensor output and analyse the integrals and differentials of the signals within various time domains. As well as helping to reject various sources of false alarms, valuable information can be obtained on growth of a fire, especially if the signals from more than one sensor are correlated. However, there are 4 basic factors, discussed below, which limit the performance of existing point fire detectors, and which are likely to remain largely true whatever further technical improvements are made.

- They depend on the transport of fire products (heat, smoke, gases) from fire to detector. This is governed by natural convection, driven by the energy released in combustion, although in the case of gases diffusion can play a role. The effectiveness of transport is significantly affected by many factors, including the ceiling height and room geometry, the presence of forced airflows, natural layers of warm air trapped near the ceiling, and above all by the heat output of the fire.

- If fire products reach the detector, they must be sampled by the sensing chambers. The sampling airflow is maintained by the tiny difference in pressure across the detector, resulting from the aerodynamic interaction with the convective airflow. Sampling occurs through a convoluted route including baffles, and a fine mesh intended to exclude insects, and is difficult at airspeeds below 0.1ms^{-1} , a condition which prevails in low energy, life threatening fires.

- The sampled volume is a tiny proportion of the total volume. Local effects which cause a significant signal (eg cigarette smoke, insects in the chamber, draughts on an ionisation chamber) may be interpreted as a fire in the whole volume. In order to help maximise the effective sampled volume, signal integration over time may be used, but this can lead to an unacceptable delay in the detection of a fire.

- Even if the concentration as function of time is monitored, the use to which the information can be put is fundamentally limited by sampling at only one point in the volume, since the energy of the combustion, the nature of the burning material, and the proximity of the combustion source to the detector cannot be predicted. More point detectors may be used and the signals from individual sampled points may be correlated in order to improve the picture, but this is complicated and expensive.

Point smoke detectors can be effective in detecting fires where the source of combustion is nearby. They may also appear to work well in the EN54:part 7 fire tests, but perhaps this is mainly because the fire tests which were chosen were the ones to which the then existing detectors responded well. Generally the problems are well known and need not be reiterated here. The situation is not helped by designers having to make arbitrary choices between different sensor types, with different characteristics, without foreknowledge of the likely fire risk over the working life.

Volumetric fire detection technologies

What is ideally needed is a detector which responds to events within the entire volume; a detector analogous to a human observer, who can quickly and unambiguously assess the presence of fire, even at a very early stage of its growth. Such an imaging detector would make use of information from the whole scene, using intelligent signal processing to deduce abnormal conditions. The key characteristic is that it cannot rely on the transport of fire products to the detector by convection or gaseous diffusion. There are two other forms of transfer of information from the fire to the detector; either by sound, or by electromagnetic radiation. For either of these, we may employ active or passive imaging mechanisms. In principle, many of the products of combustion may be imaged, either directly or indirectly, including gases and aerosols, and energy emitted in form of radiation, convected heat, or sound. We may also image the scene at various wavelengths. There are a great number of possibilities, some potentially more useful than others, and some currently ruled out because of the unavailability of appropriate sensing technologies. In the following sections, we cover some of the sensing mechanisms which show merit in terms of fire detection, and 2 detector designs close to practical exploitation.

Heat sensing by ultrasonic sound waves (patent pending)

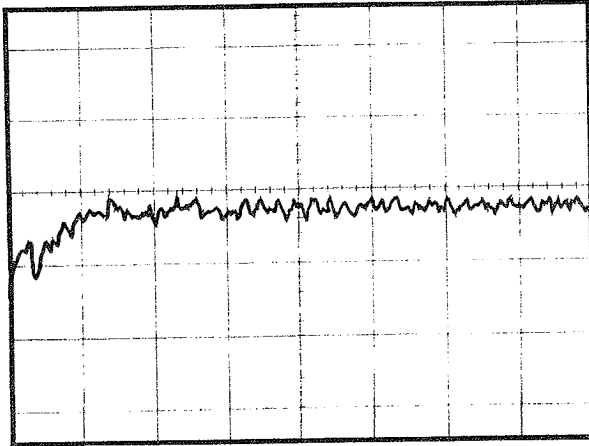
Heat sensing is not sufficient for all purpose fire detection, but it is important. The use of ultrasound has been neglected, but is interesting because it is sensitive, and can be easily combined with an ultrasonic motion intruder sensor. In the simplest, non spatially imaging form, a transmitter and a receiver are co-sited in each room. The sensitivity does vary somewhat with range, but the complete volume can be effectively imaged from any point by standing waves resulting from reflections off the room surfaces. The sensor works by the Doppler effect. For a source of frequency f , a reflector moving at a velocity v in line with a stationary source and receiver, and where u is the speed of sound in air, the apparent Doppler frequency is given by:

$$f_{\text{Doppler}} = (f * ((u / (u - 2v)) - 1)).$$

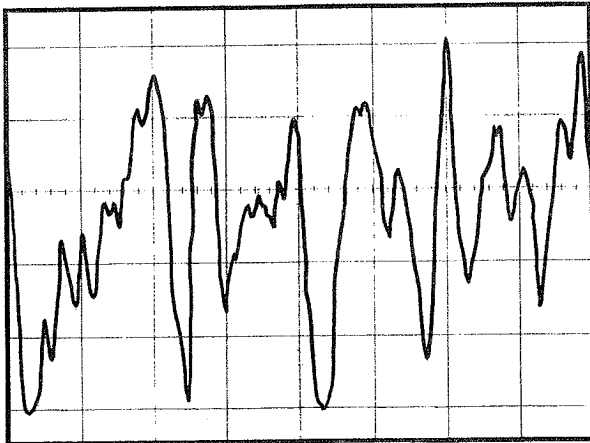
Figure 1 shows typical Doppler signals derived from a 40kHz carrier, in a room of about 40m³ volume: the quiescent background, and a small free burning fire with an output of about 10kW (10g of cellulose fibre burnt over about 20s). The fire signature has a chaotic form, very characteristic of convective hot sources, and it is possible to distinguish it from more constant sources of heat (eg fan blown space heaters). There is a mix of frequencies, but a component can be recognised at about 40Hz,

Figure 1 Ultrasonic Doppler signals

Quiescent background



10kW free burning fire



25 ms / division

which corresponds to motion at around 0.2ms^{-1} . The effect is probably caused by refraction at boundaries between the warmer convected bubbles of air within the general cooler mass, analogous to the mechanism which produces thermal flicker in an IR beam detector. The warm air lenses cause the path lengths of individual sound beams to change, disturbing the phase of the standing wave at the receiver. The wavelength of the ultrasound is about 8mm, significantly less than the size of the air bubbles. The signal processing required to discriminate the fire waveform from other disturbances closely resembles that for flame detection (see later).

The imaging of gases by bulk infra-red absorption

The volumetric imaging of gases for fire detection is seldom used, although long path IR absorption technology is now increasingly common for sensing gaseous hazards (eg CH_4), and for pollution monitoring. The prime products of combustion of organic materials are CO_2 and H_2O , both IR active molecules with absorption spectra at convenient wavelengths. However, in each case there is a significant natural (and variable) background level. An alternative would be to monitor for a product of incomplete combustion, eg CO . Although the expected concentrations are lower than for CO_2 , the ambient background level is also very low. If we take the case of a 10kW free burning fire in a volume of about 40m^3 , we have calculated rates of growth of fire products in the hot layer approximately as follows: temperature, 6°C per minute; CO_2 , 2000ppm per minute; CO , 7ppm per minute. Given that CO is likely to be more useful for detecting smouldering fires (as one criterion in a multi-criteria sensor), we can take say 100ppm as our reference level for CO , and 1000ppm for CO_2 . We could monitor these with an active IR beam, with a path length of say 10m across the protected volume. For CO_2 , the radiation extinction at the main mid IR absorption band ($4.3\mu\text{m}$), for the normal atmospheric concentration (350ppm), would be about 13%; which at 1350ppm would be modified to about 42%. This should be quite easy to resolve, although in order to achieve accuracy and stability it would be desirable to monitor the beam at the absorption peak and at a nearby reference wavelength, and also to correct for atmospheric pressure and ambient temperature. For CO , the situation is much more problematical; 100ppm would give an extinction (at $4.7\mu\text{m}$) of only about 0.5%. This is almost certainly impractical with present technology.

The imaging of flames

Flame detection is a well known technique, widely used where there is a risk of a hydrocarbon fire. Modern designs usually work either at ultraviolet wavelengths, or in the mid IR in the emission band of CO_2 at $4.3\mu\text{m}$ (3), the main reason being that the

atmosphere filters out sunlight at these wavelengths. With both types of sensing, there are disadvantages, and in spite of the attractions for detecting free burning fires flame detection has not come into general use. The peak black body radiation from a carbon based diffusion flame lies at about $1.8\mu\text{m}$. Silicon photodiodes operate close to the peak, are inexpensive, have a quantum efficiency close to unity, and are also easy to functionally monitor. They are the obvious choice for a flame detector in a multi-criteria imaging detector. The main problem is the sensitivity to sunlight and artificial light, and this is an area where great benefits can be obtained from advanced signal processing. The techniques described below have been found to be effective.

- The signal processing relies on the randomness of the frequency, as well as on the signal amplitude. There are many possible algorithmic approaches, the details being beyond the scope of this paper. Because the relevant range of signal frequencies is fairly low, the waveform may be sampled by an analogue to digital convertor at regular intervals, and the processing carried out in real time (and for a low power consumption) within a low cost single chip microcomputer.
- The scene may be imaged over a range of wavelengths and the shape of the black body emission curve analysed. The characteristic colour temperature of a carbon diffusion flame is very different from that of sunlight, fluorescent tubes, etc.
- Arrays of sensors may be used to divide up the field of view. A 2-dimensional high definition array (eg a silicon CCD) with sophisticated image processing could be used (this technology should not be ruled out in future), but even limited spatial resolution is useful. A fire will not exist simultaneously in all of the image fields, unless it is very close or large, in which case its presence will be obvious by the amount of radiation. The frequency and phase information (and the colour temperature) may be analysed for each image field, and correlated.

The most demanding environment is out of doors, where one troublesome interfering source has been found to be the modulation of sunlight by moving high level cloud (eg cirro-cumulus), which can closely emulate flame flicker. Using the above techniques, experiments have shown that it is possible to achieve sufficient sensitivity to detect the test fires in the prEN54-10, yet discriminate flames from potential sources of false alarms.

The imaging of smoke

Smoke detection by the extinction of a beam of near IR light projected through a volume is well known, and is an excellent means of detecting fires, responding to a wide range of smoke types. Both obscuration and scatter contribute to the reduction in beam intensity. Since the effective beam aperture is very small compared with the path length, light scattered at all angles is lost to the beam, making it responsive to very small particles. Beam smoke detectors are genuinely volumetric in that they integrate the total smoke in the path. The sensitivity can be at least comparable to point smoke detectors in small rooms, and very much better in large volumes. For example, for a single ended beam detector with an alarm threshold set at 10% extinction (quite realistic for a well designed detector) smoke must typically only be present in about 2m of the path for the sensitivity to exceed that of an optical scatter point detector. Beam smoke detectors are used in large volumes, with path lengths up to 100m. Most existing detectors are double ended, a transmitter and receiver being installed with a clear line of sight near the ceiling. Beam smoke detectors can be very economical. Taking the maximum spacings recommended in the British code of practice, the maximum coverage is 1400m². This area would otherwise require at least 14 point smoke detectors, with much higher installation and maintenance costs. Nevertheless, beam detectors currently take only a small share of the fire detection market. There are two underlying technical reasons for this.

- A good signal to noise ratio is essential, for fire detection and to identify attenuations caused by intervening objects. Only a tiny proportion of the emitted energy reaches the receiver. To achieve the required performance, detectors have traditionally been doubled ended, constructed with robust mechanics and optics, and have had a relatively high power consumption.

- Setting up and maintaining alignment between the transmitter and receiver is a problem. To minimise the risk of a receiver seeing an adjacent transmitter (as well as to maximise the signal to noise ratio) the field of emission and field of view are kept small (eg $\pm 1^\circ$). Alignment is generally by a mechanical adjustment, and can be a time consuming two-man job. Even if well installed, the beam intensity can vary and cause false alarms, as a result of temporary movements in the building structure caused by vibrations, wind, or temperature gradients.

The fundamental problem with existing detectors is that the imaging is crude. The detector monitors only for a reduction in intensity, which could have several causes. By using spatial imaging with optical arrays, and powerful signal processing, we can transform the performance.

Two different implementations of imaging smoke detectors, which use similar technology and components have been designed and are described below. Features include very low power consumption, to work on 2-core addressable circuits, and low installation, commissioning and maintenance costs. The enclosures are attractive and inobtrusive, making them ideal for use in prestige and historic buildings. An essential common feature is that the transmitter and receiver are contained in the same unit. Apart from the obvious cost savings, this makes possible some novel operating concepts, and also permits the received pulses to be correlated and synchronised with the emitted pulses. The detectors must work over a range of path lengths, and must have a very wide dynamic range (about $10^4:1$). This is achieved by a software control of both the emitted power and of the receiver gain. The dominant random noise source results from the photocurrent from ambient light. The emitted pulse and the receiver characteristics have been optimised to give a near theoretical performance, and the software dynamically monitors the signal to noise ratio and adjusts the operating mode and signal processing as necessary. The most serious interference is found to be fluorescent lights, which are often found in the receiver's field of view. These have a strong output in the near IR, and produce interference containing high frequency components. The signal processing software can greatly minimise these by monitoring and analysing the nature of the interfering waveform.

The imaging beam smoke detector (patent pending)

This is a single path detector, intended to replace existing beam smoke detectors, as well as point detectors in smaller volumes. It is primarily designed for single ended operation, suitable for most installations (with half path lengths from 5m to 50m). The unit can also operate double ended (with path lengths from 50m to 150m); this is not described in detail below, though the principles of operation are similar.

In single ended operation, IR pulses are emitted toward a prismatic retro-reflector. The field of view includes the field of emission. Both fields are large (24° horizontal by 10° vertical), so the detector normally requires no alignment in the horizontal axis, and only a check with a spirit level in the vertical axis. The field of emission is divided horizontally into 7 sub-fields, and the field of view into 4. The reflector can be

considered as a point which lies anywhere within the field of emission. In theory, the reflector returns radiation back along the same path, but in practice it lies within a cone, typically diverging by $\pm 0.2^\circ$ for a high quality reflector. The emitter and receiver arrays are designed with a spatial separation, to minimise signals from scattering and reflections in the near field. Because of this, the receiver optics does not lie completely within the cone up to a critical half path length. The relationship between the signal and the half path length is found to be fairly constant up to about 5m, then follows an inverse square law to about 25m, and an inverse 4th power law thereafter.

By selecting combinations of emitter and receiver sub-fields, the detector can plot a simple image in the horizontal plane through the point where the reflector lies. The optimum sub-fields are then selected to give the best signal. By concentrating the emitted energy in 1 or 2 sub-fields, and by using only 1 receiver sub-field, the signal to noise ratio is improved by a factor of up to 10. By analysing the image, the background signal level (mainly due to scattering in the near field) may be estimated, and used as the baseline to determine the true size of the retro-reflected signal. Normally the detector operates in a minimum power consumption mode, using the optimum sub-fields and monitoring the signal amplitude for a significant reduction. If this is seen, the emitter pulse rate is speeded up (and the pulse energy increased if possible) to improve the resolution over a short timescale, and imaging is repeated along the array. The detector software can thus confirm whether the reduction is due to extinction by smoke, obscuration by an object, or a drift in alignment.

Future development of the technology may improve the imaging resolution to sense the broadening of the image peak resulting from narrow angle forward scattering by smoke. This would produce a volumetric detector of exceptionally high reliability.

The volumetric fire detector (patent pending)

This is a new type of beam smoke detector, intended to supercede point detectors in medium sized rooms, especially where these are hard to install, eg because of a complicated ceiling profile. Because of the application, this detector is ideally suited to be combined with an auxiliary flame detector to give an all purpose volumetric fire detector. The transmitter and receiver unit is installed on a wall about 0.3m below the ceiling level. Individual beams with small emission fields ($\pm 2^\circ$) fan out over about 80° in the horizontal plane. No retro-reflectors are used; the unit relies on scatter and reflection from the opposite walls of the room. Consequently, no alignment or set up is necessary. As with the imaging beam detector, the emitter and receiver arrays are

spatially separated to minimise near field scattering and reflections. For half path lengths greater than 2m, the fields of view fully contain the emission fields, and the relationship between the signal and the half path length is an inverse square law. The maximum effective half path length is mainly governed by the amount of light reflected or scattered by the walls, and is typically 20m for the existing state of the art.

The signal from each beam is separately analysed by the software. The use of multiple beams ensures a much better geometric coverage than sensing at a single point, or even along one beam. It provides the important feature of redundancy; not all of the beams need to contribute a good signal, and it also reduces the risk of obscuration by objects (or a significant change in the properties of a surface) being sensed as a fire. The signal processing of the multiple signals can employ quite sophisticated rule sets. In the simplest set, a fire decision will result if all or a majority of the effective beams show a characteristic reduction in signal. More subtle combinations can also be used to achieve very early detection of fires.

AW Technology has carried out fire tests with such a volumetric beam sensor, combined with a flame sensor. What is particularly striking is the quality and diversity of the data obtained. For example, in a wooden crib fire, ignited with newspaper, it was possible to see the ignition of the primary fuel, followed by the secondary fuel, then by growth of the flaming fire, and of smoke emission. In the early stages of some fires, the signals from some beams can increase due to back-scattering. Fire product transport phenomena can also be observed as time lags between the extinction of different beams. It is this ability to monitor the development of a fire from its earliest stages which offers the real breakthrough towards intelligent fire detection.

References

- 1 Analogue optical/heat fire detector, S H Ellwood, AUBE 89.
- 2 A fire detection system using distributed processing, D Appleby, S H Ellwood, AUBE 89.
- 3 Flame detectors, J F Middleton, AUBE 89.

R.F. Richards, B.N. Munk, O.A. Plumb

Washington State University, Pullman, WA, USA

W.L. Grosshandler

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA

Fire Detection and Location through Inverse Problem Solution

Abstract

A proposed method of detecting, locating, and sizing accidental fires based on the solution of an inverse heat transfer problem is described. The accuracy of the inverse problem solution algorithm, both in locating fires and determining their heat release rate is evaluated using computer synthesized fire data. The validity of the evaluation is verified using published measurements from large scale compartment fire burns.

Introduction

Inverse problem solution methods represent a suite of powerful techniques that can be applied to the problem of fire detection. The theory of inverse heat transfer problems, is quite well developed. For example, the recovery of the location and heat release rates of internal heat sources in thermally conducting solids, in radiating gases, and in convective flow situations given a limited number of discrete transient temperature measurements has been demonstrated by various workers [1].

In the present work, the heat transfer problem of interest is the convective heating of a compartment ceiling by the buoyant plume and resulting ceiling jet of hot combustion gases originating from an accidental fire. Solution of the inverse heat transfer problem involves comparing transient temperature information gathered by sensors situated at discrete locations on the ceiling to predictions of those temperatures by a numerical fire model. Minimizing the residuals between measured and predicted temperatures gives the most probable location and heat release rate of the fire which generated the plume and ceiling jet.

In the proposed system transient temperature data are assumed to be collected by n discrete temperature sensors distributed in a square grid across the ceiling of the compartment. For the proposed system few limitations on the particular method of

gathering data for the inverse problem solution exist. As a result many potential sensor technologies could be candidates for an actual prototype. For example, conventional sensors such as thermocouples, or fusible links would serve well as sources of data. Newer technologies such as fiber optic sensors [2] and thermochromic liquid crystal sensors [3] now being developed promise the fire protection engineer more freedom in detection system design.

Inverse problem solution algorithm

The problem of locating a fire and determining its growth rate can be formally posed as an inverse problem. In the present study the problem is taken to be one of parameter estimation in which three unknown parameters are to be found: x , y , and α . The location of the fire is described by the Cartesian coordinates, (x,y) , where the fire is assumed to lie in the plane of the compartment floor. The fire growth rate is determined by the parameter α , which follows from the functional form of the fire heat release rate assumed in the present work:

$$Q = \alpha \cdot t^2 \quad (1)$$

The quadratic form is chosen following Heskestad's recommendation [4] for the initial stages of fire growth. Here Q is the fire's convective heat release rate in kW, and t is the elapsed time from the ignition of the fire in seconds. The parameter to be found, α , is seen to have units of kW/s^2 .

Solution of the inverse problem requires two steps: first prediction of the transient temperature field using a numerical fire model, and second minimization of the residuals between measured and predicted temperatures to determine the most probable location and heat release rate for the fire. The first step, determination of the temperature field given the heat source, is commonly referred to as solution of the forward problem. The second step, comparison of transient temperature data gathered by sensors to predictions of those temperatures by the numerical fire model to obtain location and heat release rate information about the fire, completes solution of the inverse problem.

In the present study the solution of the forward problem is found using the compartment fire model LAVENT. LAVENT, a two-zone fire model employing semi-

empirical models of the buoyant plume and ceiling jet is able to compute convective heat fluxes from a fire to the ceiling of a compartment [5]. LAVENT assumes that interactions between the plume and side wall are negligible, and that the compartment air is quiescent so that both the buoyant plume and ceiling jet remain axially symmetric about a vertical line drawn through the fire.

Forward problem solutions are found for a set of many fire scenarios, each consisting of a fire with a given location and growth rate, (x,y,α) , in the relevant compartment geometry. The zone fire model LAVENT, is employed to predict the transient temperature field across the compartment ceiling for each fire scenario (x,y,α) in the set. Using the transient temperature solution for each scenario, the times at which each sensor will be activated can be determined, given both the locations of the temperature-sensitive sensors and their activation temperature. In this way, times-to-activation for a complete set of fire scenarios, that is, for all possible fire locations and growth rates, can be generated. This collection of predicted times-to-activation covering all possible fire scenarios constitutes the database of forward problem solutions used for the inverse problem solution.

In the present study a complete set of fire scenarios consisted of eight discrete growth rates from the range $0.001 < \alpha < 0.06 \text{ kW/s}^2$, and 400 locations situated on a square grid at increments of $0.05D$ (where D is the distance between sensors) in x and y . Due to symmetry only 66 of the 400 fire locations were unique. Therefore, a complete set of forward problem solutions required a database of 528 fire scenarios. Forward problem solutions were pre-calculated and stored in RAM in the form of the locations and times-to-activation of the first five sensors to be activated by the fire: $(x_i, y_i, t_{a,i}; i=1 \text{ to } 5)$.

Given a complete set of forward solutions, the inverse problem solution algorithm can be applied to a fire of unknown location and growth rate. The data required for the inverse problem solution are the times at which individual sensors are activated as a result of the plume of hot gases rising from the fire. Only times-to-activation for the first five sensors ($n=5$) activated in a given fire scenario are required. The inversion algorithm proceeds by subtracting measured times-to-activation from predicted times-to-activation and then summing the squares of the differences. The

solution to the inverse problem is taken to be the values of the parameters x , y , and α for the fire scenario which minimizes the sum of squares of residuals over the complete set of fire scenarios

Simulated fire detection system

The performance of the inverse problem solution algorithm, on which the proposed fire detection system is based, was evaluated by simulating fires with known location and growth rate (x,y,α) in a compartment. Sensor times-to-activation calculated for the simulated fires were then used as data for the inversion algorithm to reconstruct the location and heat release rate of the simulated fires. To provide a statistical basis for the evaluation of the inverse algorithm, each test consisted of 1000 simulated fires, each with a randomly chosen location, and a fixed growth rate.

All simulations were run assuming a compartment $3 \times 20 \times 20$ m in size, with a smooth, insulated ceiling. In addition, the compartment was assumed to be completely enclosed, without sources of ventilation. The temperature sensors for the detection system were assumed to be distributed on a square grid, spaced three meters apart. The activation temperature for the temperature sensors was selected to be $T_a = 311$ K. The sensors were assumed to hang in the hottest part of the ceiling jet, between 0 and 10 cm from the ceiling. The sensors were assumed to have negligibly small thermal mass so that their time response would be essentially instantaneous

Simulation of fire data

The fire model, LAVENT, was used to synthesize the compartment fire data required by the inverse problem solution algorithm, the sensor times-to-activation. To include the effects of uncertainty that would inevitably arise in a real system, both random and systematic errors were then added to the LAVENT synthesized fire data. Use of the same model to synthesize and then to invert data allowed the effects of these errors added to the synthesized data to be quantified.

Two types of error were added to the LAVENT synthesized data. To account for uncertainty inherent in the fire model used to produce the forward solution, a systematic error was added to the simulated sensor times-to-activation. The systematic error was

assumed to be linear in elapsed time. To account for sensor measurement error, random values were also added to the simulated sensor times-to-activation. In this case, the error added was randomly chosen from a Gaussian distribution with a mean value of zero. Simulated times-to-activation, $t_{sim,i}$ were then:

$$\hat{t}_{sim,i} = \hat{t}_{LAV,i} + (a + b\hat{t}_{LAV,i}) + G(\sigma) \quad (2)$$

where $t_{LAV,i}$ is the time-to-activation of the i th sensor as calculated by LAVENT, a and b are constants characterizing systematic error, and $G(\sigma)$ is a random number chosen from a normal distribution with standard deviation σ . Note that the parameter a has units of seconds and represents a constant time bias, while the parameter b , which is dimensionless, represents a constant percentage error in elapsed time.

To verify that the evaluation of the proposed fire detection system using synthesized compartment fire data gave realistic results, a parallel evaluation based on experimental measurements was undertaken. Measurements made during large scale test burns of wood crib fires at the Factory Mutual Research Center by Heskestad and Delichatsios [6] provided a set of realistic fire data. In that paper, measurements of ceiling jet temperatures were given versus time and radii from the fires, for eight different fires. Unfortunately, the ceiling jet temperatures reported by Heskestad and Delichatsios were given at only six radial locations. As a result, a means to 'interpolate' transient temperature data, at radial distances between those distances for which Heskestad and Delichatsios reported measurements, was employed.

The interpolation of transient temperature data from the measurements was accomplished by fitting the measurements to a correlation reported in the same work. Residuals for the data with respect to the correlation were calculated and found to fit a Gaussian distribution. Data could be generated at arbitrary radial positions by using the original correlation and then adding to the result, residuals randomly chosen from the Gaussian distribution. Temperature data generated in this way would have statistical properties identical to the original measurements.

Results

Results of the evaluation of the inverse problem solution algorithm for fire detection are given in Figs. 1 through 6. Two results are of particular interest in the

present study: the speed with which the system can detect a fire, and the accuracy with which the inverse algorithm can locate and size the fire.

Figure 1 shows probability distribution functions (pdf's) for times-to-activation for the first and fifth sensors for a slow-growing fire ($\alpha=2.98 \text{ W/s}^2$) and a fast-growing fire ($\alpha=42.6 \text{ W/s}^2$). Upon activation of the fifth sensor the inversion algorithm has sufficient information to locate the fire. The slow-growing fire is seen to be located in three minutes and the fast-growing fire within one minute.

Figures 2a and b demonstrate the effect of random errors and systematic errors on the inversion algorithm's accuracy in predicting fire location. Results for both slow-growing and fast-growing fires are given. Location error is reported as the distance between predicted and actual fire locations, given in centimeters. The effect of random error is shown in Fig.2a. In that figure, where no systematic error has been added (LAVENT is assumed to be a "perfect" fire model), pdf's for simulations of fires with no random error ($\sigma=0 \text{ sec}$) or moderate random error ($\sigma=5 \text{ sec}$), are given. Figure 2b shows the effect of systematic or model error on the accuracy of the inversion algorithm to predict the fire location. Pdf's are given for fire data with an added random error with $\sigma=5\text{s}$ for cases of systematic error corresponding to $a=0\text{s}$, $a=40\text{s}$, $b=0$, and $b=0.6$.

Errors in location predictions by the inverse problem solution algorithm are seen to be much more sensitive to random errors in fire data than to systematic errors in the fire model. This conclusion can be seen more clearly in Figs 3a and 3b where results for fast-growing fires are given. In Figs. 3a and b both the median location error and 95% confidence intervals about the median error are plotted versus random error standard deviation, σ . The 95% confidence interval represents a location error greater than the location errors for 95% or 950 out of 1000 fires in a test run. In Fig. 3a location error is plotted for three cases of systematic error: $a=0, 20, 40 \text{ sec}$ with $b= 0.0$ while in Fig. 3b location error is plotted for three other cases of systematic error: $a=0 \text{ sec}$ with $b=0, 0.2, 0.4$.

In both figures varying systematic error by varying the parameters a and b has little effect on either the median or the 95% confidence intervals for location errors. On the other hand, increasing the random error standard deviation, σ , causes monotonic

increases in both the inversion algorithm's median location error and 95% confidence interval.

Figures 4a and b demonstrate the effect of random and systematic errors on the accuracy of the inversion algorithm to predict the fire heat release rate for fast and slow-growing fires. Heat release rate error is reported as the ratio of heat release rate predicted by the inversion algorithm, divided by the actual fire's heat release rate, at the time of the fifth sensor activation. The effect of random error is shown in Fig. 4a where pdf's are given for fire data with $\sigma=0$ and 5 sec with no systematic error. The effect of systematic error is shown in Fig. 4b where pdf's are given for fire data with added random error with $\sigma=5$ s and cases of systematic error corresponding to $a=0$ s, $a=40$ s, $b=0$, and $b=0.6$.

Figures 5 a and b show the large errors in heat release rate predictions that systematic errors in the fire model used in the inversion algorithm can lead to. Results given are for fast-growing fires only. Predicted heat release rate is seen to drop monotonically below actual heat release rate as either parameter a or b increases. Random errors can be seen to have little effect on the median heat release rate error, although larger random errors do cause the 95% confidence intervals on heat release rate error to spread substantially.

Figures 6 a and b show a comparison between evaluations based on LAVENT synthesized data and on the experimental measurements taken in a fast-growing fire as reported in reference [6]. The LAVENT synthesized data contain random error with $\sigma=5$ sec and systematic error with $a=20$ sec and $b=0.20$. The LAVENT synthesized data are seen to produce results indistinguishable from results based on measurements, if the proper random and systematic errors are applied.

Conclusions

A proposed fire detection system based on the use an inversion algorithm capable of determining the location and heat release rate of a fire has been described. An evaluation of the system under computer simulated fire conditions has produced three major results:

First, the proposed system can provide a quick response to the ignition of an accidental fire. A fast-going fire can be detected within one minute and a slow-growing fire within three minutes.

Second, the inversion algorithm shows the potential to provide accurate location and fire heat release rate information. Even with large random measurement and systematic model errors 95% of all simulated fires were located within one meter or to within one-third the sensor-to-sensor distance. Determining the size or heat release rate of a fire has been shown to be a more difficult task. With random and systematic errors of the magnitude simulated in the present study an inversion algorithm in fire detection duty could be reasonably expected to find the heat release rate of an accidental fire only to within a factor of five.

Third, the use of synthesized data in the evaluation of the proposed inverse algorithm based fire detection system has been validated. Results of the evaluation based on computer synthesized data have been shown to be similar to results based on measurements of large scale fire tests.

Acknowledgments

This work has been supported by the Building and Fire Research Laboratory of NIST through contract number 60NANB2D1290.

References

1. Ozisik, N.M., Heat Conduction, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York pp.571-616 (1993).
2. Falco, L. and Debergh, P., "Optical Fiber Alarm System," AUBE '89, University of Duisburg, Germany, Oct. (1989).
3. Bakkom, A.W., Richards, R.F., and Plumb, O.A., "Design of a prototype video-based fire detection system," NIST Ann. Conf. of Fire Research, Gaithersburg, MD, Oct. (1994).
4. Heskestad, G., "Engineering relations for fire plumes," Society of Fire Protection Engineers, Technology report 82-8 (1982).
5. Cooper, L.Y., "Estimating the environment and response of sprinkler links in compartment fires with draft curtains and fusible link-actuated ceiling vents-theory," Fire Safety Journal, v.16, 137-163 (1990).
6. Heskestad, G., and Delichatsios, M.A., "The initial convective flow in fire," 17th Symposium (International) on Combustion, 1113-1123 (1985).

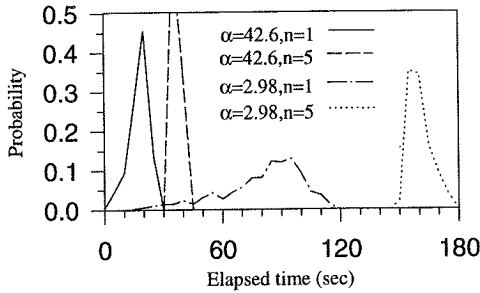


Fig. 1 PDF's for time to activation of first and fifth sensors

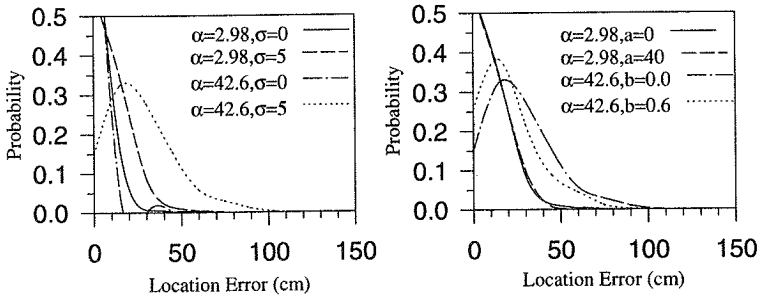


Fig. 2a,b Location error PDF's for various levels of random and systematic error.
(Fig. 2a: $\sigma = 0,5s$; Fig.2b: $a = 0,40s, b = 0$ & $a = 0s, b = 0,0,0.6$)

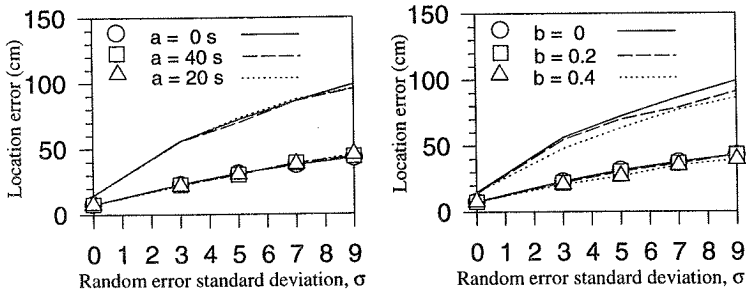


Fig. 3a,b Median location error with 95% confidence interval versus random error standard deviation, σ (Fig. 3a: $a = 0,20,40s, b = 0$; Fig.3b: $a = 0s, b = 0,0,2,0,4$).

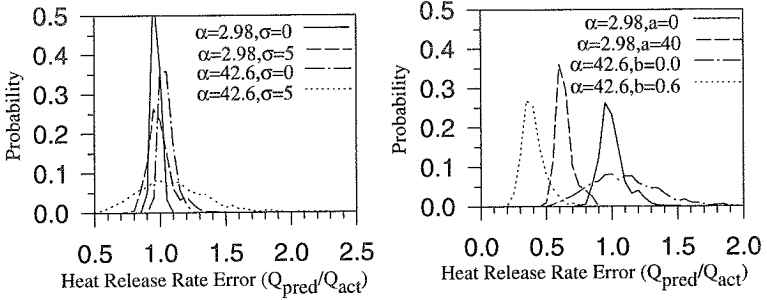


Fig. 4a,b Heat release rate error PDF's for various levels of random and systematic error. (Fig.4a: $\sigma = 0,5s$; Fig.4b: $a = 0,40s$; $b = 0$ & $a = 0s$; $b = 0,0,0,6$)

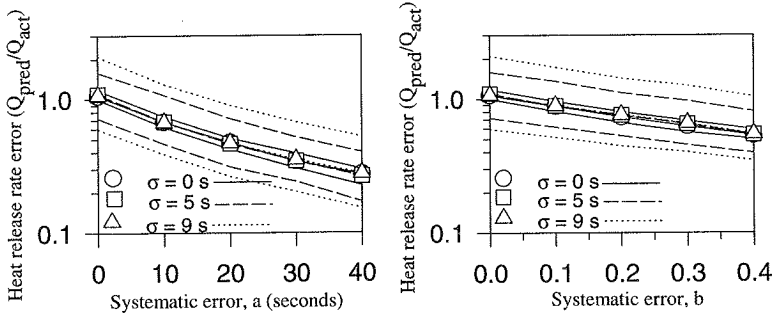


Fig. 5a,b Median heat rate error with 95% confidence intervals versus systematic error. (Fig.5a: $b = 0$, $\sigma = 0,5,9s$; Fig.5b: $a = 0$, $\sigma = 0,5,9s$).

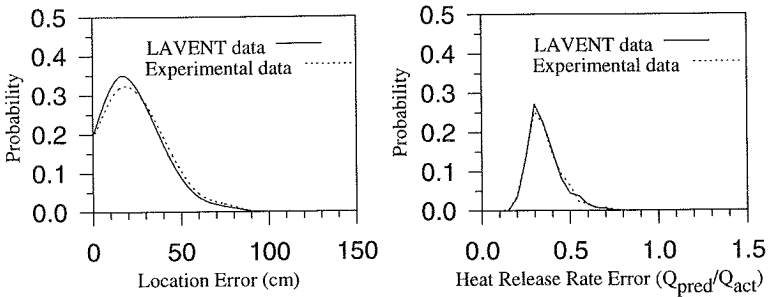


Fig. 6a,b Comparison of evaluations using LAVENT data and experimental data. (LAVENT data with random error $\sigma = 5s$, systematic error: $a = 20s, b = 0.2$)

Sanjay Aggarwal and Vahid Motevalli¹

Center for Firesafety Studies

Worcester Polytechnic Institute

Worcester, MA 01609, USA

Study of Smoke Generated by non-Flaming Sources for Fuel Identification

ABSTRACT

Smoke detector performance depends on the detector and smoke characteristics as two decoupled phenomena. In this work, smoke properties, on which various smoke detection principles are based, are simultaneously measured in an enclosure using existing reference smoke detection systems. The measured smoke properties are scattered light intensity, response of Measuring Ionization Chamber (MIC), obscuration, smoke particle density, and fuel mass loss. Data were collected for conventional fuels like wood, paper, nylon, wool, polyurethane, PMMA, and also for non-conventional fuels like cooking oil and bread. The fuels were ranked nearly consistently, but in reverse order, based on ionization and light scattering reference detector responses. Discrimination of fuels using a simplified Mie scattering theory was examined. The analysis indicates that the Mie scattering coefficients are fuel dependent and may be essentially unique to each fuel, however, an overall classification of different fuels using these coefficients may not be practical and requires more precise measurements.

INTRODUCTION

Recent NFPA studies indicate that most smoke related deaths in the U.S. occurred when the detectors were non-operational (Hall, 1994). He concluded that false alarms contributed significantly to detectors being non-operational due to disabling of detectors by occupants. Elimination of false alarms as well as early detection are some of the most important challenges that remain in addressing smoke detection research.

Early detection of smoldering fires is one of the most difficult problems which usually requires highly sensitive aspiration type smoke detection systems. In order to use current spot type detector technology for such early detection, while keeping the false alarm rate to a minimum, a combination of lower alarm thresholds, improved

¹ Corresponding Author, currently on sabbatical at the George Washington University, National Crash Analysis Center, 801 22nd St., NW T703, Washington, D.C. 20052

sensors and some "smart" algorithms are necessary. Many causes of false alarms are non-fire sources. Thus, one of the key areas of focus in smoke characterization is the ability to distinguish between different types of smoke.

Background

Almost 20 years ago, Lee and Mulholland (1977) stated that to minimize false alarms from ambient aerosols and non-fire sources, a new generation of detectors capable of differentiating among various types of smoke are needed. Particle size distribution, number concentration, mass concentration, and refractive index, which are reported in the literature (Bankston et al., 1978; Bankston, 1981), were identified as the attributes sensed by the smoke detectors, and it was proposed that the new detector design technology should characterize smoke in terms of these attributes. Although highly sensitive smoke detectors like, VESDA and AnaLaser (Fenwall, 1992) basically work as smoke particle counters, they are very sensitive detectors (prone to false alarm) and are expensive systems requiring piping to sample throughout a volume. Moreover, they are still unable to differentiate between fire and non-fire aerosols. Use of multi-sensor detectors such as; combination of smoke and temperature sensors (Siebel, 1991), which does not detect smoldering fires readily, temperature, smoke, and gas (CO) sensors (Ishii et al., 1991) and cross-correlation of sensor signal pairs; CO and measuring ionization chamber (MIC); and CO₂ and temperature sensor (Heskestad & Newman, 1992) have been very encouraging. These efforts and other works signify that the need for using multiple detection techniques and processing their signals simultaneously for fuel identification has been clearly identified. However, use of the most common smoke detectors i.e., ionization and light-scattering detectors, for the purpose of smoke characterization and fuel identification would be most desirable.

THEORY

The general principles of operation of ionization and light scattering detectors are quite well-known. These principles are used in combination to describe the approach to fuel identification.

Smoke particles are generally considered small to medium (i.e., 0.1 to 4.0 micrometers) and the light scattering detector operation falls well within the boundaries of the Mie scattering region (Pistor, 1976; Mulholland, 1988). Although smoke contains many non-spherical particles, the basic equations for light scattered by

spherical particles are often used in smoke detector design calculations (Pistor, 1976). In such calculations, the multiple scattering effects are often ignored, as the scatter volume of smoke within the smoke detector chamber is quite small. Meacham & Motevalli (1992) used Mie scattering theory to calculate the intensity of light scattered by smoke particles and found the results in good agreement with the experimentally measured values.

Ignoring multiple scattering effects, the basic equation for scatter from a single particle can be applied to a medium containing N_o homogeneous particles with a mean geometric diameter, d ; in the scatter volume, V_s (Meacham & Motevalli, 1992):

$$I_s = I_{s,total} = \sum_{i=1}^{N_o} I_{s,single} = I_o \frac{\lambda^2 N_o V_s}{8 \pi^2 l^2} (i_1 + i_2) \quad (1)$$

where, I_s and I_o are the intensity of the scattered and incident light (in W/m^2), respectively, λ is the wavelength of the incident light, l the distance of the receiver from the center of the particle and i_1, i_2 ($=f\{\alpha, \theta, m\}$) are Mie scattering coefficients.

The scattered light intensity strongly depends on the scatter angle, θ ; on the particle diameter, d ; and on the refractive index, m . In equation (1), only $(i_1 + i_2)$ depends on θ , d , and m . Therefore, it can be concluded that scattered light intensity is a strong function of the Mie scattering coefficients. As the refractive index and the particle size of smoke particles depend on the burning material, the Mie scattering coefficient $(i_1 + i_2)$ are expected to be fuel dependent.

The output of a Measuring Ionization Chamber (MIC) can also be expressed by the quantity called Y-value, which was introduced by Hosemann (1972) in his theoretical study of ionization chambers. Hosemann (1972) concluded that the Y-value is proportional to the number of smoke particles per unit volume and the mean diameter of the smoke particles:

$$Y = \frac{d}{\eta} N_o \quad (2)$$

where η is the ionization chamber constant.

Objective and Approach

One can use equation (1) to solve for $(i_1 + i_2)$. All terms in that equation are detector dependent, except I_s , which is the measured output of the detector, and N_o ,

which is an unknown. Having reviewed the ionization chamber theory and equation (2) one can propose to use the ionization chamber to determine N_0 using either an in-situ measurement of d or a library of such values. Clearly, the latter is more reliable and preferred.

The objectives of this work were to evaluate the response of idealized ionization and light scattering detectors to non-flaming sources and to determine the Mie scattering coefficients for the smoke using available smoke detection technology.

In order to calculate N_0 from the MIC output, η was determined through calibration (Aggarwal, 1995) and d was determined using AnaLaser (Kidde-Fenwal Safety Systems, Inc.) as a particle counter detector (measuring N_0) during the period when smoke density was very low (AnaLaser system would saturate for obscuration $>0.36\%/m$). The obtained mean particle diameter was assumed to remain approximately constant and was used later with the measured Y and equation (2) to provide N_0 as a function of time.

Instrumentation and Data Acquisition System

The Scattered Light Intensity Detector (SLDI), developed previously (Meacham and Motevalli, 1992) and later modified by Putorti (1992), was used as an ideal light scattering type detector since it offers no resistance to smoke flow through the sensing volume. The SLDI consists of a solid-state Ga-As laser (904 nm) and a number of photodiodes arranged at several forward and back scatter angles to the laser beam. In this work, only the 20° forward scattered light intensity was used. MIC used in this work was provided by Cerberus and was used in its recommended configuration.

The MIREX was also supplied by Cerberus, Ltd. It was used to measure smoke density according to the light extinction principle (using an IR source). The AnaLaser is a high sensitivity aspiration type particle counting smoke detection system. When particles are drawn through the laser beam, the light is scattered to a light sensor photo diode array whose response is a direct counting of the number of particles per unit time for a known flow rate through the device. The AnaLaser can detect smoke at obscuration levels as low as $0.009\%/m$; however, it becomes saturated at obscurations above $0.18\%/m$ (which was increased to $0.35\%/m$ by adjusting its hardware).

EXPERIMENTAL PLAN

The experiments were conducted in a test enclosure; 2.44 meters long, 1.83 meters

wide, and 1.83 meters high. The SLDI, the MIREX, and the MIC were located under the ceiling of the test room, and the load cell with the heater and the fuel

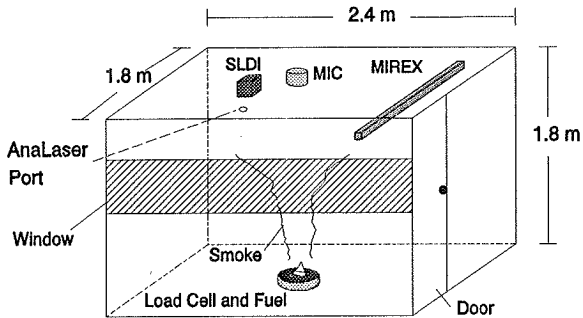


Figure-1 - Test Enclosure

were placed on the floor (see Fig. 1). AnaLaser port was inserted at the top flush with the ceiling.

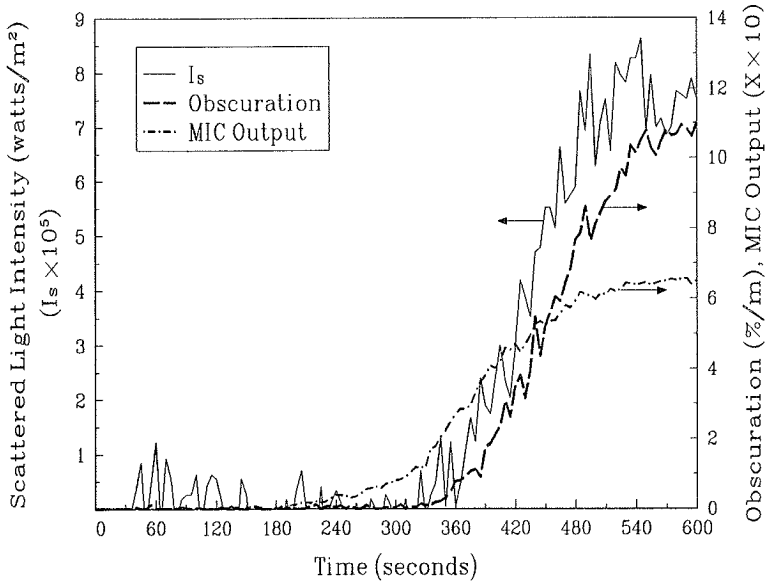


Figure 2 - Variation of scattered light intensity, MIC output, and obscuration within the test enclosure. Fuel was wool.

A number of fuels representing typical construction, residential use, etc., were selected and are listed in 3 different categories: (a) Cellulosic Material: Paper (α

-cellulose), Douglas Fir (D.Fir), and Particle Board (PB), (b) Synthetic Material: PMMA, Polyurethane Foam (Rigid)(PF), and Nylon, (c) Natural Fiber: Pure Wool (treated for moth) and (d) Food matter: Cooking oil (corn), Bread (white flour). The fuels were conditioned according to ASTM E662-93.

RESULTS and DISCUSSIONS

The scattered light intensity (SLDI output, $\theta=20^\circ$), the MIC output, obscuration,

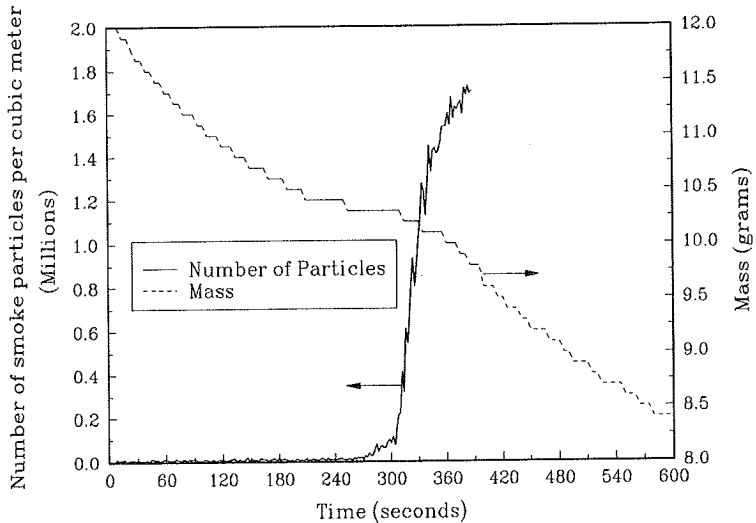


Figure 3 - Variation of smoke particle number concentration as measured by AnaLaser and fuel mass. Fuel was wool.

particle concentration, and mass loss were measured during each experiment. These five variables were plotted with respect to time in two graphs. The scattered light intensity, the obscuration, and the MIC output, corresponding to the output signals of the three most commonly used smoke detectors, were plotted on one graph as shown in Figure 2, and the mass loss and the particle concentration were plotted on a separate graph as shown in Figure 3. The tests were repeated three times for each fuel to examine experiment repeatability, based on the mass loss, SLDI and MIREX measurements (and were found to be reasonably repeatable) and to obtain additional data (for more details see Aggarwal, 1995).

The obscuration and the scattered light intensity curves were quite similar in

trend, Figure 4. However, later examination shows that such comparison of obscuration and scattered intensity may be misleading. The MIC early respond shown in these plots was due to the smoke being into the camber at a rate of 30 lpm (active).

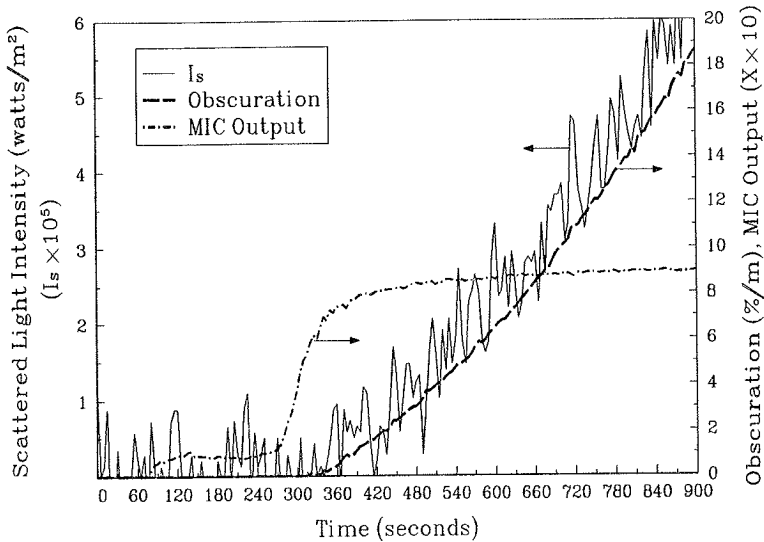


Figure 4 - MIC, MIREX and SLDI response to burning of PMMA in non-flaming mode.

In contrast, SLDI and MIREX (passive instruments), needed a smoke layer build up of about 4 cm of smoke layer before the sensors would come in contact with the smoke. The MIC responded during the initial heating of PMMA and cooking oil, and its response was considerably higher than the MIREX and the SLDI (Figures 4 and 5). This shows the sensitivity of MIC to the smaller particles generated when PMMA cooking oil are initially heated which decreases the ionization current of MIC, but could not obscure or scatter any light for the MIREX and the SLDI to respond.

In Figures 6a and 6b, the change in optical density with the increase in fuel mass loss is shown. The nine fuels were divided in two graphs because the total mass loss was very small for the fuels like douglas fir and very large for the fuels like PMMA. Optical density depends on smoke concentration which in turn depends on the fuel

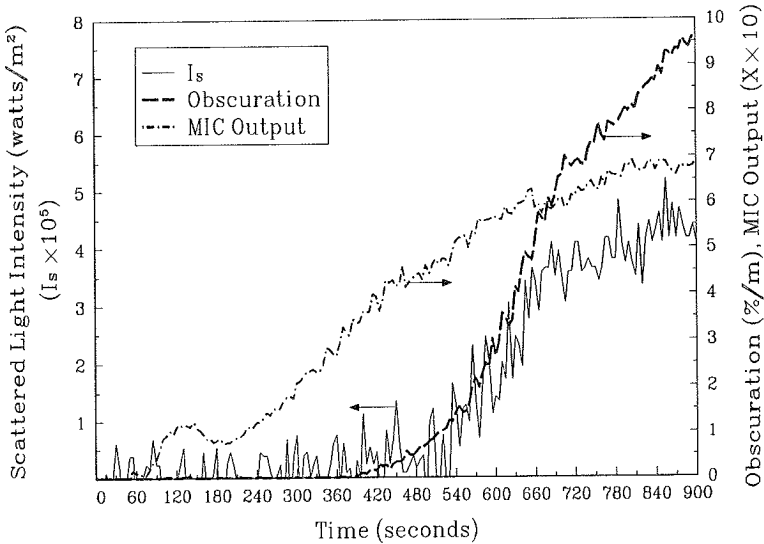


Figure 5 - Response of MIC, MIREX and SLDI to cooking oil fumes

burning regime and smoke

generation rate. As shown in these figures, the cellulosic materials like paper and douglas fir have the highest smoke generation per unit mass loss, followed by particle board and bread. PMMA has the lowest smoke generation. Polyurethane foam, cooking oil, and wool also have relatively low smoke generation per unit mass loss. It seems that the cellulosic materials tested have higher smoke generation per unit mass than most of the synthetic materials.

In Figure 7, the measured scattered light intensity is correlated with the optical density in the enclosure for all the nine fuels. Among these fuels, the light scattered by smoke from paper seems to have an almost linear relation with the optical density while other fuels, to different degrees, deviate from such linearity. The light scattered intensity is lowest for PMMA for increasing optical density. The trend among the fuels does not seem to be totally consistent with the limited smoke particle diameter data indicating that other factors, θ , m and (i_1+i_2) play an important role. That means the light scattering detector response depends on the type and regime of fuel burning. The

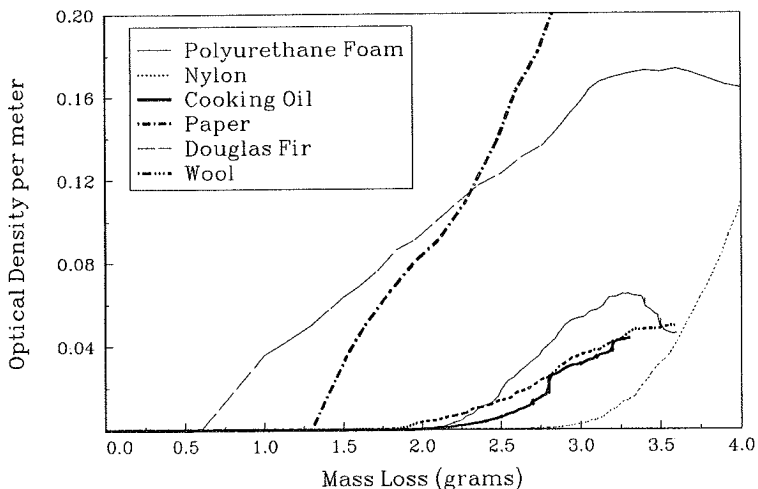


Figure 6a - Change in optical density with increase in mass loss for various fuels

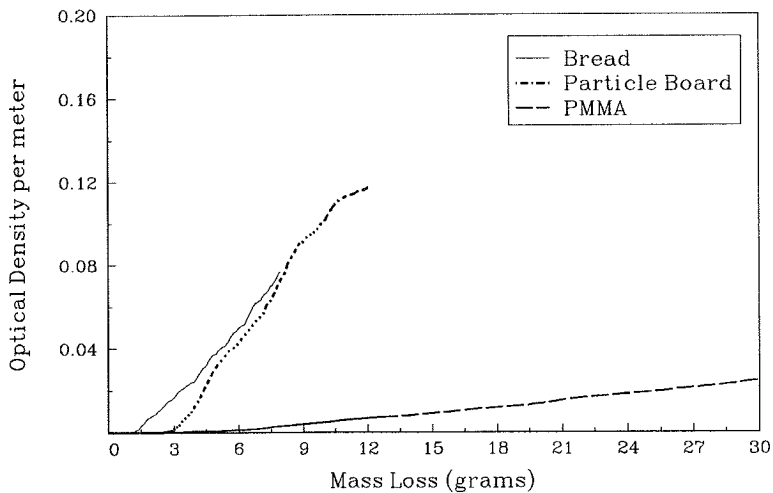


Figure 6b - Change in optical density with increase in mass loss for various fuels

scattered light intensity at same optical density was the highest for paper, and the lowest

for PMMA.

In Figure 8, the MIC response is distinct at the same optical density level for most of the fuels and a ranking is almost obvious. Here, nylon, cooking oil, particle

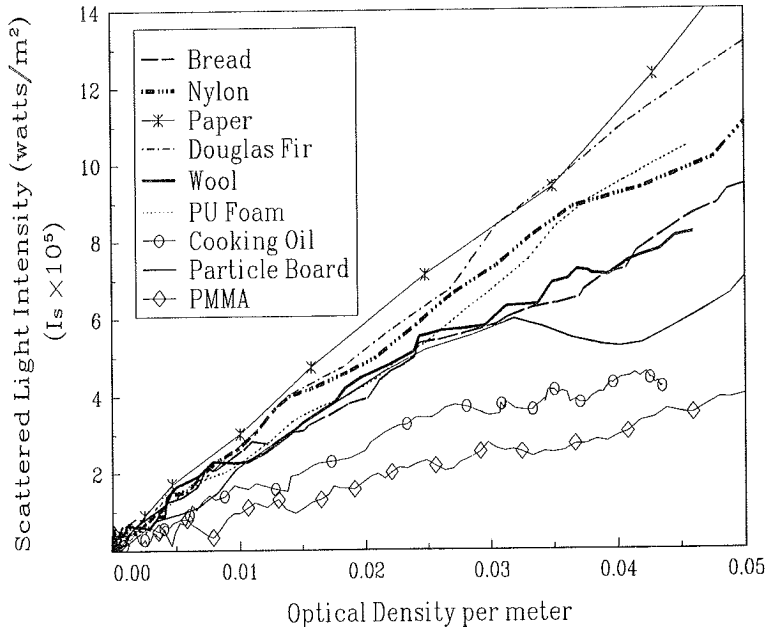


Figure 7 - Correlation of Scattered light intensity with variation in the optical density within the test enclosure for various fuels

board, and PMMA have a high MIC response with MIC response being highest for PMMA and lowest for the paper. The MIC response was almost same for bread, polyurethane foam, and wool. Similarly, the MIC response for nylon, cooking oil, and particle board was almost the same. In general, MIC response was poor for the cellulosic materials like paper and douglas fir and was good for the synthetic material like PMMA.

A ranking of the material based on the Y and I_s values are presented in Table 1. The consistency is remarkable. The order of the ranking is almost exactly reversed for the two detection methods.

Calculation of $i_1 + i_2$

For calculating ($i_1 + i_2$), the number concentration, the MIC output, and the scattered light intensity were used. The lag between MIC, MIREX and SLDI (due to active vs. passive system) became negligible at high obscuration level and when a homogeneous layer was attained.

	<u>Fuel</u>	<u>Y value</u>	<u>Fuel</u>	<u>$I_s(x10^5)$</u>
1.	PMMA	8.2	Paper	11
2.	P.B.	3 ⁺	D.Fir	10.5
3.	Nylon	3	P.Foam	9.0
4.	Oil	2.8	Nylon	8.5
5.	Bread	2.2	Wool	7
6.	Wool	2.1	Bread	7
7.	P.Foam	2.0	P.B.	5
8.	D.Fir	1.1	Oil	4
9.	Paper	0.45	PMMA	3

Table 1 - Ranking of fuels based on Y and I_s at OD = 0.04/m.

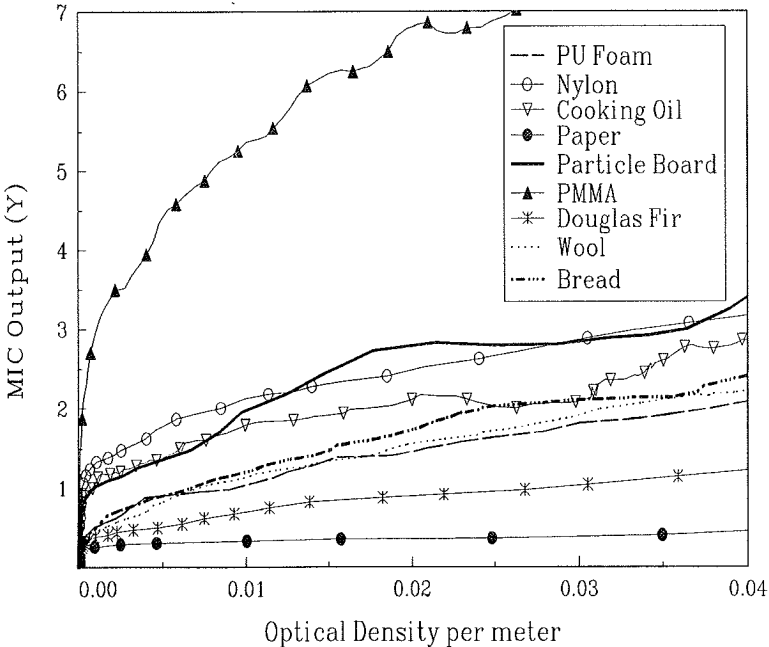


Figure 8 - Correlation of normalized MIC output (Y) with the optical density for various fuels

Therefore, ($i_1 + i_2$) was calculated for time periods when the measurements were relatively steady. Calculated values of ($i_1 + i_2$) were fairly constant in these selected

period (Aggarwal, 1995). Figure 9 provides the (i_1+i_2) of smoke particles for all the nine fuels used in these experiments. In this graph the error bar is the standard deviation with the mean value indicated on it. It is clear that $(i_1 + i_2)$ of smoke particles is fuel dependent and remained relatively constant for most of the fuels. Although not completely identifiable, it is surprising that the ranking in Table 1 has certain similarities to the distribution of (i_1+i_2) in Figure 9 where except for

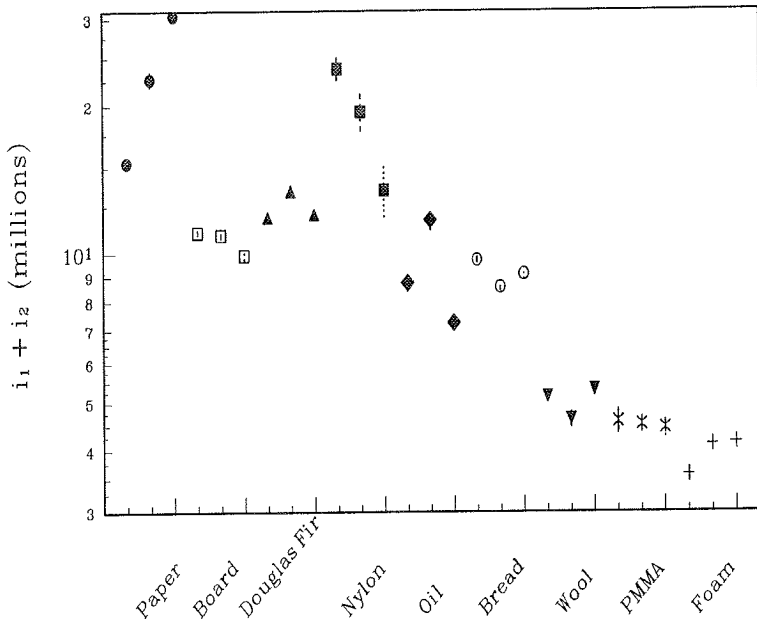


Figure 9 - Mie scattering coefficients, all fuels and tests.

polyurethane foam and particle board, all fuels that ranked high in Y value, have Mie coefficient less than 10×10^6 (note that the comparison of the coefficients is in strictly relative values). In addition, aside from Nylon (which behaves inconsistently), the cellulose material seem to have Mie coefficients $> 10^7$. It is also noteworthy that except Nylon and paper, the rest of the fuels have very consistent (i_1+i_2) values within a given test (i.e. small error bar) and very little variation between the tests. This is remarkable, given the imprecise nature of the instruments used for these measurements

and that N_0 was measured indirectly. A single factors that may have contributed to any variations and inaccuracies is the assumption of constant particle diameter which would not hold if there is a considerable coagulation. Particle agglomeration and coagulation may also result in variation of the refractive index which would alter (i_1+i_2) values.

REFERENCES

- Aggarwal, S., "Study of Smoke Generated by Smoldering Fires for Fuel Identification", MS Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, 1995.
- Bankston,C.P., Cassanova,R.A., Powell,E.A. & Zinn,B.T., NBS-GCR-78-147, 1978.
- Bankston,C.P., Zinn,B.T., Browner,R. & Powell,E.A., Comb. & Flame 41:273-292, 1981.
- Fenwall,"AnaLaser: Application Installation Operation & Maintenance Manual", 1992.
- Hall, J. R., Jr., NFPA Journal Vol. 88/No. 5, page 36-46, September/October, 1994.
- Heskestad, G. and Newman, J. S., Fire Safety Journal, Vol. 18, page 355-374, 1992.
- Hosemann, J. P., Staub-Reinhalt. Luft, Vol. 32, No. 7, page 13-17, 1972.
- Ishii, H., Ono, T., Yamauchi, Y., & Ohtani S., F. Safety J., V.17, pp. 469-484, 1991
- Lee, G. K. and Mulholland, G. W., NBSIR 77-1312, 1977.
- Meacham, B. & Motevalli, V., J. of Fire Prot. Eng., Vol.4, No.1, Page 17-28, 1992.
- Mulholland, G.W., SFPE HB of Fire Prot. Eng., p. 1-372, 1988.
- Pistor, M., NBSIR 76-1087, 1976.
- Putorti, A.D., Major Qualifying Proj., ME-VM-LSI1, Worcester Poly. Inst., 1992.
- Siebel, R., Fire Safety Journal, Vol. 17, Page 519-534, 1991.

H. Tammet
Tartu University, Tartu, Estonia

A multidimensional adaptive algorithm for fire detection

Abstract

Information about the normal state of a watched object is collected simultaneously with the operation of a fire detection system. The signals of sensors are rescaled to approach the normal distribution and a method of statistical inference based on the Fisher-Snedecor distribution and the χ^2 -distribution is applied. The significance levels are justified using computer simulation. The algorithm is able to discriminate between normal and anomalous situations. The discrimination between fire and other anomalous situations is a subject of an additional dedicated algorithm not considered in the paper.

Introduction

An algorithm of fire detection depends on the tasks of the system and the set of sensors. A multisensor monitoring system acquiring versatile information about the watched object is assumed in the study. Fire detection is one of the many tasks of a universal monitoring system as discussed in [1]. Concretely, an orbital space station has been considered as a watched object when studying the problem. The main task of the system was the detection of fire precursors and an additional task was the detection of accidental emissions of air pollutants.

The set of scalar signals of all sensors is considered as a multidimensional vector signal. It is possible to analyse the multidimensional signal by single components and use traditional algorithms of fire detection developed for single-sensor systems. In this case the information about correlations between the signals of individual sensors is lost. An effect obtained by consideration of correlation between two sensors is shown by Siebel [2]. Another example is presented in the paper [3] where the analysis of temperature fields available only in multisensor systems is discussed.

The number of correlated component pairs in a multidimensional system is rising with the square of the number of components. Substantial analysis of the correlation is a complicated problem even in case of a two-sensor system as demonstrated by Siebel [2]. Only formal analysis is feasible when the number of sensors is big. A solution is possible when following the statistical approach. Complications embarrassing the usage of classical algorithms of statistical inference in fire detection are well known. The information about statistical distribution of signal in a fire situation is limited and not well formalised.

The processes are not stationary as it is expected in the theory of classical methods of mathematical statistics, and the distributions are far from the normal distribution expected in most of the parametric methods.

The methodology of this study is using an approximate model assembled from elements of traditional parametric mathematical statistics. The presumptions of strict statistical procedures are not satisfied and the significance levels are deformed. Therefore, the algorithms can be applied in practice only after some empirical adjustment of the critical levels of the test statistics that was made using computer simulation and Monte Carlo method.

The procedure of fire detection is spliced into three stages:

- 1) rescaling of sensor signals,
- 2) identification of anomalous situations,
- 3) discrimination between various possible anomalous situations.

The first and the third stage are system-specific and they are not particularised in the paper.

Null-hypothesis

The signal of a sensor consists of variations induced by random changes of environmental situation. In a proper time interval the variations can be modelled by a stationary stochastic process. A multidimensional signal is described by a multivariate statistical distribution.

When setting up hypotheses, the general statistical distribution of the signal is decomposed to a set of partial distributions corresponding to different situations like the normal situation, the fire situation, the equipment overheating situation, the dust situation, the cigarette smoking situation, the gas leak situation etc. A hypothesis is stating that the observed signal belongs to a determined subset of partial distributions. In the traditional theory of statistical inference two hypotheses called the null-hypothesis and the alternative hypothesis are considered. These two hypotheses are excluding each other. Therefore, the full set of situations should be spliced into two subsets. If a hypothesis consists of one partial distribution, it is called simple. Otherwise, it is called composite. Traditional methods of statistical inference are assuming a simple null hypothesis. Some prior information is required about the partial statistical distribution corresponding to the null-hypothesis. The alternative hypothesis can be composite and no prior information about the member distributions is required.

Two methods of setting up the hypotheses are used in fire detection. In the first method, the fire situation is assumed as a null-hypothesis and non-fire situation joining all

the other situations is assumed as an alternative. Some prior information about the fire situation is required and the task of the preparatory research is to get required information about the statistical distribution of the signal in fire situation. In the second method, the normal situation is assumed as a null-hypothesis and the anomalous situation joining all the other situations is assumed as an alternative. In this case prior information about the statistical distribution of the signal in the normal situation is necessary.

The first method yields a wanted answer about the existence or non-existence of fire. The second method can directly pronounce only the anomaly of the situation but cannot differ between the situations of fire, anomalous dust, etc. Therefore, the second method can be considered only as a first step in the fire identification. After an anomaly is detected, the signal should be additionally analysed to discriminate between various possible anomalous situations.

The anomalous situations are seldom and most of the time a multisensor system is acquiring information about the normal situation [4]. Thus, the statistical distribution of the signal in normal situation can be studied and adjusted step by step when the system is running. It allows to reach maximum possible performance without special research before installation of the system. When the normal situation is not stationary but the full time interval can be spliced into quasi-stationary subintervals, the system is able to accommodate itself to changing conditions. In case of the first method, the statistical information about the fire situation cannot be collected simultaneously with running the system in working conditions. Therefore, only the second method is capable of self-learning and adaptation to the real conditions when the system is in operation.

In case of the second method, a warning message is issued in any anomalous situation. An additional analysis is required to discriminate the kind of anomaly. A standard mathematical technique called the discrimination analysis can be used for solving the problem.

The role of the intersensor cross-correlation

A simple example below shows the advantages of the multivariate approach. Consider the signals of two temperature sensors located not far from each other. A sample of 100 measurements is depicted in Figure 1. In case of the single-dimensional approach, a warning message is issued when a measurement falls out of the dashed rectangle. In the multidimensional approach, the discrimination region is the narrow ellipse and the measurement P is identified as anomalous. However, when the correlation is ignored, the discrimination region is depicted by the wide ellipse and the measurement P does not bring about a warning message. Disregarding the correlation causes the loss of informa-

tion measured by logarithm of the ratio of areas of discrimination regions. The loss of information is proportional to the number of sensors. Therefore, disregarding the correlation is especially harmful in big multisensor measurement systems.

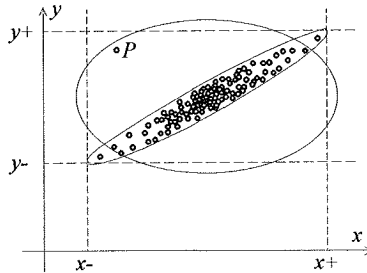


Figure 1. Random distribution of signals of two spaced temperature sensors x and y in a normal situation. $x-$, $x+$, $y-$ and $y+$ are individual critical limits of signal components.

In a first glance, the loss of information seems to result only in the decrease of the sensitivity of the system. However, the sensitivity and probability of false alarms are bound each with other. The system manager is free to choose low sensitivity accompanied by a low probability of false alarms or a high sensitivity accompanied by a high probability of false alarms. It follows that in case of conservation of the sensitivity the probability of false alarms will essentially increase when the correlation is neglected.

The significance of correlation in a sophisticated fire detection system is demonstrated in the paper [5].

Parametric or non-parametric method

Parametric methods of statistical inference are based on knowledge about statistical distribution of the signal. A special feature of fire alarm systems is a very low permitted probability of false alarms. Therefore, the shape of the wings of the distribution function is essential. Popular parametric methods of statistical inference are elaborated for normal or Gauss distribution. The distribution of a fire detector signal is usually far from the normal distribution. As a rule, an attempt of a straightforward use of the common receipts of statistical inference testing the fire situation null-hypothesis results in an

unexpected high rate of false alarms. Therefore, dedicated algorithms considering the peculiarities of a task of fire detection [6] are more successful in practice.

An alternative is a statistical approach based on non-parametric methods. However, the straightforward application of standard non-parametric algorithms yields the specific problems discussed by Siebel [2]. Siebel has proposed a special method for application of the Kendall test to the fire sensor signal mixing the signal with a random noise of given amplitude. The efficiency of the algorithm is depending on the amplitude of the added noise. The amplitude has a role that is similar to the discrimination level in parametric methods of statistical inference.

Non-parametric methods do not give an alarm after a single spike of the signal. This feature has pros and contras. Pro is that a pulse perturbation of a signal will not follow in a false alarm. Contra is that issuing of an instantaneous alarm is blocked even in such extreme situations as a sudden jump of temperature up to 400 C.

Rescaling of signals

The shape of the distribution function of a signal can be controlled by a non-linear transformation of the signal scale. Classical methods of single-dimensional statistical inference based on the normal distribution are correct when a variable is rescaled in a proper way. The components of a multidimensional signal can be individually rescaled, in order to obtain a normal distribution for every component. This does not guarantee that the multidimensional signal is distributed according to the Gauss law. Thus the normalising rescaling applied individually to the single components of a multidimensional signal should be considered as an approximate method.

The rescaling and application of parametric tests based on the normal distribution is possible when original distribution is estimated on a basis of a very big amount of measurements. This is possible only when studying the distribution of a signal in the normal situation. Therefore, only the normal situation can be the subject of a null-hypothesis when trying to use the parametric methods by means of the rescaling technique.

Controlled rescaling is based on parametrisation of transformation functions. Concrete methods are sensor-specific and are not discussed in the present paper.

Measurement and variables

The number of sensors in the system is saved in a variable N_s . Signals of sensors are measured in cycles with a period of T_0 . The rough signal y_i of the sensor number i is rescaled immediately after the measurement to a normally distributed variable $x_i = f_i(y_i)$.

Instead of direct storing of the signal measured in the preceding cycle x_i , the drifts are saved as additional components of the vector x : $x_{Ns+i} = x_i - x_i^-$. The composite signal is an N -dimensional vector $x = \{x_1, \dots, x_N\}$ where $N = 2N_s$. The older values of the signal are not preserved and are not analysed. The reason of the simplification is the need to keep the amount of computations in a reasonable level.

The exactness of statistical estimates depends on the length of uninterrupted measurement series. Due to the possible failures or reinstallation of some sensors in the working system, the number of measurements can be specific for various sensors and it is denoted by n_i . As a rule, when the measurements are started, some prior information about the possible value of the signal is available. Thus, a conditional value n_i^0 is determined so that the exactness of estimates in case of n_i^0 measurements would be the same as the exactness of the prior estimates. The initial state of the system with a prior information is $n_i = n_i^0$.

When a failure of a sensor is identified, the value of n_i is set to zero. The value $n_i = 0$ is a mark of a void sensor during the statistical analysis. The void sensors are ignored and the number N is reduced by two for every void sensor during data processing. After a sensor is repaired, the value n_i is set to n_i^0 and the value of N is restored.

Statistical inference

The basic parameters of a normally distributed stochastic vector x are the mean value m and the covariance matrix $C = \langle (x - m)(x - m)^T \rangle$. The deviation of the value x from the mean value is measured by the square of the Mahalanobis distance

$$d^2 = (x - m)^T C^{-1} (x - m).$$

The statistics d^2 is distributed according to the χ^2 -law with N degrees of freedom. It gives a possibility to make decisions according to the value of d^2 .

In a real situation, the values of m and C are unknown and are replaced by the estimates calculated according to n independent measurements. If the Mahalanobis distance is computed using the estimates of m and C , the statistics

$$f = \frac{(n - N)d^2}{N(n + 1)}$$

is distributed according to the Fisher-Snedecor law $F(N, n - N)$ [7]. Unfortunately, the Fisher test cannot be applied in a straightforward way because:

- 1) the sequential measurements are correlated,
- 2) the size of the sample can be specific for different components of the vector x .

An exact solution of the problem is unknown. Therefore, an approximate method is proposed. The algorithm designed according to the approximate method must be checked using computer simulation and Monte Carlo method, and the percentage points of the test statistics should be adjusted to fit the results of the computing experiment.

The approximate method is based on the ratio

$$\xi = \frac{N(n+1) F_F^{-1}(N, n-N)}{n-N F_{\chi^2}^{-1}(N)},$$

where F_F^{-1} is the critical value of the F -distribution and $F_{\chi^2}^{-1}$ is the critical value of the χ^2 -distribution on the required significance level. The ratio ξ is interpreted as a coefficient of increase in the critical level of d^2 when the χ^2 -test is replaced by the F -test. It allows to replace the F -test by χ^2 -test when all the components of $(\mathbf{x} - \mathbf{m})$ are simultaneously multiplied by the coefficient $\sqrt{\xi}$. The χ^2 -test for $(\mathbf{x} - \mathbf{m})\sqrt{\xi}$ yields the same result as the F -test for original deviations. The advantage of the modified procedure is that the components of the vector $(\mathbf{x} - \mathbf{m})$ can be corrected individually accounting the individual size of the component sample when computing the values of ξ_i .

Another approximate method is used to account the autocorrelation. The correlation functions of x_i are fitted by the function $\exp(-\Delta/c_i)$ where Δ is the time interval expressed as a number of cycles, and c_i is a coefficient estimated according to the real measurements. The number of degrees of freedom in the χ^2 -test is determined by the effective number of independent measurements $n'_i = n / c_i$ in the approximate method.

Adaptation

Adaptation of the inference algorithm is carried out by a continuous study of the statistical behaviour of the signal in a normal situation and a correction of the information presented by the vector \mathbf{m} and matrix \mathbf{C} after every measurement. The time window of the measurements used by the estimation of \mathbf{m} and \mathbf{C} is restricted, the old information is forgotten step by step and the algorithm is continuously adopted for the actual situation.

The exponential time window used when estimating \mathbf{m} and \mathbf{C} is achieved accounting the measurements with weights $\exp(-\Delta/n_0 T_0)$, where $n_0 T_0$ is an efficient width of the window. The exponential window is economical in computing as there is no need to store the time series. Sequential correction of the averages is made according to the algorithm:

$$\begin{aligned} &\text{if } n < n_0 \text{ then } n := n + 1; \\ &\mathbf{m} := \mathbf{m} + (\mathbf{x} - \mathbf{m})/n; \end{aligned}$$

When estimating the covariation matrix, the exponential window is provided in a similar way.

Matrix C must be corrected after every measurement. The number of arithmetic operations required for refreshing the covariation matrix is in the order of n^2 . This amount of calculations is within a power of a microprocessor. However, the inverse matrix is required in the statistical test. The number of operations inverting a matrix is in the order of n^3 and that can cause technical problems. A solution is the recursive refreshing of the inverse matrix using the Dwyer-Waugh method [8]. A specific algorithm [9] enables to find all the required quantities according in an economic way. The running information is saved in the number of valid measurements n , average m , standard deviation s , and the inverse matrix A of the correlation matrix. The computation to be performed in one measurement cycle is:

```
for  $i := 1$  to  $N$  do begin
   $nm := n_i + 1$ ;
   $xx := x_i - m_i$ ;
   $m_i := m_i + xx / nm$ ;
   $s_i := \text{sqrt}(n_i * s_i^2 + xx^2) / nm$ ;
   $x_i := xx / s_i$ ;
  if  $nm \leq n_0$  then  $n_i := nm$ ;
end;
 $d^2 = 0$ ;
for  $i := 1$  to  $N$  do begin
   $vw := 0$ ;
  for  $j := 1$  to  $N$  do  $vw := vw + A_{ij} * x_j$ ;
   $d^2 = d^2 + vw * x_i$ ;
   $v_i := vw$ ;
end;
for  $i := 1$  to  $N$  do for  $j := 1$  to  $N$  do begin
  if  $n_j < n_i$  then  $nm := n_j$  else  $nm := n_i$ ;
   $A_{ij} := (nm / (nm - 1)) * (A_{ij} - v_i * v_j / ((nm - 1) + d^2))$ ;
end;
```

The value of the wanted statistics d^2 is received automatically in the process of the computation above.

Conclusions

Performance of a multisensor fire detection system can be improved considering correlations between the signals and signal drifts of various sensors. Statistical behaviour of the multidimensional signal must be known when making decisions about the status of the watched object. Collecting multidimensional information is a time-consuming process. Behaviour of the system is typically changing in time and collecting the information must be carried out simultaneously with the operation of a real system. The statistical model can be built only for the normal situation because the anomalous situations are not available for collecting information in a working system. The process of fire detection is spliced into three stages: rescaling of the signal components, statistical inference, and discrimination between various anomalous situations. The first and the third stage are system-specific, and a universal algorithm can be composed for the second stage. A computationally economic algorithm is proposed to collect the information simultaneously with estimating the Mahalanobis distance between the multidimensional signals in actual and average normal situations. The estimate of Mahalanobis distance is used as test statistics in a modified χ^2 -test.

Acknowledgement

The research has been supported by the company "Salute", Moscow.

References

1. Khiabani, F. Integrierte Gebäudeautomation / Intelligente Gebäude. In: *9. Int. Konferenz über Automatische Brandentdeckung, Proceedings*, pp. 623-635, 1989.
2. Siebel, R. A composite algorithm using signal trend information of two different sensors. *Fire Safety J.*, **17**, pp. 519-534, 1991.
3. Schierau, K. Temperaturfeldmessungen als eine Möglichkeit zur lokalisieren von Brandherden und zur Feststellung von Brandentwicklungen. In: *9. Int. Konferenz über Automatische Brandentdeckung, Proceedings*, pp. 199-215, 1989.
4. Smithies, J.N., Burry, P.E., and M.J. Spearpoint Background signals from fire detectors, measurement - analysis - application. In: *9. Int. Konferenz über Automatische Brandentdeckung, Proceedings*, pp. 279-295, 1989.
5. Ishii, H., Takashi, O., Yamauchi, Y., and S. Ohtani An algorithm for improving the reliability of detection with processing of multiple sensor's signal. In: *9. Int. Konferenz über Automatische Brandentdeckung, Proceedings*, pp. 245-264, 1989.

6. Luck, H.O. Dedicated detection algorithms for automatic fire detection. In: *3rd Int. Symposium on Fire Safety Science*, Edinburgh, pp. 135-148, 1991.
7. Rao, C.R. *Linear statistical inference and its applications*. Wiley, NY, 1973.
8. Dwyer, P.S. and F.W. Waugh. On errors in matrix inversion. *J. Amer. Stat. Assoc.*, **48**, pp. 289-319, 1953.
9. Tammet, H. *Introduction to the linear finite-dimensional theory of spectrometry* (in Russian). Valgus, Tallinn, 1975.

S.Nakanishi*, J.Nomura*, T.Kurio*
K.Satoh**, D.Kouzeki**, H.Tamura**, M.Hosokawa**

* Matsushita Electric Works Ltd., Kadoma, Osaka, Japan

** Fire Research Institute of Japan, Mitaka, Tokyo, Japan

Intelligent Fire Warning System using Fuzzy Technology

Abstract

A fire alarm system is essential for protection of human life and property. Yet, the lack of reliability in some systems, in which false alarms are common, can be a problem, often resulting in the system being deactivated, so that actual fires are missed. We have developed a Fuzzy intelligent fire alarm system that has been put into actual use, and was proven to be effective in reducing the number of false alarms.

1. Introduction

The purpose of the automatic fire alarm facilities is to detect the fire earlier which occurs under the various facility environment and provide a judgement result with high reliability. Moreover, the facilities protect human life, fortune from the fire and it becomes indispensable equipment when guaranteeing safe social life. On the other hand, however, the lack of the reliability of the automatic fire alarm facilities, accompanying the occurrence of the false alarm, too, is pointed out. Moreover, there is a conception which does an alarm to the early stages quenching and the taking refuge induction and the fire-house concerned automatically. However, it is necessary to reduce a false alarm substantially to realize these, too. We, therefore, did a discovery and the development of the Fuzzy intelligent fire alarm system which can detect fire in the early stage and scarcely do a false alarm. This system is the one which does the judgement of the fire and the non-fire by the artificial intelligence processing, based in the series data obtained from the fire sensor. In this document, we describe a Fuzzy intelligent fire alarm system with a photoelectric formula analog smoke sensor, and Fuzzy intelligent fire alarm system with compound sensor information such as the smoke, the heat, carbon monoxide, etc.

2. Neuro-fuzzy technique and the Fuzzy intelligent fire alarm system

2.1 Neuro-fuzzy signal processing technique

The fuzzy technique began to be applied to the public welfare equipment in the second half of the 1980s. After the sales of the record washing machine of the name of the fuzzy in 1990 which was crowned were shown, the electronics industry began to introduce fuzzy technique. In 1990 December, the fuzzy technique and the neural network technique began to be introduced into the public welfare equipment. Moreover, the machine types using both technique exceeded 14 in the next year, '91 in Japan.

And then, today, application technique of fuzzy and neural network is established as the standard technique of the home electronics product like the IC and microcomputer. Also, recently, fuzzy technique is used for the operation control of the car and so on, too, and even more, the application field, is spreading as well. The fuzzy technique and the neural network technique have both similar and complementing relation. This is the reason which is used, fusing in both technique, recently. The similarity of both technique lies in that it is possible to realize the complicated non-linearity of the whole system with the interpolation with partial characteristic function. As for the complementing relation, the fuzzy technique can handle logic structure while the neural network technique lies in the point which has a learning function. When wanting to utilize the merit of both, technique of making it fusing is used and it calls this neuro-fuzzy signal processing technique. The wining of knowledge is given as the 1st merit which is seen to apply neuro-fuzzy signal processing technique to the public welfare equipment. The realization of the ideal control of the sensor input and so on became possible by relating the output which suited input information by the learning. As the 2nd merit, the technique facilitated to take the simultaneous use of more than one sensor, and detailed handling of sensor information. In other words, with the increase of the information quantity which it is possible to handle, it became possible at the same time to process more than one piece of input data such as a change having to do with time and the two dimensions, the three-dimensional pattern. Also, it is easy to relate output to the parameters made clear in the correlation from the input. Therefore, the utilization range of the input information such as the sensor became able for it to spread and to bring in the information processing of the human being having to do with sense to the control, too.

2.2 Existing fire alarm system and Fuzzy intelligent fire alarm system

As for the existing fire alarm system, it was using the simple judgement logic that there is an alarm if crossing the alarm level which the output value of the smoke sensor, the heat sensor is beforehand set to. However, a lot of methods that there is an alarm if maintaining the constant time some equal to or more than level to attempt for the false alarm to reduce in the recent fire alarm system are taken up. In case of this, e.g. the smoke sensor, because the sensor reacts to it even if it is a non-fire phenomenon like the smoke of steam from the bath room in the hotel state room and the tobacco by the conference and so on, it is to prevent a false alarm with the non-fire phenomenon of such pass-ability. However, there is a problem in case of the discovery in the method to make a constant time fire caution be delay in the early stage of the fire. Also, there is a limit in the reduction of the false alarm, too. When judging a fire by the introduction of the Fuzzy technique there, it emits a fire caution earlier. When judging a non-fire, it contrived the system which doesn't emit a fire caution to the utmost. In the judgement of the fire/the non-fire which used Fuzzy technique, the one which used the sensor information of more than one species which overcomes in the high function can judge its precision well more accurately.

There, the writers studied and developed the Fuzzy intelligent fire alarm system which used three pieces of sensor information of the smoke, the heat, CO from the first. However, the examination of the Fuzzy intelligent fire alarm system which used a single sensor or a 2 device sensor from the problem of the the sensor cost up and the official approval acquisition of it with doing it 3 becoming of the device and so on, too, went at the same time. The Fuzzy intelligent fire alarm system which used three pieces of sensor information of the smoke, the heat, CO in chapter 4 about the Fuzzy intelligent fire alarm system by the smoke sensor independence in the following chapter 3 is described.

3. Fuzzy intelligent fire alarm system which used smoke sensor information

3.1 Outline of system

In this system, it is providing the organization which does the reasoning of the fire/non-fire phenomenon and a judgement for the base in the series data at the time of 3 minutes of the pasts with smoke density. It is impossible to distinguish between all phenomena only by the present smoke sensor information. Therefore, by distinguishing only a typical phenomenon from the inside of the various phenomena, it aims for the judgement precision to improve. Also, it considers a present method standard and it controls a delay time about the alarm level as shown in figure 1. In case of the fire, in the delay time, shortly, in case of the non-fire, it makes it long and it realizes a discovery in the early stage of the fire and the reduction of the false alarm. As the timing of the reasoning judgement, it is in case of the pre-alarm level reaching and the alarm level reaching. Also, it does in the delay time elapse with each level, too, and it discovers a phenomenon early and it is preventing the delay of the alarm.

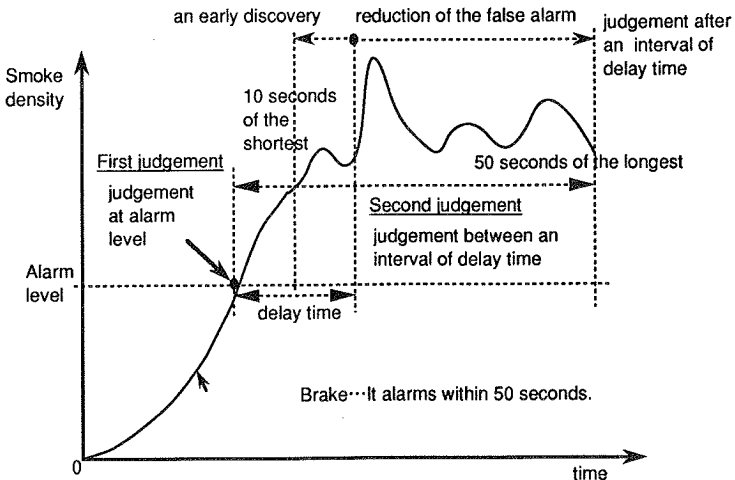


Fig.1 Control of delay time

3.2 Application of fuzzy technique

The system decides that the phenomenon is a fire or not by the fuzzy reasoning. For example, when reaching an alarm level, it fixes as the base of the characteristic quantity as shown with table 1.

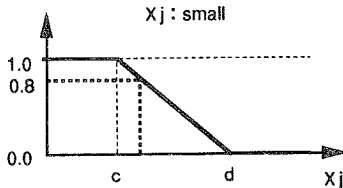
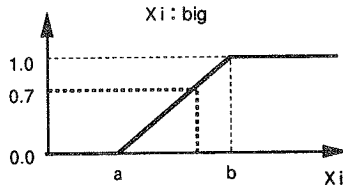
Table 1 Characteristic quantity list for Fuzzy judgement (In case of the alarm level)

Variable	Definition of Variable
X 1	Incline from 1.0% to 5.0% (pre-alarm level)
X 2	Incline from 5.0% (pre-alarm level) to 10.0% (alarm level)
X 3	Mean density for a minute before fire alarm level reaching
X 4	Mean density for 3 minutes before fire alarm level reaching
X 5	Difference between the first half and the latter half of the Mean density for a minute before fire alarm level reaching
X 6	Count of data from 0.1% to 2.5% for 3 minutes before fire alarm level reaching
X 7	Count of data from 2.5% to 5.0% for 3 minutes before fire alarm level reaching

The reasoning process is as follows.

- 1) It computes the variable which becomes the characteristic to do the judgement of the fire/the non-fire and it makes it the standard of the judgement, whether the variable is big or small. Therefore, it defines a fuzzy variable using the membership function as shown with figure 2.
- 2) The judgement rule of the fire/the non-fire consists of the condition part and the conclusion part, the conclusion part is composed of the AND combination of more than one fuzzy variable and it allocates the conclusion part for the phenomenon which is assumed when the condition part is concluded.
- 3) The way of reasoning finds the fitness degree of each fuzzy variable in the condition part first. Because the condition is AND combination, the reasoning result, that is, the product with the fitness degree of those variables becomes the conviction degree of the phenomenon which defined in the conclusion part. The example of this process of the computation is shown in figure 2.
- 4) As for the reasoning, generally, three rules of the fire, the tobacco, steam are in parallel computed. The conviction degree of each phenomenon is gotten, but this time, it applies two rules only to the fire phenomenon and makes the bigger conviction degree the conviction degree of the fire.
- 5) It fixes the judgement of the fire/the non-fire and the computation of delay time in the alarm level reaching by the rule of making it non-fuzzy which is shown with table 2.
- 6) It does the judgement of the fire/the non-fire in the delay time lapse, too, by the similar rule of making it non-fuzzy. However, in this case, it becomes an alarm immediately when judging a fire and when judging a non-fire, it continues delay. It becomes a non-alarm when the smoke density falls from the alarm level in the delay way.

condition part conclusion part
 example : $X_i : \text{big} \ \& \ X_j : \text{small} \ \rightarrow \ \text{tobacco}$



$$\begin{aligned}
 &\text{conviction degree of tobacco} \\
 &= 0.7 \times 0.8 \\
 &= 0.56
 \end{aligned}$$

Fig.2 The way of finding a conviction degree (In case of the alarm level)

Table 2 Way of finding delay time

<p>When the conviction degrees of the fire / non-fire are gained</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. If [conviction degree of fire] ≥ 0.5 judgement : fire \rightarrow delay time : 10 seconds 2. else if [conviction degree of fire] < 0.5 and [maximum conviction degree of non-fire] ≥ 0.5 judgement : non-fire \rightarrow delay time : 20~50 seconds 3. else judgement : unknown \rightarrow delay time : 20 seconds

7) It becomes an alarm if the smoke density crosses an alarm level still more at the time of the delay ending.

3.3 Application of neural network technique

It is the tuning of the rule that takes time most in the fuzzy system design by the previous paragraph. Some techniques to have used neural network technique for reducing this work are contrived. The writers used the way of adjusting a fuzzy rule by the method of the most dive which is learning law of the neural network in it.

Concretely, when input/output data is given, it is in the center and the width with condition part membership function and tuning the real numerical value of the conclusion part by the method of the most dive.

The step is shown below.

- 1) It initializes a reasoning rule. The original value with central value with condition part membership function sets it to divide a whole input variable set equally. It initializes width for each membership function to fall on it.
- 2) It reads input/output data, it reasons a fuzzy to the input value and it demands the fitness degree of each reasoning rule and the reasoning result of it.
- 3) It demands a reasoning error with reasoning result and output value. Moreover, it adjusts a shape with condition part membership function and the real numerical value of the conclusion part to the direction where the error decreases.
- 4) It repeats above step until the change quantity of the reasoning error becomes small enough to clear the preset value. The general idea figure of this technique is shown in figure 3.

3.4 Effect of system

To verify the effect of the Fuzzy intelligent fire alarm system by the simulation computation, it collected the fire/non-fire data. The collection of the data is big divided into the ISO fire experiment data and the field data which was collected in the actual building in the company. Also, as for the sensor data, three pieces of information of the smoke density, the temperature, the CO density are basically measured in the interval of 3 seconds. In these fires/the non-fire data, it extracts the smoke density data above the pre-alarm level or the alarm level. Then, it verified the effect of the Fuzzy intelligent fire alarm system by the smoke sensor independence by the simulation computation. A verification result about the alarm level is shown in figure 4. It is possible to evaluate it when the effect of the discovery is admitted in equal to or more than 70 percent of early stage of the phenomenon to the fire about showing it by this result and can reduce a false alarm to equal to or less than 1/2 to the non-fire.

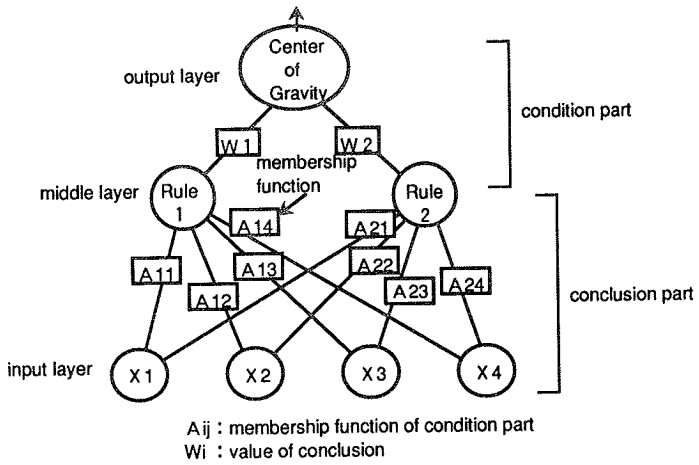


Fig.3 Tuning of fuzzy rule which used neural network technique

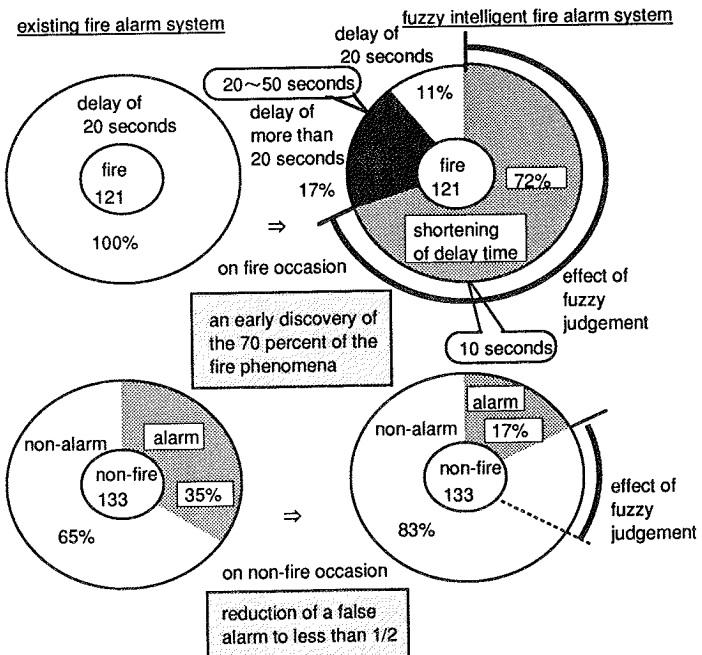


Fig.4 Verification of fuzzy intelligent fire alarm system which used smoke sensor

4. Fuzzy intelligent fire alarm system which used compound sensor information

In the fire judgement way of its using a single sensor, there is a limit in the false alarm reduction, because building was increasingly made high and complicated in recent years. The writers used the smoke, heat, CO 3 species sensor and studied the system which processes Fuzzy judgement from such a background.

4.1 Outline of system

The characteristic quantity is extracted from the sensor information and the conviction degree of the fire/the non-fire is calculated, based on the fuzzy reasoning. This is the same as the Fuzzy intelligent fire alarm system which was described in chapter 3. However, in this system, it is using the sensor information of more than one species and it calculates the conviction degree of each phenomenon, using a rule like figure 5. Therefore, the computation of the conviction degree goes every sampling time interval of the sensor. There, the judgement of the final fire/the non-fire compares the 1st value with the conviction degree of each phenomenon and the 2nd value. And, to be doing a judgment, using the rule of making it non-fuzzy like table 3 becomes a big characteristic.

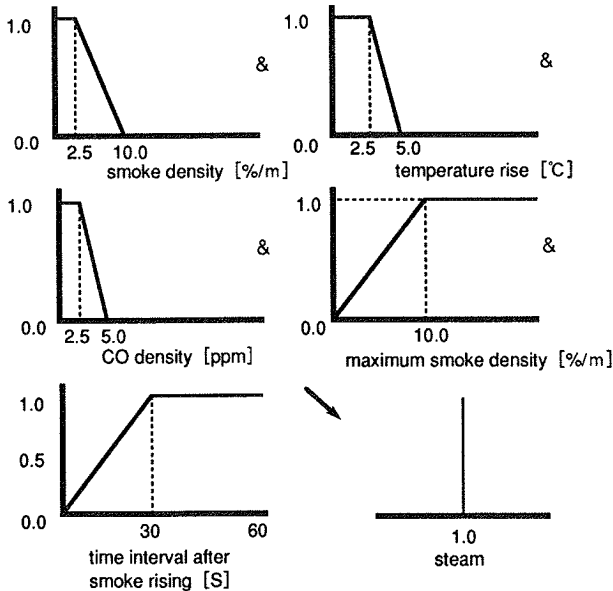


Fig.5 Example of steam rule

Table 3 Defuzzified rules for judging a fire/non-fire

· Case 1	value of first rank : over 90% and value of second rank : under 60% and duration : 3 sec
· Case 2	value of first rank : over 80% and value of second rank : under 50% and duration : 6 sec
· Case 3	value of first rank : over 70% and value of second rank : under 40% and duration : 9 sec
· When actually reporting	value of first rank : over 90% and duration : 6 sec (or) value of first rank : over 80% and duration : 9 sec (or) value of first rank : over 70% and duration : 12 sec

4.2 Effect of system

Evaluation was implemented based in the ISO fire experiment data which was used at the 3.4 paragraph and intra-company field data to verify the effect of this system. And consequently, as for the last judgement of the fire/the non-fire, there were not all false alarms and losing alarms, too, and it was possible to distinguish between them. Especially, even if the smoke level is highly concentrated in the field data of the non-fire phenomenon, false alarm will not happen, by CO density not hardly reacting to it.

5. Problem and spread in future

In this document, the Fuzzy intelligent fire alarm system which used two pieces of above neuro-fuzzy signal processing technique was introduced. We have already finished the product development of the former system. And then, it is expected to be sold as soon as it is possible to acquire it in the official approval. However, as for the system of the latter, the system is still under studying and developing and the sensor system problem of the cost performance is left as the problem. Also, as for the neuro-fuzzy signal processing technique, the new application development can be considered. Especially, it is possible to expect to utilize the learning function of neural network for the false alarm measures in the scene. If there is a learning function, there is possibility to absorb an individual difference and a secular change. Also, this is the necessary technique as the additional value of the product and for the benefit for users.

However, it is very dangerous to permit the adjustment of being on-line only by the present neural network technique in the system as the human life like the fire alarm system. Therefore, the logical analysis is essential as the executable means of the learning functions, adjusting the parameters in the predecided range.

6. Conclusions

By establishing neuro-fuzzy signal processing technique with this development, it was possible to realize the fire alarm system with high reliability which is required in the times. In the future, it is expected to expand the development of the security system related goods using this technique. Lastly, we would like to mention that we had a useful advice about the development this time, therefore, we deeply appreciate those who are concerned in implementing fire experiments etc.

References

- 1)H. Takagi, "Neural Networks, Part3:Cooperation with Fuzzy Logic", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol.4, No.6, pp.1086-1097, 1992.
- 2)S. Nakanishi, J. Nomura, T. Kurio, M. Kaneda, K. Satoh, D. Kouzeki, M. Hosokawa, "Intelligent Fire Warning System using Fuzzy Theory", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol.5, No.1, pp.95-107, 1993.
- 3)H. Nomura, I.Hayashi, and N.Wakami, "A self-tuning method of fuzzy reasoning by he method of steepest descent and its application to moving obstacle avoidance", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol.4, No.2, pp.379-388, 1992.
- 4)Fire Research Institute, Matsushita Electric Works Ltd., "Joint Research Report on Trial Construction of a System for Grasping the Nature of a Fire (Part 2), 1993.
- 5)T. Fujioka, A. Yasuda, S. Kusanagi, "Development of CO Sensor for Intelligent Fire Alarm", Technical Report of Matsushita Electric Works Ltd., No.43, pp.1-10, 1991.
- 6)S. Shin, "AI, Fuzzy and Neural Technologies in Control", System Control and Information, Vol.38, No.2, pp.95-102, 1994.

James A. Milke

University of Maryland, College Park, MD, USA

Application of Neural Networks for Discriminating Fire Detectors

Abstract

Research is being conducted to describe the characteristics of an improved fire detector which promptly reacts to smoke while discriminating between smoke and odors from fire and non-fire sources. This study is investigating signature patterns associated with fire and environmental sources via small- and large-scale tests toward the development of an improved fire detector. On the tests, smoke and odors are produced from a variety of conditions: flaming, pyrolyzing and heated samples, and nuisance sources, such as aerosols, household products and cooked food. Measurements include light obscuration, temperature, mass loss, CO, CO₂, O₂ and oxidizable gas concentrations. The feasibility of an elementary expert system to classify the source of the signatures from small-scale experiments was demonstrated in the first phase. In the recently completed second phase, a similar expert system correctly classified the source of the signatures in large-scale experiments in 85% of the cases. Neural networks have been applied to both sets of data from the small- and large-scale tests providing an even greater successful classification rate.

Introduction

Fire detectors are intended to be sufficiently sensitive to detect fires promptly without reacting to false sources. Contemporary smoke detectors have the ability to respond quickly, but generally cannot discriminate between smoke or odor sources. The inability to discriminate between sources is a significant limitation. Data from U.S. fire incidents during the 1980's indicates that 95% of all alarms from smoke detectors were unnecessary [1].

One solution proposed for minimizing unnecessary alarms without sacrificing prompt activation involves using intelligence along with current detector technology. Some recently developed *intelligent* detectors provide a step in this direction where a correction can be made for background noise, ambient conditions or changes in

detector sensitivity [2,3]. However, these contemporary detectors are still not capable of adjusting even to commonly encountered temporary conditions from tobacco smoke, cooking odors or aerosol sprays. The next step in the evolution of a smart detector involves incorporation of intelligence, possibly with additional sensors, to provide the capability to discriminate between conditions from fire and non-fire sources, without sacrificing response time [4].

An appreciable amount of effort is being expended by industry to develop odor detection based on an analysis of the response from an array of sensors [5]. Applications for such a detector have been developed for the food industry, *e.g.* process control for products such as coffee and beer, and quality control evaluations of coffee beans and tobacco blends for cigarettes. Implementation of odor detectors for these industrial applications indicates that an accurate assessment of environmental odors is possible as a result of recent developments in sensor technology and analysis techniques. The feasibility of applying odor detection using metal oxide sensors for fire detection has been demonstrated by Okayama [6,7].

Successful development of a smart fire detector is based on the premise that the response of each sensor contained in a detector can be related to the yield of selected species from the source. The response of any one sensor, S_i , is proportional to the concentration of a gas specie or odor, C_i , transported to the location of the sensor:

$$S_i \propto C_i \quad (1)$$

The concentration of the transported specie, C_i , is related to the yield, Y_i , mass loss rate of the source, \dot{m}_p , and mass flow rate, \dot{m}_o , past the sensor:

$$C_i \propto \left(\frac{\dot{m}_p}{\dot{m}_o} \right) Y_i \quad (2)$$

According to Tewarson [8], Y_{CO_2} and Y_{CO} are appreciably different for flaming and non-flaming combustion, *e.g.* Y_{CO_2} is on the order of 1.0 to 2.0 g/g for most flaming fire sources and 0.05 to 0.2 g/g for most non-flaming fire sources. Consequently, a physical basis for a discriminating detector exists in the form of the proportionality relations expressed as equations (1) and (2), where the sensor response, S_i , can be related to the type of the source.

An experimental effort is being conducted at the University of Maryland to determine if a sufficient distinction in signatures can be observed to support development of a smart fire detector. The research is being conducted by teams in the Departments of Fire Protection Engineering and Chemical Engineering. The fire protection engineering team is concentrating on identifying signatures from fire and non-fire sources. The chemical engineering team is applying neural networks to investigate the sensor response patterns and provide the discrimination capability between fire and non-fire sources. The emphasis of this paper is to describe the experimental effort led by the fire protection engineering team.

Small-scale Experimental Program

Initially, small-scale tests were conducted to characterize the signatures from fire and non-fire sources [9]. The experiments were designed to be conceptually similar to those by Okayama [6], with modifications incorporated to provide a greater range of measurements for describing the signature.

The small-scale experimental apparatus was a simplified tunnel which included measurement equipment and a means for generating odors. Measurements of light obscuration, temperature, gas species concentrations (CO , CO_2 and O_2) and presence of any oxidizable gas are provided. The presence of oxidizable gases was measured by a Taguchi metal oxide sensor. Sources of the smoke or odor were placed under a hood at the inlet end of the apparatus. A variety of fuels and environmental sources selected to be representative of a residential environment. Smoke and odors were produced from a wide range of conditions: samples with flaming and pyrolyzing combustion, heated samples and aerosols.

An elementary expert system successfully classified 28 of 31 sources. The rules of the expert system are:

- CO_2 concentration exceeds 1500 ppm only for flaming fires
- Peak CO concentration exceeds 28 ppm and Taguchi detector response less than 6V is acquired only for pyrolyzing solids.
- All other combinations are acquired from nuisance sources.

An ellipsoidal neural network was applied to the small-scale data, using two-thirds of the data for training and the remainder for testing [10]. An improved

classification rate was obtained, accurately classifying all sources except one smoldering source (which was classified as a flaming source).

The level of success attained from the small-scale experimental program confirmed the feasibility of the concept presented by Okayama. However, the success of the expert system and neural network only related to the limited range of fuel sources investigated and the small-scale test apparatus.

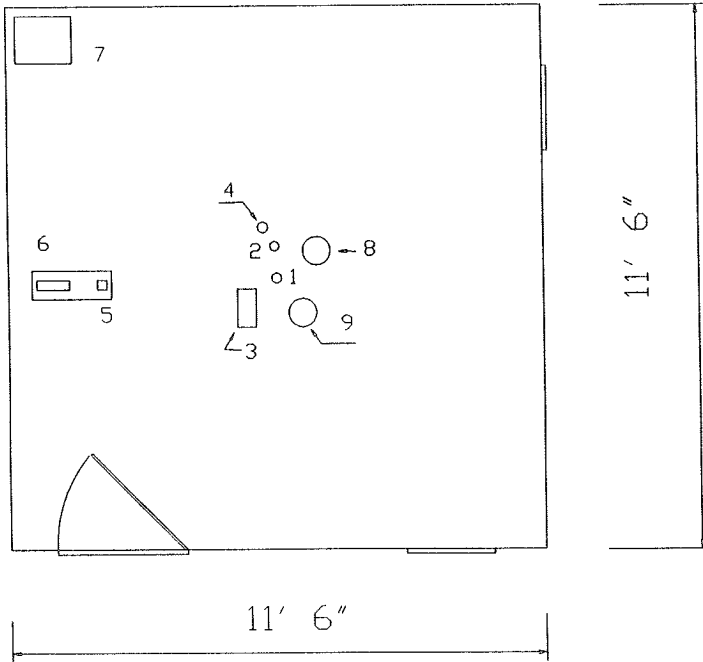
Large-scale Experimental Program

Recently, a large-scale experimental program was conducted to determine whether the trends identified in the small-scale experimental effort were also applicable in large-scale environments. The large-scale experiments were conceptually similar to the small-scale experiments where signatures from a wide variety of fires and environmental sources were monitored and sensor response patterns were explored.

The large-scale experiments were conducted in a 3.6 x 3.6 m room with a height of 2.4 m [11]. Measurements included temperature, mass loss of the fire sources, CO, CO₂ and O₂ concentrations, light obscuration and the voltage output from two metal oxide sensors (Taguchi model 822 and 880). In addition, two commercial smoke detectors (one photoelectric and one ionization) were located on the ceiling, at the center of the room. A diagram of the room, including the relative locations of the sensors is provided as Figure 1. The metal oxide sensors responded to the presence of oxidizable gases and environmental odors respectively. Mass loss measurements were used to estimate the yield fractions of the signatures from the fire sources. Because the tests were conducted in an unconditioned space, data was collected for at least two minutes prior to introducing any source in order to document ambient conditions.

The variety of sources used to generate conditions within the room are summarized in Table 1. Again, the sources were intended to be representative of residential fire and nuisance sources.

Flaming liquid tests were conducted by placing 50 ml of the sample in a pre-cooled metal container ignited by a match. The container was cooled prior to the tests to limit evaporation of the liquid prior to the initiation of flaming. Tests with



- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Thermocouple tree | 4. Taguchi 822 |
| 2. Taguchi 880 | 5. 4.75 mm copper sampling tube |
| 3. Taguchi 880 | 6. Helium-neon laser |
| 4. Taguchi 822 | 7. Load cell |
| 5. 4.75 mm copper sampling tube | 8. Ionization smoke detector |
| 6. Helium-neon laser | 9. Photoelectric smoke detector |
| 7. Load cell | |
| 8. Ionization smoke detector | |
| 9. Photoelectric smoke detector | |

Figure 1. Diagram of Test Room

Table 1. Test Sources

Liquid	Heated Fuels		Environmental Sources
	Solid	Gas	
heptane, 1-propanol, methanol, toluene, vegetable oil ¹	paper, cotton, polystyrene, pine, cardboard, cheesecloth, toast ²	propane	propane, aerosols (disinfectant, furniture polish, cooking spray, hair spray), nail polish remover, ammonia-based window cleaner, bleach, water mist, boiling water, toast, cigarette smoke, coffee
¹ Boiling only			
² Pyrolyzing only			

flaming solids involved placing the fuel in an aluminum pan, then igniting the fuel with a match. Tests with pyrolyzing solids were conducted by placing the fuel in an aluminum pan on a preheated hotplate.

The group of tests involving the environmental sources were conducted by several approaches, depending on the typical usage of the product in a residence. One approach consisted of dispersing the product throughout the room, including water mist, cigarette smoke and household aerosol products. Alternatively, solid and liquid products such as bleach, nail polish remover (without acetone), boiling liquids, coffee and toast were located at floor level in the center of the room. The test with toast was conducted by placing the bread in a toaster that was kept "on" throughout the test. Tests with coffee included fresh coffee grounds as well as brewed coffee.

Data from the sensors was reviewed for the purpose of identifying patterns associated with the categories of sources. Concentrating on the maxima for each sensor, an expert system was formulated similar to that developed for the small-scale test data. As an initial step, this analysis was conducted manually. Work is ongoing using a principal components analysis (PCA) to define an expert system which is less complex and uses fewer sensors.

The elementary expert system developed for the large-scale tests is presented in Figure 2. The success rates of the system are summarized in Table 2. All of the flaming sources are properly classified, with smoldering sources classified properly in 62% of the tests and nuisance and ambient sources classified properly in 87% of

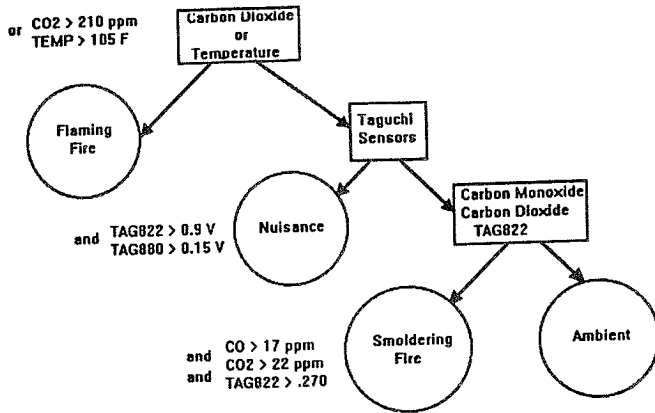


Figure 2 Expert System for Large-Scale Experiments

the tests. As indicated in the table, the greatest challenge is in distinguishing between smoldering and nuisance/ambient sources. In some tests, the distinction was debated by the research team where the difference is vague, for example the burned toast is labeled as a smoldering source.

Table 2. Classification of Test Sources

	Classification			Summary	
	Flaming	Smoldering	Nuisance /Ambient	Total	% Correct
Flaming Fire	34			34	100
Smoldering Fire		10	6	16	63
Nuisance/Ambient		5	32	37	87
Total				87	87

An improvement in the success rate for characterizing the nature of the source can be achieved using a PCA. Preliminary results from the application of the PCA for smoldering sources using data from all of the sensors provides a 88% correct classification rate. In contrast, only 50% of the smoldering fires were detected by commercial smoke detectors.

In addition to the improved classification rate, the time for detection of the sensors with the PCA-based intelligence (the "prototype detector") was significantly less than that for the commercial detector. The time required for detection was reduced an average of 109 s, with the detection time for the prototype detector being 18 to 259 s less than that for the first responding commercial detector.

Summary

As a result of the experimental effort, an early fire detector consisting of an array of gas sensors appears feasible, with discrimination provided by a neural network analysis of the sensor responses. However, many questions still remain prior to the application of this technology as a means of early fire detection. Additional research is required to optimize the number and types of sensors to be

included in the array, while still providing the desired level of sensitivity and discrimination ability. Continuing PCA applications on the large-scale data will assist in the optimization process. In addition, the data acquired has been from experiments conducted with one type of source, e.g. a flaming source without a nuisance source being present. Additional experiments are needed to assess the potential for a nuisance source to mask a flaming or smoldering source.

Acknowledgements

This project is supported by the Building and Fire Research Laboratory of the National Institute of Standards and Technology (NIST). Dr. William Grosshandler is the technical monitor. Dr. Thomas J. McAvoy, Department of Chemical Engineering is the Co-principal investigator of the project. Mr. Samuel A. Denny and Bjarne C. Hagen, research assistants in the Department of Fire Protection Engineering, conducted the experiments.

Selected References

- [1] Hall, J.R., "The Latest Statistics on U.S. Home Smoke Detectors," *Fire J.*, 83, 1, 1989, 39-41.
- [2] Bukowski, R.W. and O'Laughlin, R.O., *Fire Alarm Signaling Systems*, Quincy, NFPA, 1994.
- [3] Thuillard, M., "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems," *Fire Technology*, 30, 2, 1994, 250-268.
- [4] Grosshandler, W.L., "An Assessment of Technologies for Advanced Fire Detection," Gaithersburg: NIST, 1992.
- [5] Gardner, J.W., Shurmer, H.V. and Tan, T.T., "Application of an Electronic Nose to the Discrimination of Coffees," *Sensors and Actuators B*, 6, 1992, 71-75.
- [6] Okayama, Y., "Approach to Detection of Fires in Their Very Early Stage by Odor Sensors and Neural Net", Proceedings of the 3rd International Symposium of Fire Safety Science, 1991, p. 955-964.

- [7] Okayama, Y., Ito, T., and Sasaki, T., "Design of Neural Net to Detect Early Stage of Fires and Evaluation by Using Real Sensors' Data," Proceedings of the 4th International Symposium on Fire Safety Science, Ottawa, 1994.
- [8] Tewarson, A., "Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, P.J. DiNenno (ed), Quincy, NFPA, 1988.
- [9] Denny, Samuel, "Development of a Discriminating Fire Detector for Use in Residential Occupancies," Report FP 93-07, M.S. Thesis, College Park, Fire Protection Engineering, University of Maryland, December 1993.
- [10] Pan, D., "Applications of Pattern Recognition Using Neural Networks," M.S. Thesis, College Park, Chemical Engineering, University of Maryland, 1994.
- [11] Hagen, B.C., "Evaluation of Gaseous Signatures in Large-Scale Test," Report FP 94-05, M.S. Thesis, College Park, Fire Protection Engineering, University of Maryland, December 1994.

D. Kohl, J. Kelleter, H. Petig *

Institute of Applied Physics, University Giessen, Germany,

* RWE Energie AG, Kraftwerk Niederaußem, Section TE

Detection of Smouldering Fires by Gas Emission

Abstract

The development and test results of a gas sensor system for the detection of smouldering fires of lignite are described. The system consists of three oxidic gas sensors and a microcontroller signal evaluation. The sensor elements are sensitive to CO, H₂ and NO_x in the ppm range. Special attention was devoted to the suppression of false alarms.

1. INTRODUCTION

Automatic fire detection by sensing aerosols, heat or electromagnetic radiation is covered by commercially available devices. In the case of burning by a slow fire the emitted incompletely burned gas can serve for detection, too. Gaseous products of incomplete combustion are besides CO₂ and H₂O, formed also during complete combustion, partially oxidised species, e.g. CO, saturated and unsaturated hydrocarbons (aliphatic and cyclic), alcohols, organic acids, and aldehydes [1]. Often additional species are observed which adsorbed previously on the material.

Gas sensors, able to detect these gases and vapours, rely on various principles [2]. Some of them are listed below with a short discussion of the main properties and limitations in application:

Infrared absorption cells: light from a black body radiator is absorbed at characteristic frequencies by excitation of vibrational states of the gas molecules. Simple devices with interference filters can be tuned to certain gas species. To get sensitivities to gas concentrations of 10 ppm or less a system of high mechanical precision with a sufficiently long light path is necessary. Such systems sell for several thousand dollars and remain out of consideration in most cases. However, future IR systems using diode lasers (e.g. lead salt based ones) should be kept in focus.

Electrochemical cells: gas molecules are ionised at the entrance electrode, the corresponding ion current increases proportional to the gas concentration. These cells are the standard devices in protection of humans against hazardous gases in a great variety of surroundings. The sensitivities down to about 1 ppm are high enough for fire detection, too. The stability of cells used in the interior of buildings fulfils the needs. The lifetime depends on the accumulated

gas load (not only of the target gas). One to three years are typical values. Dry air can shorten the life span to a couple of days. Temperatures below 0°C and in excess to 40°C are disadvantageous for the ion conductor. Dust accumulating on the sensitive electrode slows down the sensor response, because it averages the signal by slow adsorption / desorption processes.

Semiconductor devices: they consist of a thin film of semiconducting material on a ceramic heating element. At operating temperatures of 100 to 500°C the change of resistance is taken as signal. Naturally, oxides are stable in air, SnO₂, WO₃, Fe₂O₃ enhanced by noble metal catalyst additions are commercially available.

2. MODEL EXPERIMENT

A model experiment was performed to identify the relevant emissions of lignite burning by a slow fire. The test set consisted of a flat metal pan with horizontal dimensions of 60 cm by 80 cm. The bottom was covered with a lignite layer, 2 cm in height. A small piece of glowing iron serves for ignition in the centre of the pan. Fig. 1 shows the state 100 min. after ignition. After 3 hours the whole surface is smouldering. Fig. 2 shows the concentrations of CO and H₂ at a location about 3 m aside from the pan with the detector head fixed at the ceiling about 2,5 m above the floor. The CO concentration goes through a maximum, while H₂ increases monotonically, if the fluctuations on a minutes time scale are neglected. Both gas components were sensed by electrochemical cells. By an infrared monitor also CO₂ and CH₄ and other hydrocarbons were monitored. The H₂ increase can arise from a catalytical decomposition of water on the surface of the hot lignite grains. In the frame of this picture the rate of decomposition increases with temperature without reaching a saturation value.

The fluctuations of the sensor signals are caused by accidental fluctuations of the air flow. The gas components reach the sensor head essentially by convective flow. Diffusion of gases is a relatively slow effect. Therefore, the relative concentrations of gas components emitted from the source can be monitored by the sensor head without appreciable error. Fig. 3 a shows the concentration ratio [H₂]/[CO] which reflects the fluctuations in air flow only weakly. The gradual increase of the quotient represents essentially the growing amount of H₂ formed by catalytic dissociation of water over the burning lignite layer, which increases in temperature and extends in area as the time proceeds. Due to the lower fluctuations of the concentration quotient, it is in an early state of the fire possible to be confident about its existence. It lasts significantly longer to get the same level of confidence from observing the CO and the H₂ concentrations separately.

3. CONCEPT OF A GAS SENSOR BASED DETECTOR

According to the results described above, one sensor for CO and another sensor for H₂ were chosen. A third sensor is added to discern the presence of open fires (NO_x) and solvents. Solvents are used during repairs of conveying belts; during service of the conveyors solvent partial pressures up to 1000 ppm were observed obscuring the signals of the CO and H₂ sensors. The sensor elements are provided by UST (Umweltsensortechnik GmbH, Geraberg, Germany). The elements were optimised in co-operation with UST to be selective in [H₂]/[CO] mixtures. The base material consists of polycrystalline SnO₂.

The H₂ sensor is Pd doped and covered by a protective layer on its surface impeding the access of larger molecules. It is operated at 400 to 450°C. The cross sensitivity to CH₄ and H₂O are low, and the cross sensitivity to CO is very low as can be seen on Fig. 4.

The CO sensor is also Pd doped, but lacks the protective layer. It is operated at 120 - 150°C. At that temperature the cross sensitivities to H₂ and H₂O are both low. However, a cross sensitivity to NO_x remains.

If the CO sensor is continuously operated at such a low temperature, humidity is accumulated within its pores and its sensitivity decreases monotonically. Therefore, the CO sensor has to be annealed every 8 h for 1 min at 280°C for regeneration.

The NO_x + solvent sensor is undoped, operates at 180-250°C, and exhibits some cross sensitivity to H₂O.

All sensor elements are protected by a common hat of sintered metal protecting the elements against dust and water (Fig. 5). Small amounts of dust reaching the sensor surface at operating temperature are burnt without influencing the signal as experiments have shown.

A microcontroller, Intel/Siemens 80C537, serves for

- adjustment of the sensor temperatures
- self check
- AD conversion, collection of data
- signal conditioning
- generation of an alarm or failure message

Fig. 6 shows the main circuit constituent. The power consumption amounts to 10 VA. For a rugged, dust resistant system in a power plant environment the power consumption was accepted. In less savage surroundings, e.g. offices, electrochemical cells with microamp signal currents allow for a very low power consumption. The sensor head is equipped with an E²PROM keeping sensor parameters (e.g. operating temperatures, sensitivities) to allow for sensor elements with optimised properties without manual readjustment of the circuit.

4. SIGNAL CONDITIONING

The gas sensor operates in series with a constant resistor R_s at a constant voltage U_c . The voltage U across the gas sensitive layer is taken every second with an accuracy of 10 bit. The conductance G_j is calculated by:

$$G_j = (U_c - U) / (R_s * U)$$

The index denotes the sensor elements: $j=1$, H_2 sensor; $j=2$, CO sensor and $j=3$, sensor for NO_x and solvents.

$G(t_i)$, the average of G_j over 30 s, is used in further calculations with $i = 1, 2, 3, \dots$ corresponding to 30, 60, 90 s....

A measure of the actual gas concentration of a semiconductor gas sensor is represented by the relative change of its conductance in the presence of the target gas, referred to the conductance in absence of the target gas, G_0 :

$$\Delta G/G_0 = G/G_0 - 1$$

The value of G_0 varies with time (ageing) and the presence of some background non-target gases (cross sensitivities, e.g. to humidity changes). The sensor system updates G_0 continuously, taking the mean value of the last 6 h as G_0 to take such effects into account. Continuous averaging of the conductance with a time constant τ is accomplished by the recursive formula:

$$G_\tau(t_i) = a \cdot G_\tau(t_{i-1}) + (1-a) \cdot G(t_i) \quad \text{with } a = \exp\{-(t_i - t_{i-1})/\tau\}.$$

The signals, $\Delta G/G_0$, for the H_2 sensor S_1 and for the solvent sensor are determined according to the described scheme.

As explained above the CO sensor needs a short regeneration cycle every 8 h. After the regeneration step the measured signal S_m of the CO sensor is too low for some time and has to be corrected to get the signal S_2 representing the CO concentration. An additive contribution decreasing exponentially with τ_{CO} approximates the observed behaviour:

$$S_2 = S_m + \exp\{-t_a/\tau_{CO}\} * (S_{m2} - S_{m1}),$$

t_a , time elapsed after the last regeneration

τ_{CO} , 15 min at 120°C (τ_{CO} depends on the operating temperature)

S_{m1} , S_{m2} , signals immediately before and after regeneration

The signals S_1 and S_2 are used to calculate the ratio S_1/S_2 , which is a monotonous function of the concentration ratio $[H_2]/[CO]$. S_1/S_2 is only meaningful, if S_2 exceeds a minimum value:

$$S_2 > S_{2 \min} \quad (1)$$

In the presence of a smouldering lignite fire $[H_2]/[CO]$ is found in a certain interval, compare Fig. 3a. Therefore, also S_1/S_2 has to fall into a corresponding interval, otherwise non-fire sources of H_2 (e.g. leaky bottle of welding gas) or CO (e.g. combustion engine exhaust gases) are more probable:

$$(S_1/S_2)_{\min} < S_1/S_2 < (S_1/S_2)_{\max} \quad (2)$$

If two separate sources of H_2 and CO are simultaneously present, the conditions (1) and (2) would cause a false alarm.

If H_2 and CO are emitted from one localised source (the smouldering fire) and transmitted by the same eddy air flow, the concentration fluctuations of both components are proportional to each other with a slowly varying ratio. This consideration results in the "common source" conditions (3) and (4):

$$f_{\min} < (\delta S_1 \tau_{fm} / \delta S_2 \tau_{fm}) < f_{\max} \quad (3)$$

$$\text{with } f_{\min} = (\delta S_1 \tau_{fm} / \delta S_2 \tau_{fm})_{\min}, \quad f_{\max} = (\delta S_1 \tau_{fm} / \delta S_2 \tau_{fm})_{\max}$$

$$\text{with } \delta S_1 \tau_{fm} = \{1/n \sum [(S_1(t_i) - S_1 \tau_{fm})^2]\}^{1/2}$$

$S_1 \tau_{fm}$, mean value of S_1 over a time interval, τ_{fm} ,
of the order of the time difference
between two fluctuation maxima ($\tau_{fm} = 5$ min chosen here)

Σ sums about the time interval τ_{fm} with n, number of summands

$$\text{and } \delta S_2 \tau_{fm} > (\delta S_2 \tau_{fm})_{\min} \quad (4)$$

Condition (4) represents the equivalent to condition (1).

An alarm is given, if the conditions (1) and (2) or if the conditions (3) and (4) are fulfilled. Conditions (1) and (2) apply for rooms without fluctuations, conditions (3) and (4) for rooms with fluctuations (e.g. with frequently opened doors or windows). In our experiments with lignite burning by a slow fire conditions (3) and (4) are relevant.

The value of $(S_1/S_2)_{\min}$ in condition (2) and the value of f_{\min} in condition (3) are lowered, if the additional conditions (5) or (6) are fulfilled continuously for more than an hour:

$$d(S_1/S_2)dt > \{d(S_1/S_2)dt\}_{\min} \quad (5)$$

$$d(\delta S_1 \tau_{\text{fm}} / \delta S_2 \tau_{\text{fm}}) / dt > \{d(\delta S_1 \tau_{\text{fm}} / \delta S_2 \tau_{\text{fm}}) / dt\}_{\min} \quad (6)$$

So, very small or distant smouldering areas can also cause an alarm after an hour of "growth observation" by the detecting system.

5. SUPPRESSION OF FALSE ALARMS

Solvents used for repair of conveyors (chlorinated hydrocarbons) can appear in much higher concentrations (a few 100 ppm) than CO and H₂ from smouldering fires (2 to 100 ppm). In spite of medium to low cross sensitivities of the CO and H₂ sensing elements the high concentrations of chlorinated hydrocarbons can evoke erroneous signals. Two additional conditions deactivate the alarm output, if chlorinated hydrocarbons in higher concentrations are present during repair:

$$S_3/S_1 > (S_3/S_1)_{\min} \quad (7)$$

$$S_3/S_2 > (S_3/S_2)_{\min} \quad (8)$$

$$\text{with } (S_3/S_1)_{\min} = 1 \text{ and } (S_3/S_2)_{\min} = 1$$

These conditions are derived from the ratios of sensitivities of the sensors S₁, S₂, S₃:

Solvent	S ₁ [H ₂]	S ₂ [CO]	S ₃ [solvent]
chlorinated hydrocarbon	medium	low	high
ethanol	medium	medium	high
gasoline	medium	medium	high
smouldering fire	high	high	medium

As can be seen false alarms due to ethanol and gasoline are also suppressed by condition (7) and (8). Corresponding conditions apply for the fluctuations.

6. FIELD TEST EXAMPLE

Fig. 7 shows results of a sensor system in a distance of 5 m from the smouldering lignite fire described in the first section. The H_2 concentration increases only above a minimum temperature of the lignite. Therefore notable concentrations of H_2 appear about half an hour later than the CO signals. A second system in a distance of 30 m records lower signals, Fig. 8. Fig. 9 shows S_1/S_2 for both sensor systems. As the area of the smouldering lignite exceeds 0.05 m^2 (core temperature 400°C) both systems attain S_1/S_2 ratios of about one. If an alarm is released at $S_1/S_2 = 0.5$, the nearby system rings after 1 h, the distant system after 1.5 h.

- [1] N. W. Hurst and T. A. Jones in *Fire and Materials*, Vol. 9, No. 1, 1985.
- [2] C. D. Kohl and M. Vornehm, Sensorik für toxische Gase und Dämpfe, *GIT Laborpraxis* 4/94.

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1

Photograph of smouldering lignite (100 min. after ignition).

Fig. 2

Concentrations of H₂ and CO during a smouldering fire of lignite measured at a distance of 3 m (Zero on the time scale: ignition).

Fig. 3

a) Ratio of the H₂ and CO concentrations during a smouldering fire of lignite (Zero on the time scale: ignition).

b) Area of the smouldering lignite surface.

Fig. 4

Resistance of the H₂ sensor (UST) at the presence of various concentrations of H₂ and CO in synthetic air (20°C, 50% rel. humidity).

Fig. 5

Photograph of the sensor elements with the hat of sintered metal taken off.

Fig. 6

Block diagram of the electrical circuit of the detector (GSME: abbreviation of the German "Gas-Sensor-Melde-Einheit")

Fig. 7

Signals of the sensor elements of the detector "GSME 1" during a smouldering fire of lignite (Distance to the smouldering fire: 5 m, zero on the time scale: ignition).

Fig. 8

Signals of the sensor elements of the detector "GSME 3" during a smouldering fire of lignite (Distance to the smouldering fire: 30 m, zero on the time scale: ignition).

Fig. 9

Ratios of the signals S₁ (H₂ sensor) and S₂ (CO sensor) of the detectors "GSME 1" (distance 5 m) and "GSME 3" (distance 30 m) during a smouldering fire of lignite.

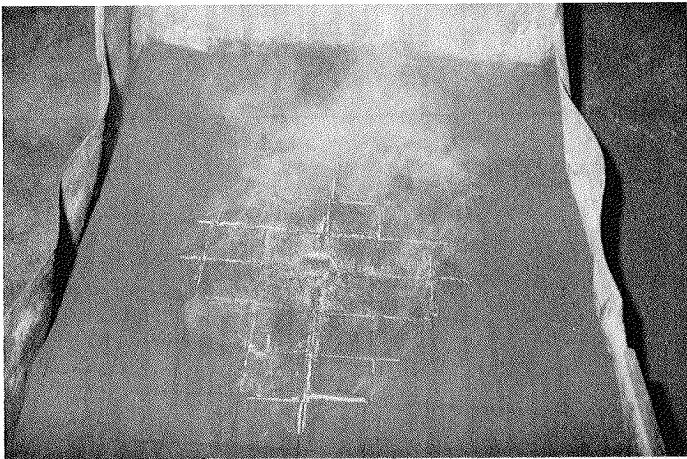


Fig. 1
Photograph of smouldering lignite (100 min. after ignition).

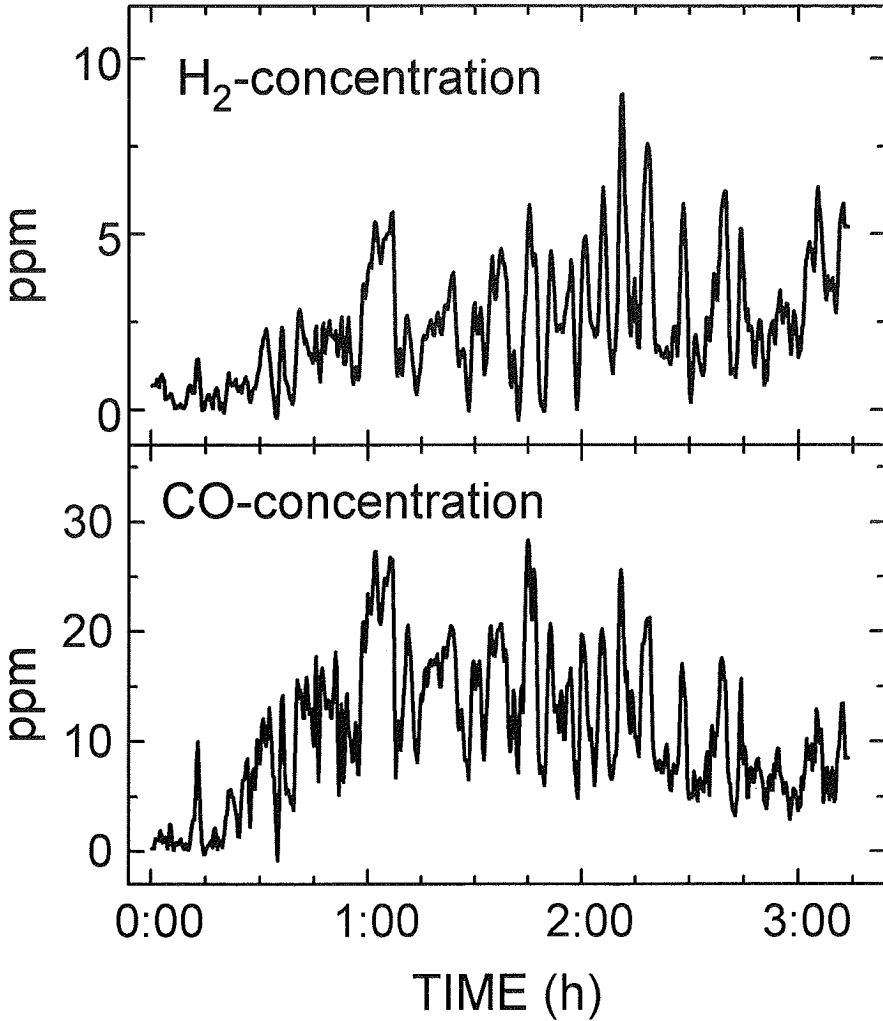


Fig. 2
Concentrations of H₂ and CO during a smouldering fire of lignite measured at a distance of 3 m (Zero on the time scale: ignition).

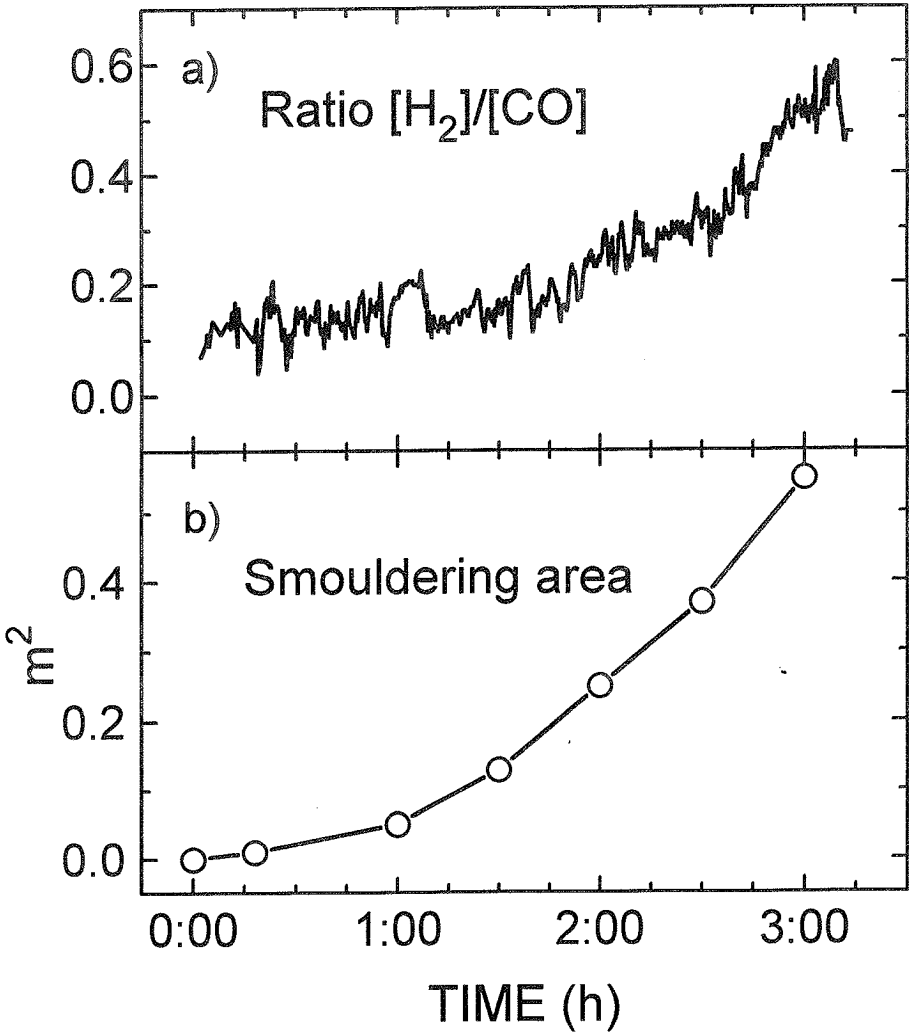


Fig. 3

a) Ratio of the H₂ and CO concentrations during a smouldering fire of lignite (Zero on the time scale: ignition).

b) Area of the smouldering lignite surface.

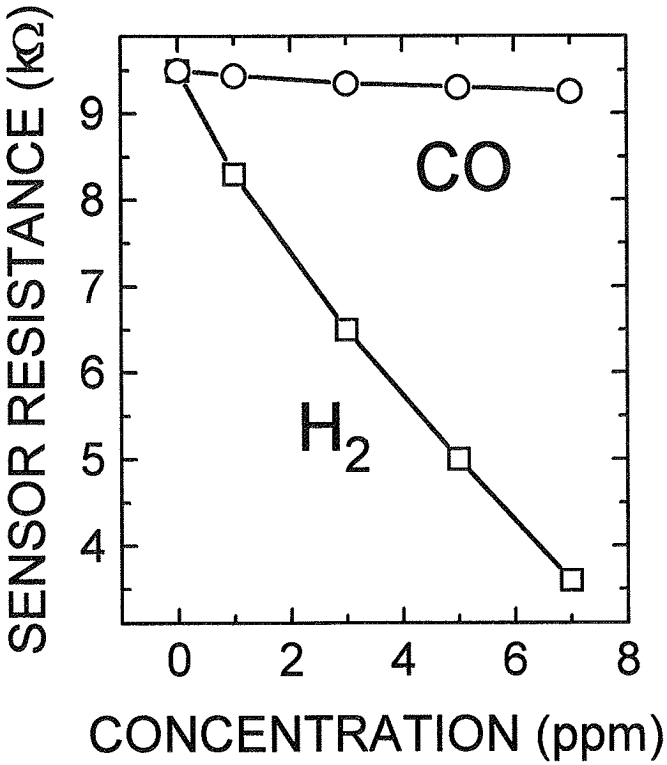


Fig. 4

Resistance of the H₂ sensor (UST) at the presence of various concentrations of H₂ and CO in synthetic air (20°C, 50% rel. humidity).

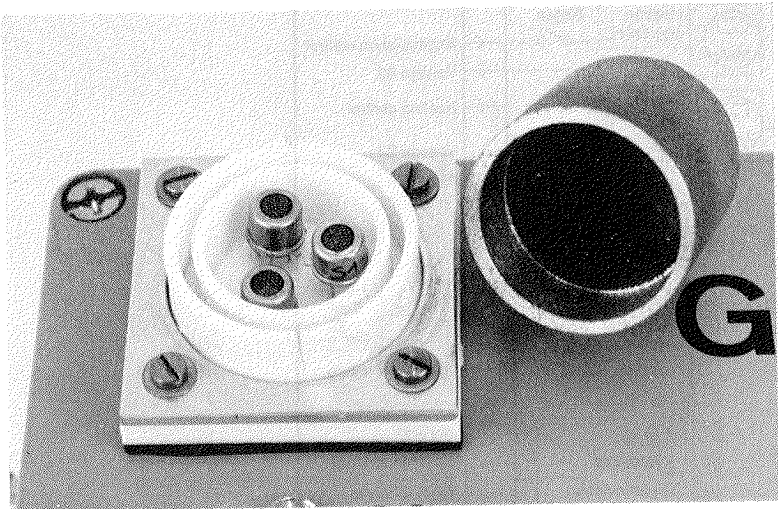


Fig. 5
Photograph of the sensor elements with the hat of sintered metal taken off.

GSME: Block Diagram

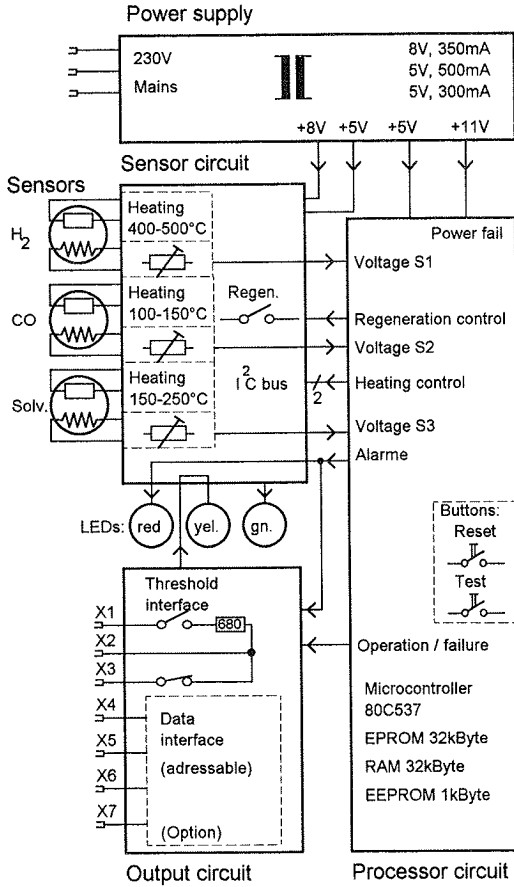


Fig. 6

Block diagram of the electrical circuit of the detector (GSME: abbreviation of the German "Gas-Sensor-Melde-Einheit")

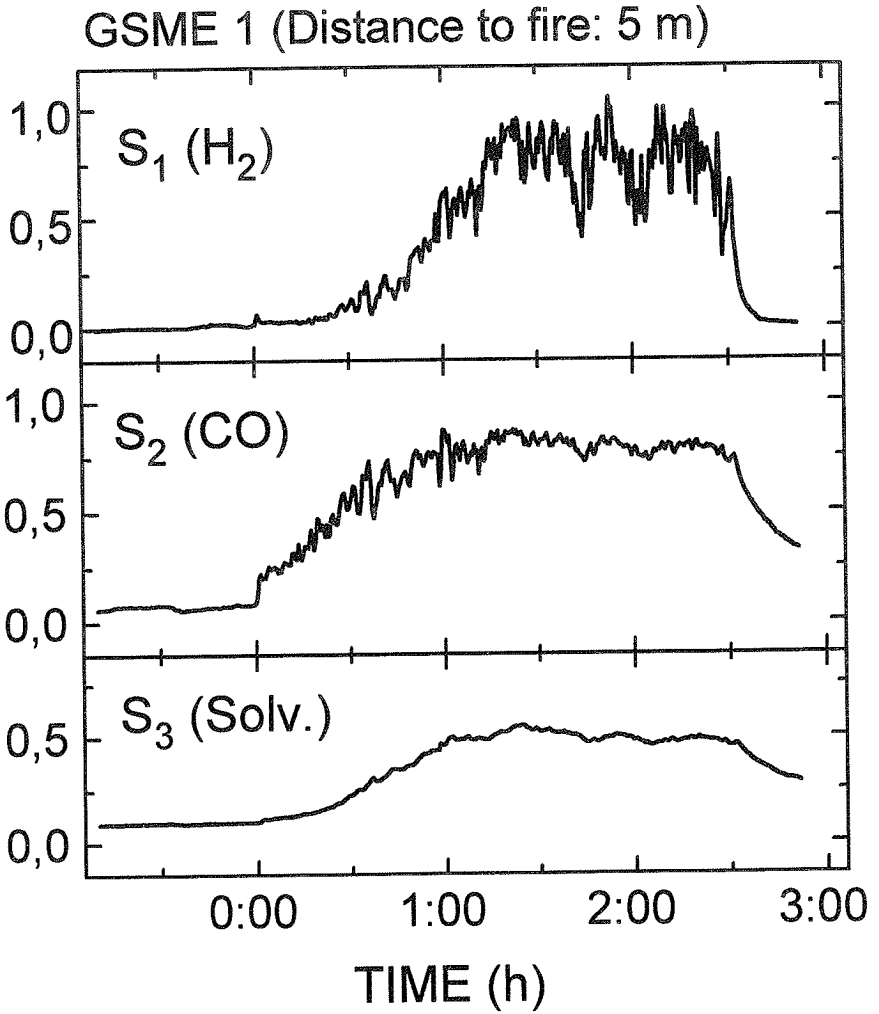


Fig. 7
Signals of the sensor elements of the detector "GSME 1" during a smouldering fire of lignite
(Distance to the smouldering fire: 5 m, zero on the time scale: ignition).

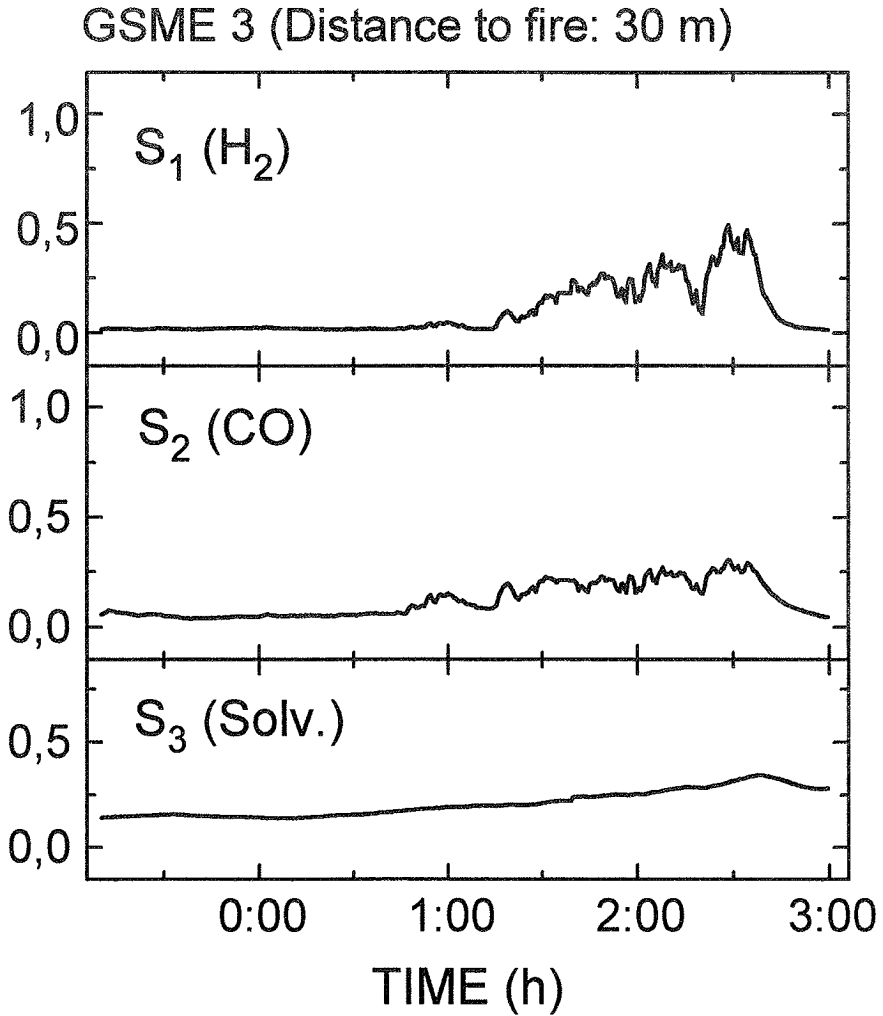


Fig. 8
Signals of the sensor elements of the detector "GSME 3" during a smouldering fire of lignite
(Distance to the smouldering fire: 30 m, zero on the time scale: ignition).

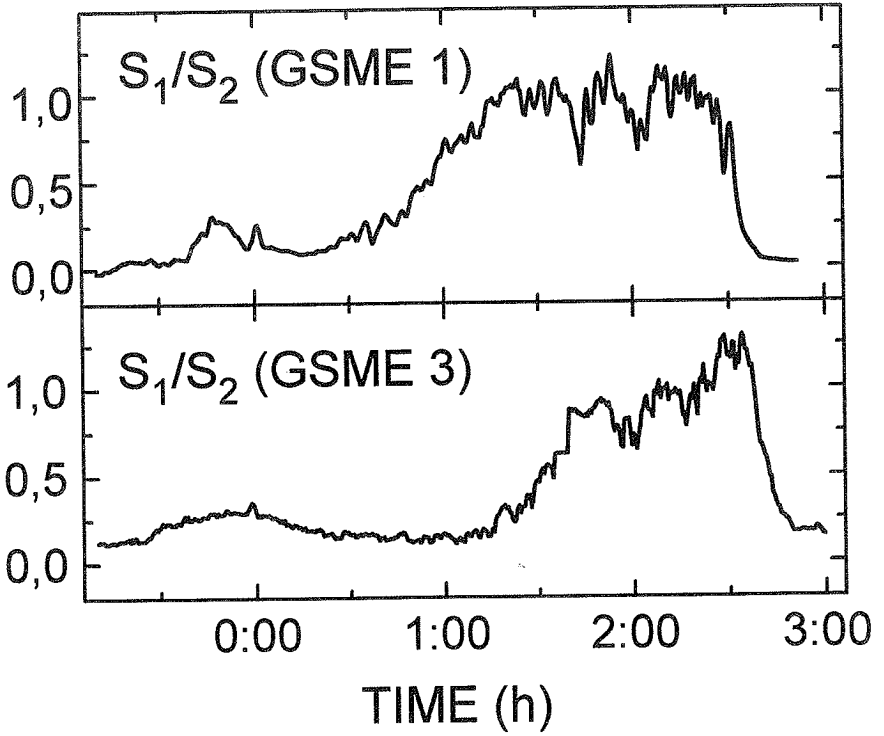


Fig. 9

Ratio of the Signals S_1 (H_2 sensor) and S_2 (CO sensor) of the detectors "GSME 1" (distance 5 m) and "GSME 3" (distance 30 m) during a smouldering fire of lignite.

D. Kouzeki*, K. Satoh*, H. Tamura*, M. Hosokawa*,
S. Kusanagi**, T. Kurio**, T. Fujioka**, S. Nakanishi**, S. Kirihata**,
Fan Weicheng***, Jiang Xi***

* Fire Research Institute of Japan, Mitaka, Tokyo, Japan

** Matsushita Electric Works, Kadoma, Osaka, Japan

*** University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, China

Study of Evacuation Assisting System
incorporated into
Intelligent Fire Detection System

Abstract

In many huge buildings, there has been arising a serious problem that fire brigades are facing difficulties in getting detailed information of evacuation as well as burning rooms in building.

The objective of this study is to develop an intelligent fire detection system which can assist fire brigades in supplying detailed information of both evacuation and burning rooms.

This system consists of following three subsystems.

- (1) Intelligent fire detection system based on fuzzy expert system.
- (2) Occupant detection system which consists of passive infrared sensor and intelligent telecommunication system to check human response.
- (3) Evacuation assisting system.

Simulations based on the Field-Zone-Network model and new evacuation model are presently conducted to test the effectiveness of this system.

1. Introduction

Recently many tall and huge buildings have been constructed not only in Japan but also all over the world. In addition there are many cases where several thousands of people, including handicapped people, are existing in those buildings. As a result there has been arising a serious problem that fire brigades are facing difficulties in getting

detailed information of evacuation as well as building structure and burning area. Thus there may be predicted some cases where both the rapid evacuation and effective fire fighting fall in fail.

Therefore, authors ^{1,2)} have investigated an intelligent fire detection system to detect fires earlier with much increased reliability. This leads to the reduction of damages of fires. Additionally, in cases of unfortunately unsurpressed fires, new intelligent fire detection system is currently developed to get information of occupants in each area and to guide them safely, under a cooperative research of Fire Research Institute of Japan, Matsushita Electric Works and University of Science and Technology of China. This system is extended from "Intelligent Fire Detection System based on Fuzzy Expert System".

To test the effectiveness of this system some simulations are conducted.

2. System Configuration

The currently developed intelligent system consists of following three subsystems.

- (1) Intelligent fire detection system based on fuzzy expert system.
- (2) Occupant detection system which consists of passive infrared sensor and intelligent telecommunication system to check human response.
- (3) Evacuation assisting system.

2.1 Intelligent fire detection system based on fuzzy expert system

Conventional fire detectors have a problem, namely so called false alarms. It has been clarified that most false alarms are based on human activities in buildings, such as cooking, cleaning, smoking and taking a bath.

Therefore we attempted to reduce false alarms drastically, in the point of views of human activities in buildings. This system employed multi-element fire detector together with the fuzzy expert system and the automatic human response detection system.

Figure 1 shows the configuration of intelligent fire detection system. The multi-element fire detector includes a heat sensor, a smoke sensor and a new CO sensor. The new CO sensor is based on the electro-chemical reaction in polymer film called "NAFION".

Figure 2 shows the microscopic view of the sensor.

These multi-element fire sensors installed in a building can supply wide information of fires in a building, for example to classify the corridors and staircases into heated area, invisible area and toxic area using data of heat sensor, smoke sensor and CO sensor.

Concerning false alarms, no steam of cooking and taking a bath contains CO gas. And no dust of cleaning, either. Therefore CO sensor is highly effective to judge fires or non-fires, particularly for steam and dust. The smoke of cigarettes is comparatively difficult to judge fires or non-fires. However following two mechanisms were effectively operated to judge fires or non-fires for the cigarette smoking.

(1) Temperature of smoke of cigarette is at most only 2.5 to 5 °C or less, i.e. almost fixed at the same temperature as environments, differently from the smoke from smoldering fires.

By this rule most cases of cigarette smoke were judged as non-fires. However about 7 % of cigarette smoke were remained still gray between fires and non-fires.

(2) Next effective mechanism is the automatic human response detection system which is based on two sub-systems to detect existence of human body near the fire detector.

One is the passive infrared sensor and another is the automatic phone pick up detection system. Using these systems, 7 % of ambiguous phenomena changes clear whether fires or non-fires. Details of the sub-systems are mentioned below.

Many tests showed that this intelligent fire detection system could reduce false alarms drastically.

In particular, the air-conditioning systems have an effect to dilute the smoke and gas concentration. And at the same time it accelerates the fire combustion in rooms. So these fires should be detected when the sensor signals are still weak, that is, in such earlier stages compared with the cases of no air-conditioning. However this system can judge fires and non-fires at the weak signal levels in air-conditioned rooms, too.

2.2 Occupant detection system

It is very important to get information of occupants who need the rescue, particularly of handicapped people. Therefore, the intelligent fire detection system mentioned above has been modified to the system to evacuate occupants safely in a building.

The automatic human response detection system used in the intelligent fire detection system has widely been extended. Following four subsystems have been examined.

(1) Passive infrared sensor

The passive infrared sensor (**Figure 3**) is newly developed. This sensor covers very wide area of a room and highly sensitive. This detect even sleeping human body if he moves slightly in bed. This infrared sensor is also the fourth fire detector, since it can detect flaming fires, too.

In cases of cigarette smoking it is expected that there is a human body below the fire

detector. However there are many cases where the room occupant may be outside of sensing area, to use this system for evacuation. Thus other systems were considered.

(2) The automatic phone pick up detection system

Nowadays phones are widely set up in each room in a building. If there exists someone, it is expected to pick up the ringing phone and computers can detect the phone pick up automatically.

Thus it is convenient to use this phone system to detect the existence of occupants. First the automatic phone pick up detection system (**Figure 4**) automatically makes a phone call to the room where some suspicious phenomenon is happening like cigarette smoking or where handicapped occupants may exist. Next this system automatically can check the pick up of the phone. Additionally we have investigated what messages are most appropriate to communicate between occupants and this intelligent system. However unfortunately listening handicapped people are out use of this system, so we have developed a flickering lamp phone system for these people. The information by the automatic phone pick up detection system is useful only when the phone system detect occupants. Therefore additional systems have been examined.

(3) Special Door Key System

In particular some hotels have already installed special door key system (**Figure 5**) to detect room guests. Detection of occupants by this system is based on the rules shown in Table 1. The signals of the door key whether the key was locked from inside or outside were sent to the central intelligent occupant detection system.

(4) Pendant Type Wireless Phone

In Japan, pendant type wireless phones for handicapped people are already in use. We modified this system as follows (**Figure 6**).

- (a) The intelligent occupant detection system makes a phone call automatically.
- (b) Handicapped people push and respond to inform the existence of themselves.
- (c) The intelligent occupant detection system catches the signal and detect the occupant existence, automatically.

2.3 Evacuation Guiding System

This system can automatically classify the all areas into several areas, such as safe area, and areas of smoke, CO gas, flame, high-temperature. Also this system shows the area or room where occupants, in particular handicapped people, are existing. Therefore the fire brigades can guide and rescue them safely.

Presently many simulations are now attempted to test the safe guide and rescue

system.

3. Simulation System of Evacuation, Guide and Rescue

It is difficult to examine the effectiveness of this intelligent fire detection and occupant detection system using a real building. So a simulation system has been constructed as follows using a work-station.

3.1 Computer Graphic System to Display a Building

This system can create an arbitrary 3-dimensional building on a computer display. The inside of the building can be seen using a volume-rendering technique as seen in **Figure 7**. At the same time the building can be turned into an arbitrary direction. Therefore the spread of fire smoke and movement of occupants created by the system mentioned below can be clearly seen.

3.2 Simulation System of Spread of Fires and Gases

A Field-Zone-Network Model is used to simulate the flow behavior of fire gases. The Field model is applied for the fire room to simulate the fire detection of multi-fire sensors. One example is shown in **Figure 8**. The Zone-Network Model is applied to simulate the smoke and gas behavior in corridors and stair-cases.

Arbitrary fires are created based on the preset scenario which are to be examined. Simulation results have been verified using a reduced (1/2) scale model building (5-story), owned by the University of Science and Technology of China.

3.3 Display System of Occupants

Occupants are also created based on the preset scenario to be examined. Some rules are given to respond and detect to the occupant detection system. Behavior of handicapped people are also currently investigated.

3.4 Interface to connect Simulation System together with Intelligent Fire Detection System and Occupant Detection System

The number of multi-sensor fire detectors and occupant detection system which are available for experiments is limited, so experimental apparatus of multi-element fire detectors and occupant detection system and computational simulation systems were connected each other. The interface to connect them has been developed.

3.5 Simulations

First the fire detection is examined in two ways, namely in experiments and in computational simulations. The experiments are made in a room similar to a hotel room. The computational simulations are made using the Field model simulation code. Next the fire spread in the corridor is created only in computational simulations, using the Zone-Network model simulation code. Third the occupant detection is partly made by real-experimental apparatus together with real human body in a room similar to a hotel room and partly by computer simulations in many other rooms.

The evacuation, safe guide and rescue of the occupants are simulated in computers.

By today, many simulations have successfully been in trial. Safe evacuation, guide and rescue system by fire brigades are currently investigated.

4. Concluding Remarks

In many huge buildings, there is a serious problem that fire brigades are facing difficulties in getting detailed information of evacuation as well as burning rooms in building.

Hence the system consisting of following subsystems is developed.

- (1) Intelligent fire detection system based on fuzzy expert system.
- (2) Occupant detection system which consists of passive infrared sensor and intelligent telecommunication system to check human response.
- (3) Evacuation assisting system.

The simulations to test the effectiveness of this system are presently conducted.

References

- (1) Satoh, K., A. Takemoto and D. Kouzeki : "Intelligent Fire Detection System using Multi-sensor Fire Detector (including CO sensor) and Fuzzy Expert System", Technical Report of Fire Research Institute of Japan No.25 and 26 (1991)
- (2) Satoh, K., D. Kouzeki, H. Tamura and M. Hosokawa : "Intelligent Fire Detection System using Multi-sensor fire Detector and Fuzzy Expert System - Part 3", Technical Report of Fire Research Institute of Japan No.28 (1993)

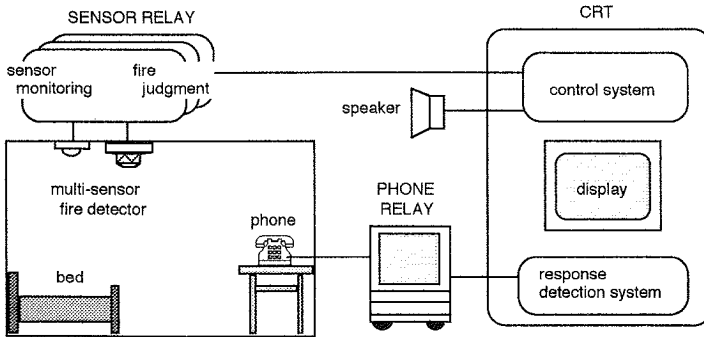


Figure 1 Configuration of intelligent fire detection system

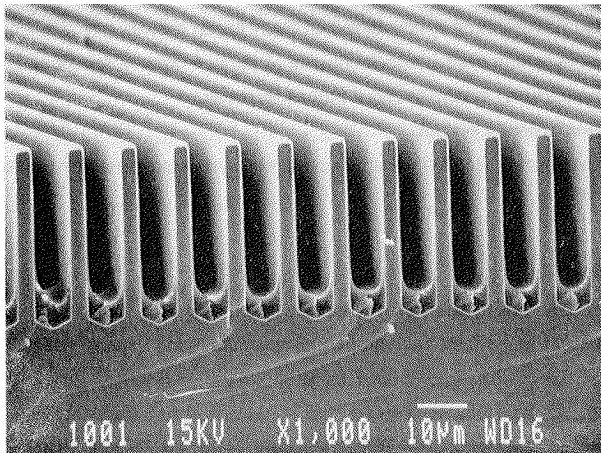


Figure 2 Microscopic view of "NAFION" CO sensor

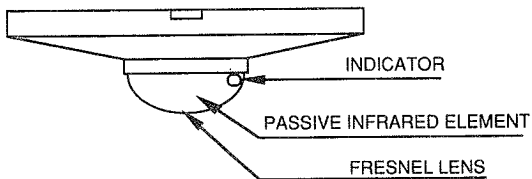


Figure 3 Passive infrared sensor

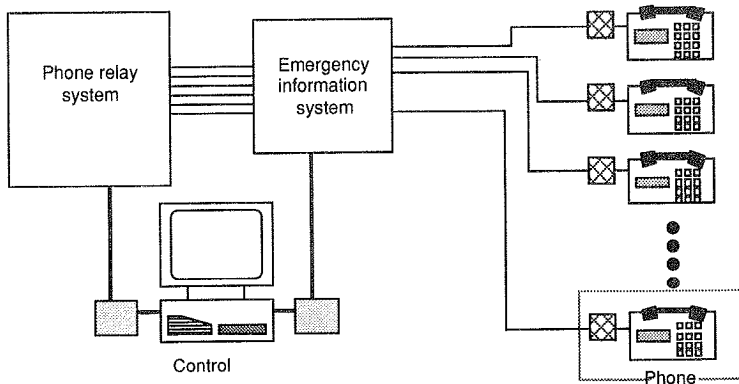


Figure 4 Automatic phone pick up detection system

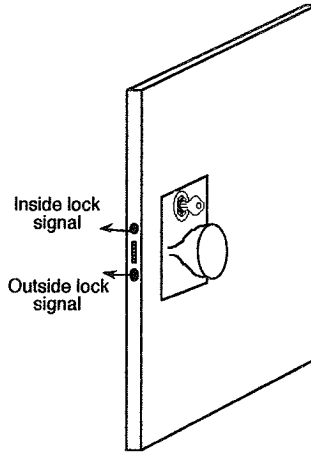


Figure 5 Special door key system

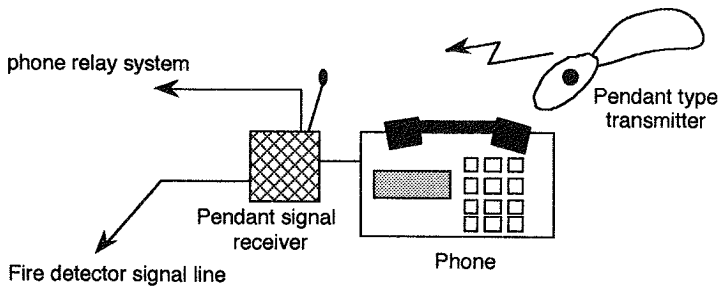


Figure 6 Pendant type wireless phone

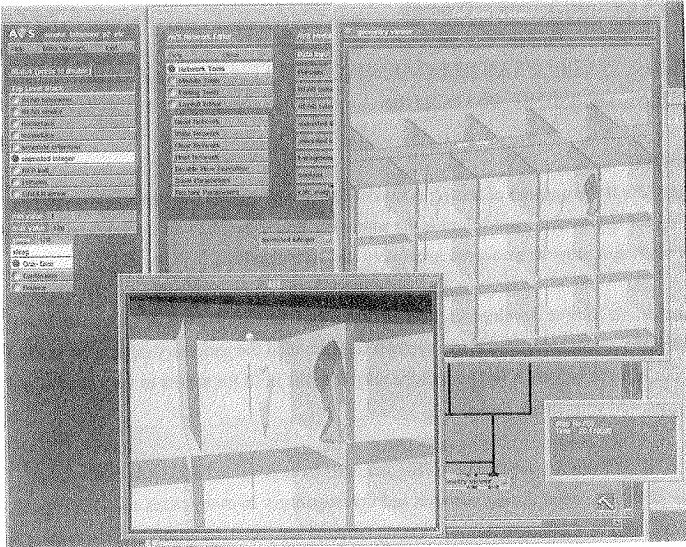
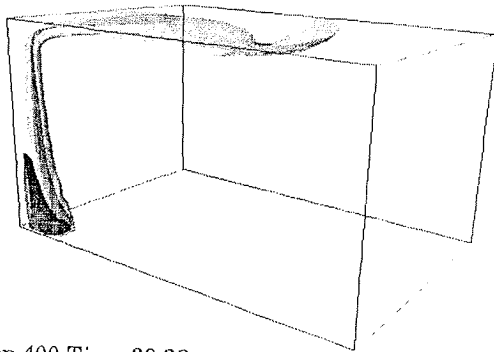


Figure 7 Computer graphic view of the inside of arbitrary building.



Step 400 Time 39.36

Figure 8 One example of spreading fire smoke in a room, calculated by Field model computer code.

Finn Dyhring
DELTA Electronics Testing, Denmark

TRENDS IN EUROPEAN DEVELOPMENT OF EFFICIENT EQUIPMENT FOR TESTING OF SMOKE DETECTORS

Abstract

Regardless if the purpose of testing is measurements for quality assurance in production or type testing for approval the procedure is the same. For heat detectors and smoke detectors the basic characteristics must be measured accurately and reproducibly.

In the course of time development of Part 5 and 7 of the EN54 series of European Standards for automatic fire detection and alarm systems has provided the necessary criteria for testing of detectors, but it has often left behind the user with the need for access to very specialized facilities and equipment.

Proceedings from the very early AUBE seminars have provided excellent examples of prototypes developed during research and investigations. In many cases such findings have later been utilized by manufacturers and testing laboratories when designing and manufacturing their own testing facilities and equipment.

In the time to follow the experience obtained has resulted in many improvements. An actual example is the design of a new model of a recirculating tunnel suitable for testing of heat and smoke detectors. In the new design the operation is based on a personal computer which together with a powerful software package enables the realization of the complex control algorithms and provides a selection of data processing and presentation options in a most efficient and professional way.

Introduction

Today, activities during which a manufacturer collects documentation for verification of the qualities of his new products are being more and more crucial to the process of securing the general acceptance and future survival of the product.

Review during design and development, informative investigations prevailing decisions concerning CE marking, type testing for approval and measurements for quality assurance are all good examples of such activities, which all may be collected under the heading of 'testing'.

Any kind of testing implies access to capabilities on manpower, facilities and procedures, which in many cases are not directly at the manufacturer's disposal. In the case of type testing the manufacturer is furthermore obliged to utilise testing as a 3rd party service.

Therefore, management must treat testing as a strategic choice and give it the highest priority as it often involves establishment and preservation of a partnership in which the manufacturer must have full confidence.

The effort to determine the basic characteristics of heat and smoke detectors is a good example on testing carried out as both 2nd and 3rd party services.

Regardless of the purpose of the testing i.e. being measurements for quality assurance in production or type testing for approval the procedure is the same. In both cases the following basic characteristics must be measured accurately and reproducibly:

- * Heat detectors
Static response temperature and response time when the detectors are subjected to increasing temperature
- * Smoke detectors
Response to standardized test smoke under different conditions.

During the development of Part 5 and 7 of the EN54 series of European Standards for automatic fire detection and alarm systems has provided the necessary criteria for testing of detectors but often leaving behind the user with the need for access to very specialized facilities and equipment.

Proceedings from the very early AUBE seminars have provided excellent examples of prototypes developed during research and investigations. In many cases such findings have later been utilized by manufacturers and testing laboratories when designing and manufacturing their own testing facilities and equipment. In the time to follow the experience obtained has resulted in many improvements.

Testing implies a professional handling and exposure of the test specimen in question. It is therefore a generally accepted procedure to judge some but very essential capabilities of a testing laboratory by evaluating the quality of its facilities and equipment.

Let us take an example. After 20 years in service under regular maintenance and a number of updates time has come for DELTA Electronics Testing to renew their facilities for testing of detectors. In short, the old test tunnel was replaced by another recirculating tunnel with a new design not only satisfying the present version of the EN54 series of European Standards but also the future improvements proposed by working group WG5 under technical committee CEN/TC72 and just approved by TC72 for implementation before publication of the next revision.

It must be emphasized that the design and manufacture of the said test tunnel is a spin-off of the knowledge and experience gained by the laboratory through its services over more than two decades as an accredited and independent test house for automatic fire detectors.

The test tunnel includes the following main component (refer to figure 1: Main components of test tunnel):

Basic equipment

- * Recirculating tunnel with fan, throttle, heating and cooling elements, filters and fixture for test specimens
- * PC based control with data acquisition, processing and presentation using a 486 processor and colour monitor. Software: LabView and Windows
- * Fan motor with controller for angular speed
- * Booster for higher air speed
- * Cooling equipment (compressor or cooling water based)
- * Power stage for heating
- * Temperature controller
- * Smoke generator with air supply filter.

Measuring and auxiliary equipment

- * Smoke measuring equipment, light attenuation (MIREX type EC-910)
- * Smoke measuring equipment, ionization (MIC type EC-912)
- * Temperature measuring system (sensor and transmitter)
- * Stray light insertion for optical scatter detectors
- * Detector interface card
- * Anemometer
- * Printer.

For more detailed information on general specifications and specifications related to heat detector testing as well as smoke detectors testing, please refer to enclosed annex 1..3.

The operation of the new test tunnel is based on a personal computer with separate cards for control and data acquisition. A powerful software package enables the realization of the complex control algorithms and provides a selection of data processing and presentation options which supports the operation and reduces the need for long special training of the personal in using the facility. In addition the processing and presentation facilities display the result and make the reporting professional and efficient.

The package equipment solution used for smoke measurements may call upon special interest. Here, the second generation of the well proven MIC [1] ionization principle based smoke

measuring equipment is integrated with the MIREX [2] light extinction principle based smoke measuring equipment likewise developed by Cerberus Ltd, Switzerland, and manufactured and marketed for worldwide sale under an exclusive licence by DELTA Electronics Testing, Denmark.

Hereby, the equipment package covers all reference measurements of smoke density in connection with detector testing according to measurements in

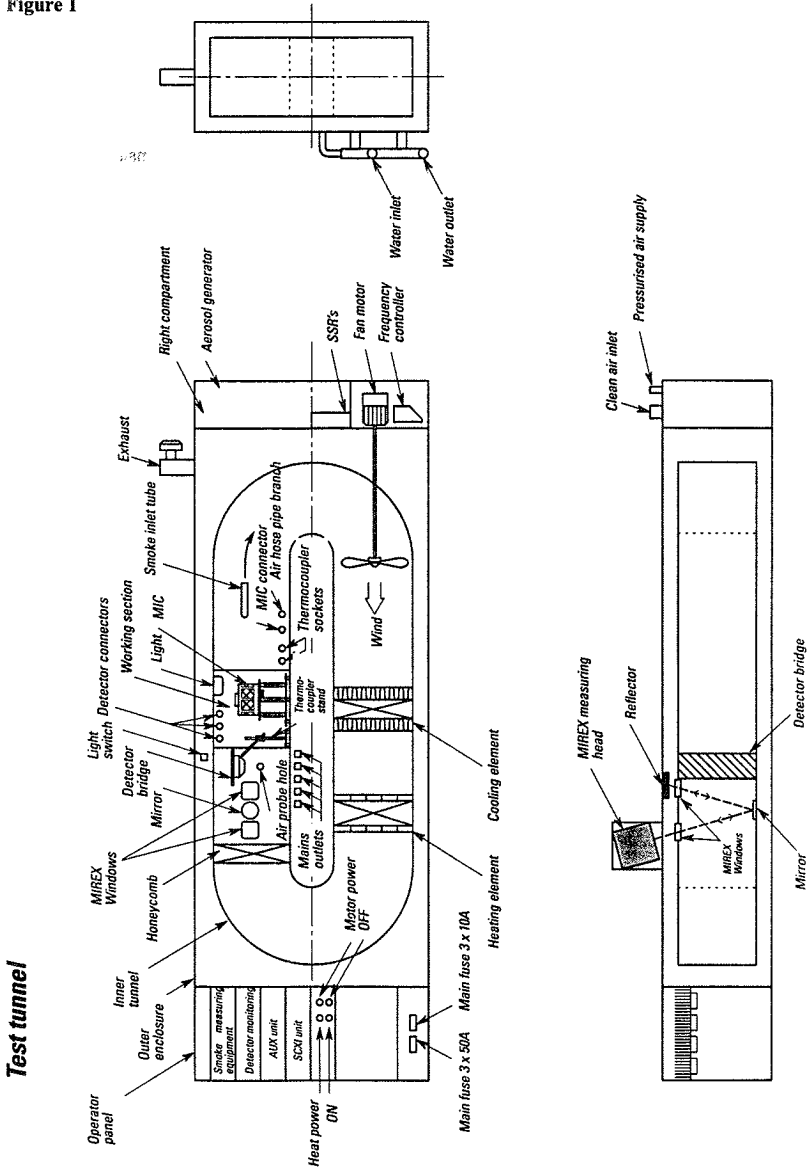
- * smoke tunnel according to EN54-7
- * fire test room according to EN54-9
- * smoke box according to UL 217 and UL 268.

Further the MIC/MIREX smoke measurement equipment is suitable for any other application where the specification calls for accurate smoke measurements.

For more detailed information related to the MIC/MIREX smoke measurement equipment, please refer to enclosed annex 4..6.

- [1] Morten Avlund: The European Approach for Smoke Measurements is getting worldwide Acceptance
Proceeding of AUBE '89, p. 757
- [2] Th. Capaul: MIREX, ein neues Rauchdichte-Messgerät nach dem Extinktionsprinzip
Proceeding of AUBE '89, p.765.

Figure 1



Annex 1

General specifications

- Dimensions (approx.) : 1 x w x h: 4.5 x 0.7 x 1.5 m,
(excl. compressor unit if required)
- Required minimum space
for operation and service : 1 x w x h: 6.5 x 4 x 2.5 m, approx.
- Finish : Outer tunnel: as appropriate
: Inner tunnel: stainless steel
- Cross-section : Square 0.5 x 0.5 m in working section.
- Heat and smoke exhaust : By build-in fan and exhaust flaps. Exhaust piping 120 mmØ.
- Electrical requirements : 380 (400) Vrms ±10%, 3 phases 50 Hz, 10 kW maximum. Earthing
required.
- Air heaters : Frames with coiled wolfram wires.
- Air supply : Source of clean dry air capable of delivering 15 SLPM at 250 kPa.
- Air velocity : Adjustable, 0.1 to 1 m/s. Can be extended to 0.1 to 10 m/s by
insertion of booster.
- Air flow : Laminar air flow in working section. Build in air straightner/filter
before working section.
- Air temperature : Adjustable (range to be defined by the customer)
Note: Min. and max. temperature will depend on the response time,
response temperature and detection characteristic for the heat
detectors which shall be tested in the tunnel. So, this will also
determine the requirements to the cooling system and the choice of
materials for the tunnel.
- Temperature control : Closed loop servo system.
- Man-machine interface : Partly by operator panel in 19 inch rack on tunnel and partly by PC
control system.
- Data processing and
display : By PC based data acquisition and presentation system with colour
monitor.
- Cable entries : To be defined by the customer.
- Detector mounting : Universal mounting fixture allowing one or two detectors to be
tested simultaneously.
Special fixture for one detector for the revised EN54-5.

Annex 2

Specifications related to heat detector testing

Temperature profile	: Ramp, selectable in steps (°C/min.): 0 i.e. constant temperature 0.2 *) 1.0 3.0 5.0 10.0 20.0 30.0 *) 1.0°C/min. from 25°C to max. normal ambient temperature then 0.2°C/min. to response (revised EN54-5).
Linearity	: Within ±2°C
Temperature measurement	: Accuracy equal to or better than ±2°C, response time not greater than 2 sec.
Time resolution	: Better than 0.5 sec.
Air velocity	: Constant mass flow equivalent to 0.8 ±0.1 m/s at 25°C over the full temperature range.
Data presentation	: Time profile curves of heat exposure with detector response values marked. Test identification (job no., detector, date, etc.) and test parameters in table format.

Annex 3

Specifications related to smoke detector testing

Smoke type	: Paraffin aerosol, maximum of particle size distribution to be defined.
Smoke density	: Optical m: 0 to 1.2 dB/m Ionization Y: 0 to 0.8
Smoke build-up rate	: $dY/dt \leq 0.15 \text{ min.}^{-1}$ $dm/dt \leq 0.2 \text{ dB/m/min}$ $0.05 \leq dY/dt \leq 0.3 \text{ min.}^{-1}$ #) $0.015 \leq dm/dt \leq 0.1 \text{ dB/m/min.}$ #) #) revised EN54-7
Air velocity	: Nominal 0.2 ±0.04 m/s, adjustable 0.1 to 1 m/s at 23°C. 5 ±0.5 m/s for 5 min. and 10 ±1 m/s for 2 sec. by means of booster and throttle.
Air temperature	: Nominal 23 ±5°C.

- Data presentation : Time profile curves of smoke exposure with detector response values marked. Test identification (job no., detector, date, etc.) and test parameters in table format.
- Mounting of measuring equipment : Brackets for the mounting of the MIC and MIREX.

Annex 4

Specifications related to ionization principle based smoke measuring equipment

The MIC smoke measuring system type EC-912 consists of the following parts:

- * A MIC smoke measuring head.
- * A multicable, 10 m (other lengths on request).
- * A MIC control unit with power supply.
- * A flow control unit with filter.
- * A vacuum pump.
- * Accessories, instruction manual etc.

The smoke measuring head is installed at the measuring site and connected to the control unit via the multicable. The control unit, flow control unit and power supply are housed in a cabinet which can be placed in an operator room. The vacuum pump can be placed in a convenient location.

System specifications

- Calibration : Manual calibration from front of control unit. With calculator unit (optional) automatic calibration can be locally or remotely controlled.
- Mains supply : 110-240 Vrms, 50-60 Hz without switchover.
- Cabinet : 19 inch bench top/rack cabinet with power supply for MIC, MIREX (optional) and calculator unit (optional).
The cabinet can accommodate the following typical system configurations:
- a) one MIC,
 - b) one MIC and one MIREX,
 - c) one MIC, one MIREX and the calculator.

Measuring head

- Chamber quiescent current : 100 pA (nominal)
- Chamber impedance : $1.9 \times 10^{11} \Omega \pm 5\%$
- Radioactive source : Am241

Activity : 129.5 kBq (3.5m Ci) $\pm 5\%$
Average alfa energy : 4.5 MeV $\pm 5\%$
Time delay : ≤ 10 sec. at 30 l/min. flow rate
Smoke sensitivity : The measuring head is calibrated against DELTAs reference MIC to within $\pm 3\%$ smoke sensitivity. Calibration certificate enclosed with each measuring head.

Control unit

Readout : 3.1 digit LCD display. Chamber voltage or smoke density X can be selected. With calculator unit (optional) smoke density Y and Y_{20} can also be displayed.
Analogue outputs : X (0.0-10.0 VDC), chamber voltage U_c (14-25 VDC approx.), Y and Y_{20} (0.0-11.0 VDC). The Y and Y_{20} outputs are not active without the calculator unit. Load impedance ≥ 100 k Ω

Flow control unit

Flow rate : Adjustable between 0-50 l/min.
Filter : Replaceable filter element.

Vacuum pump

Mains requirements : 100 Vrms $\pm 10\%$, 50-60 Hz or
115 Vrms $\pm 10\%$, 60 Hz or
230 Vrms $\pm 10\%$, 50 Hz
Motor rating : Approx. 0.15 kW
Capacity : Approx. 60 l/min.

Options

Calculator unit : Type EC-913-20 (refer to Annex 6).

Annex 5

Specifications related to light extinction principle based smoke measuring equipment

The MIREX smoke measuring system type EC-910 consists of the following parts:

- * A MIREX smoke measuring head with reflector, incl. mounting kit. * A multicable, 10 m (other lengths on request).
- * A MIREX control unit with power supply.
- * Accessories, instruction manual etc.

The smoke measuring head is installed at the measuring site and connected to the control unit via

the multicable. The control unit and power supply are housed on a cabinet which can be placed in a convenient location.

System specifications

Measuring range : Transmission 100-0% or light obscuration 0-100%. (Corresponding to 0-10.0 dB/m with 1.00 m measuring path).

Measuring

accuracy : Better than $\pm 0.5\%$ points on transmission in the range 100-40%.

Calibration : Digital clean-air calibration with compensation for dirt accumulation on optical surfaces. The calibration can be locally or remotely controlled.

System check : Built in mesh filter which can be activated from the control unit.

System lock : Input for disabling of calibration and system check.

Mains supply : 110-240 Vrms, 50-60 Hz without switchover.

Cabinet : 19 inch bench top/rack cabinet with power supply for MIREX, MIC (optional) and Calculator unit (optional) The cabinet can accommodate the following typical system configurations:

- a) one MIREX,
- b) one MIREX and Calculator,
- c) one MIREX and one MIC,
- d) one MIREX, one MIC and Calculator,
- e) two MIREX.

Measuring head

Light beam : Infrared, maximum at 880 mm. Distance between mounting surface and centre axis of light beam adjustable in 2 cm steps from 7-17 cm.

Measuring path : 1.00 meter (measuring head - reflector) as standard.

Control unit

Readout : 3.5 digit LCD display. Transmission or obscuration can be selected. With calculator unit (optional) also extinction in dB/m or obscuration module can be displayed.

Analogue output : 10.0-0.0 VDC corresponding to 100-0% transmission. Load impedance $\geq 100 \text{ k}\Omega$.

Options

Neutral density

filters : 1.0, 2.5 and 4.0 dB attenuation.

Calculator unit : Type EC-913-20 (refer to Annex 6).

Annex 6

Specifications for calculator unit for the conversion of MIC and MIREX values

A calculator unit is available for the conversion of the measuring values from the MIC and MIREX smoke measuring equipment type EC-912 and EC-910, respectively. In addition the calculator unit provides analogue outputs for recording of the calculated values. A further feature provided by the calculator unit is system calibration, making the operation of the MIC/MIREX equipment more easy.

The calibration unit fits into the MIC/MIREX control cabinet and provides the following functions:

Conversion of values

- MIC values : Conversion of smoke density X to Y
- : Conversion of Y to Y_{20}
- MIREX values : Conversion of transmission T to extinction module m (dB/m)
- : Conversion of light obscuration D to light obscuration per metre D1 (%/m)

Calculation of m/Y ratio

System calibration

Analogue output signals (0.0-10.0 VDC and 0.0-11.0 VDC, respectively) are available for all the converted and calculated parameters. Load impedance $\geq 100 \Omega$.

Theodor Jandewerth

Siemens AG, München, Deutschland

Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Deutschland

Ein Fuzzy Logik Mehrfach-Sensor-Branddetektor für die Brandkenngrößen Rauchdichte und Temperatur

Abstract

It is impossible to have a short detection time and still maintain a small probability of fault alarms, when one select the parameters of a fire detector. Obviously it is more important to detect a heavy heat producing fire in a shorter amount of time than a smoldering fire. This paper presents a Multiple Sensor (based) Fire Detector, which evaluates the temperature and smoke density to decide which determinant should be predominant: a short detection time or a small probability of fault alarms.

1 Einleitung

Ein mögliches Optimierungskriterium für einen Branddetektor ist die Minimierung der Fehlalarmwahrscheinlichkeit mit der notwendigen Bedingung, daß alle physikalisch erkennbaren Brände detektiert werden. Des Weiteren ist es erforderlich, daß je nach Brandsituation die Detektionszeit ausreichend klein ist. Eine mögliche Darstellung eines Branddetektors ist die Ereignisraumdarstellung in Abbildung 1. Dabei beschreibt der Bereich B die Gesamtmenge aller möglichen Brände, während in Nb alle Nichtbrandsituationen fallen. Daraus folgt, daß die Vereinigungsmenge $B \cup Nb$ alle möglichen Ereignisse beinhaltet. In die Bereiche $B \setminus Nb$ und $Nb \setminus B$ fallen die Ereignisse, für die der Detektor dem Ereignis entsprechend die richtige Hypothese zuordnet. Aufgrund der notwendigen Bedingung, daß ein Branddetektor für alle Brandsituation die richtige Hypothese findet, folgt, daß alle Ereignisse, die in der Durchschnittsmenge $B \cap Nb$ liegen, zur Hypothese *Brand* entschieden werden. Da in diesen Bereich auch Nichtbrandsituationen fallen, kommt es zu Fehlalarmen. Sollen

diese minimiert werden, ist es notwendig, Kriterien zu finden, durch die es möglich ist, die Durchschnittsmenge $B \cap Nb$ zu Gunsten des Bereiches $Nb \setminus B$ zu verkleinern.

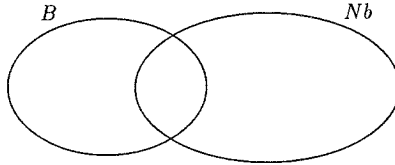


Abbildung 1: Ereignisraumdarstellung einer Brand- und Nichtbrandsituation

Die daraus resultierende zusätzliche Information soll aus einer zweiten physikalischen Kenngröße erfolgen. In diesem Fall sollen Kriterien, abgeleitet von der Rauchdichte und Temperatur, mit der Fuzzy Logik verknüpft werden und zu einer Verkleinerung der Fehlalarmwahrscheinlichkeit führen.

2 Verknüpfung von Rauchdichte und Temperatur

Das von der Temperatur abgeleitete Kriterium soll mit τ , das der Rauchdichte mit ρ bezeichnet werden. Der Zustand, auf den ein Kriterium hinweist ist *positiv*, wenn zur Hypothese H_B geschlossen wird. Er ist *negativ*, wenn zur Hypothese H_{Nb} geschlossen wird. Dabei ist H_B die Brandhypothese und H_{Nb} die Nichtbrandhypothese. Wird vorausgesetzt, daß alle möglichen vorkommenden Brände immer eine Rauchentwicklung verursachen, existieren folgende zwei kritische Zustände:

$\rho = pos., \tau = pos.$: Hier handelt es sich um einen möglichen Brand mit einer großen Wärmeerzeugung. Da die Temperaturkomponente positiv ist, muß die Detektionszeit klein gewählt werden.

$\rho = pos., \tau = neg.$: Falls es sich um ein Schadensfeuer handelt, muß es sich um eine schwelbrandähnliche Situation handeln. Dadurch ist eine längere Detektionszeit möglich als im Fall $\rho = pos., \tau = pos.$.

Da eine kurze Detektionszeit und eine kleine Fehlalarmwahrscheinlichkeit sich in der Regel gegenseitig ausschließen, ist eine Zweiteilung möglich.

$\rho = \text{pos.}, \tau = \text{pos.}$: Die Alarmschwelle ist so zu wählen, daß die Detektionszeit klein ist. Dabei wird eine größere Fehlalarmwahrscheinlichkeit akzeptiert.

$\rho = \text{pos.}, \tau = \text{neg.}$: Die Alarmschwelle ist so zu wählen, daß eine größere Detektionszeit akzeptiert wird. Dabei wird eine kleinere Fehlalarmwahrscheinlichkeit erreicht.

Für den einkanaligen Rauchmelder ist eine derartige Einteilung nicht möglich. Deshalb ist die Alarmschwelle so zu wählen, daß der ungünstigste Brandfall noch rechtzeitig erkannt wird. Durch die Hinzunahme der Temperatur zur Hypothesefindung ist somit eine Verbesserung des Fehlalarmverhaltens derart zu erwarten, daß Nichtbrandsituationen mit einer zeitlich kurzen positiven Rauch- aber negativen Temperaturkomponente seltener zu einem Fehlalarm führen.

3 Realisierung

3.1 Brandmenge

Für das vom Rauch abgeleitete Kriterium soll ein in der Brandentdeckung bewährtes Verfahren verwendet werden. Hierzu zählt die Brandmenge $Bm(k)$, die nach Gleichung 1 berechnet wird. Die darin enthaltene Alarmberechnungsschwelle ist mit S_{Ab} , die diskrete Zeit mit k und die Rauchdichte abzüglich des Langzeitmittelwertes mit $x_R(k)$ bezeichnet.

$$Bm(k) = \begin{cases} Bm(k-1) + x_R(k) - S_{Ab} & \text{wenn } S_{Ab} < x_R(k) \\ 0 & \text{wenn } S_{Ab} \geq x_R(k) \end{cases} \quad (1)$$

3.2 Summe der großen Temperaturänderungen

Für das von der Temperatur abgeleitete Kriterium sind folgende Eigenschaften wichtig:

- Eine schnelle Detektion, wenn eine Wärmequelle vorhanden ist. Da oft Nichtbrandursachen nur eine kleine Leistung im Gegensatz zu Nichtschwelbränden besitzen, soll sich auf die Nichtbrandursachen mit einer ausreichend großen Leistung beschränkt werden.
- Wärmequellen mit einer ausreichend großen Leistung sollen über eine längere Zeit vorhanden sein.

Mit einer solchen Einschränkung ist ausgeschlossen, daß langanhaltende Temperaturanstiege, wie sie z.B. durch Heizradiatoren entstehen können, zu einer positiven Temperaturkomponente führen. Des Weiteren ist auszuschließen, daß kurzzeitige große Temperatursteigerungen, wie sie z.B. durch warme Windstöße erfolgen können, zu einer positiven Temperaturkomponente ($\tau = \text{positiv}$) führen.

Hierzu soll die folgende Realisierung vorgeschlagen werden. Die darin enthaltene Temperatur ist mit $x_T(k)$ und die Summe der großen Temperaturänderungen mit $F(k)$ bezeichnet. Die Menge $V(k)$ enthält alle Zahlen $f(k-i)$ mit $0 \leq i < L$.

$$\begin{aligned} F(0) &= 0 \\ F(k) &= F(k-1) + f(k) \quad \text{wenn } 0 < k \wedge f(k-i) \neq 0 \in V(k) \quad (2) \\ f(k) &= \begin{cases} x_T(k) - x_T(k-1) & \text{wenn } x_T(k) - x_T(k-1) \geq A \\ 0 & \text{wenn } x_T(k) - x_T(k-1) < A \end{cases} \quad (3) \end{aligned}$$

Wie zu erkennen ist, wird zu der Summe $F(k)$ ein nicht negativer Summand $f(k)$ addiert. Damit die Temperaturanstiege mehrerer Störsituationen nicht addiert werden, wird der Wert der Summe $F(k)$ zu Null gesetzt, wenn alle Temperaturänderungen der letzten L Samples kleiner als die Schwelle A sind.

$$F(k) = 0 \quad \text{wenn } f(k-i) = 0 \quad \forall \quad 0 \leq i < L \quad (4)$$

3.3 Verknüpfung der Kriterien aus Temperatur und Rauchdichte

Je nach Größe der Brandmenge sollen zwei Zustände erreicht werden können. Dafür ist es erforderlich, aus der Rauchdichte zwei Brandkriterien ρ_1 und ρ_2 zu definieren. Dabei ist der Zustand des Kriteriums ρ_1 bereits bei einer kleineren Brandmenge *positiv* als ρ_2 . Die Verknüpfung der Brandmenge $Bm(k)$ und den Zuständen von ρ_1 und ρ_2 ist in Abbildung 2 dargestellt.

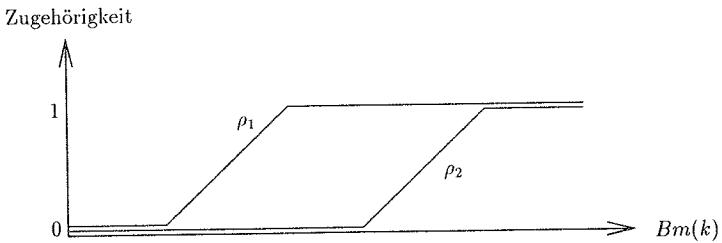


Abbildung 2: Darstellung der Zugehörigkeit der von der Rauchdichte abgeleiteten Kriterien ρ_1 und ρ_2 zu den Zuständen *positiv* bzw. *negativ*

Eine ähnliche Verknüpfung erfolgt mit der Summe der großen Temperaturänderungen $F(k)$ und dem Kriterium τ , die in Abbildung 3 dargestellt ist. Dabei ist es mit der Fuzzy Logik möglich, auch Zwischenzustände mitzuberechnen. Damit eine Quantisierung dieser Art möglich ist, soll der Zustand *positiv* mit Eins und *negativ* mit Null bewertet werden. Die Kriterien $\rho_1(Bm(k))$, $\rho_2(Bm(k))$ und $\tau(F(k))$ sollen, wie in der Fuzzy Logik üblich, im weiteren Verlauf als Zugehörigkeitsfunktion bezeichnet werden. Da die Brandmenge $Bm(k)$ im Brandfall mit der Zeit ansteigt gilt $\rho_2(Bm(k)) \leq \rho_1(Bm(k)) \quad \forall k$. Zur Hypothese H_B wird entschieden, wenn die Zugehörigkeitsfunktionen $\rho_1(Bm(k))$ und $\tau(F(k))$ oder $\rho_2(Bm(k))$ eine Schwelle D überschreiten.

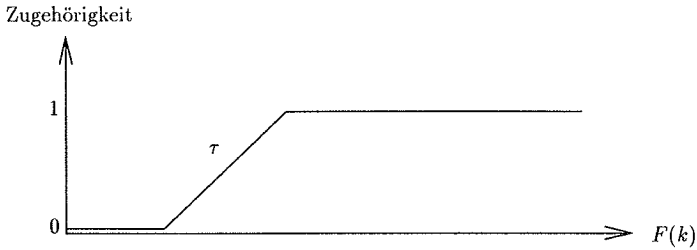


Abbildung 3: Darstellung der Zugehörigkeit des von der Temperatur abgeleiteten Kriteriums τ zu den Zuständen *positiv* bzw. *negativ*

3.3.1 Verwendung des Minimum- und Maximumoperators für die logische Verknüpfung

Eine mögliche Verknüpfung der Kriterien sind die Minimum- bzw. Maximumoperatoren. Dazu gibt es die folgende Analogie zwischen der Binär- und der Fuzzy Logik:

Binär Logik	Fuzzy Logik	
$a \cdot b$	\iff	$\text{Min}[a, b]$
$a + b$	\iff	$\text{Max}[a, b]$

Dabei sind die Operatoren wie folgt definiert:

$$\text{Min}[a, b] = \begin{cases} a & \text{wenn } a \leq b \\ b & \text{wenn } b < a \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Max}[a, b] = \begin{cases} a & \text{wenn } a \geq b \\ b & \text{wenn } b > a \end{cases} \quad (7)$$

Zur Hypothese H_B wird entschieden, wenn die Zugehörigkeitsfunktionen $\rho_1(Bm(k))$ und $\tau(F(k))$ oder $\rho_2(Bm(k))$ eine Schwelle D überschreiten. Für das Brandkriterium ergibt sich:

$$z(k) = \text{Max}[\text{Min}[\rho_1(Bm(k)), \tau(F(k))], \rho_2(Bm(k))] \stackrel{!}{\leq} D \quad (8)$$

Überschreitet dieser Ausdruck die Schwelle D , so wird zur Hypothese H_B , wird dieser nicht erreicht, so wird zur Hypothese H_{N_b} entschieden.

4 Beispiel einer realen Nichtbrandsituation

Das in Abbildung 4 dargestellte Störsignal ist in einer Großküche aufgenommen. Die Rauchdichte ist nach dem rückwärtsstreuenden optischen Meßprinzip und die Temperatur mit einem NTC-Widerstand gemessen worden. Die Störung wurde verursacht durch schnelles Eintreten von heißem Wasserdampf in das Sensorgehäuse, der sich anschließend abkühlte und kondensierte.

Bei dieser Art von Störung steigt die Rauchdichte sprunghaft von Null auf den Sättigungswert an. Dadurch vergrößert sich die Brandmenge $Bm(k)$ nach Gleichung 1, und damit verbunden steigt die Zugehörigkeitsfunktion $\rho_1(Bm(k))$ bis zum Wert Eins an (Abbildung 4). Da sich der Wert der Zugehörigkeitsfunktion $\rho_2(Bm(k))$ erst bei einer wesentlich höheren Brandmenge vergrößert als der von $\rho_1(Bm(k))$, bleibt die Zugehörigkeit *negativ* für dieses Kriterium vorerst erhalten. Gleichzeitig steigt die Temperatur $x_T(k)$ mit einer großen Steigung auf den Wert 32 °C. Entsprechend vergrößert sich der Wert der Zugehörigkeitsfunktion $\tau(F(k))$ von Null auf $\tau(F(k)) \approx 0.6$. Da nach Abbildung 2 gilt $\rho_2(Bm(k)) \leq \rho_1(Bm(k)) \quad \forall k$ und in diesem Zeitbereich $\rho_1(B(k)) \leq \tau(F(k))$ für $0 \leq k < K_1$ ist, vereinfacht sich Gleichung 8 zu $z(k) = \rho_1(Bm(k)) \quad \forall 0 \leq k < K_1$.

Im Zeitabschnitt $K_1 \leq t$ fällt die Temperatur. Daraus folgt, daß der Wert für $F(k)$ nach Gleichung 2 nicht verändert wird und somit die Zugehörigkeitsfunktion $\tau(F(k))$ für $K_1 \leq k < K_2$ konstant ist. Da $\tau(F(k)) \leq \rho_1(Bm(k)) \wedge \rho_2(Bm(k)) < \tau(F(k)) \quad \forall K_1 \leq k < K_2$ ist, vereinfacht sich Gleichung 8 zu $z(k) = \tau(F(k))$.

Zum Zeitpunkt K_2 wird die Summe der großen Temperaturänderungen $F(k)$ wieder zu Null gesetzt, da in den letzten $L = 100$ Samples alle Temperaturänderungen kleiner als die Schwelle A sind (Gleichung 4). Damit ist $\tau(F(k)) \leq \rho_2(Bm(k)) < \rho_1(Bm(k)) \quad \forall K_2 \leq k < K_3$, und die Gleichung 8 vereinfacht sich zu $z(k) = \rho_2(Bm(k))$. Da jedoch die Brandmenge $Bm(k)$ weiter ansteigt, vergrößert sich auch der Wert der Zugehörigkeitfunktion $\rho_2(Bm(k))$. Damit steigt $z(k)$, unabhängig vom

Temperaturverlauf, wieder an.

Zum Zeitpunkt K_3 unterschreitet die Rauchdichte $x_R(k)$ die Alarmberechnungsschwelle S_{Ab} . Entsprechend Gleichung 1 wird die Brandmenge $Bm(k)$ wieder zu Null gesetzt. Damit ist der Wert der Zugehörigkeitsfunktion $\rho_1(Bm(k)) = \rho_2(Bm(k)) = 0 \quad \forall \quad K_3 \leq k$. Entsprechend Gleichung 8 ändert sich der Ausgang $z(k)$ zu Null.

4.1 Vorteile für dieses Beispiel

Es ist zu erkennen, daß die Alarmschwelle $0.6 < D$ nicht überschritten wird. Der Grund liegt darin, daß die Temperatur nur kurzfristig ansteigt und die Brandmenge $Bm(k)$ für Schmelbrände nicht ausreichend groß ist. Beim einkanaligen Brandmengen-detektor wird die Temperatur als Brandkenngröße nicht berücksichtigt. Entsprechend ist die Schwelle für die Brandmenge, von der zur Hypothese H_B entschieden wird, klein zu wählen, sodaß das zeitliche Ansprechverhalten noch für einen Brand mit einer größeren Wärmeentwicklung ausreichend klein ist.

Das gleiche zeitliche Ansprechverhalten besäße dieser Algorithmus, wenn für die Zugehörigkeitsfunktion $\tau(F(k)) = 1 \quad \forall \quad k$ angenommen wird. In diesem Spezialfall vereinfacht sich der Detektor zu einem üblichen Brandmengen-detektor $z(k) = \tau_1(Bm(k))$. Da die Zugehörigkeitsfunktion $\rho_1(Bm(k))$ den Wert Eins erreicht, muß unabhängig von der Wahl der Schwelle D , zur Hypothese H_B entschieden werden müssen. Damit wäre es zu einem Störalarm gekommen.

5 Vorteile des Zwei-Sensor-Branddetektor

Der Algorithmus wurde auf aufgezeichnete Datensätze angewendet, die in einer Großküche und einem Betriebsraum der Stahlindustrie aufgenommen wurden. In beiden Fällen handelt es sich um zwei Forschungsanlagen, bei denen Ort und Parametrierung so gewählt wurden, daß viele Störungen aufgezeichnet werden können. Da die Fehlalarmwahrscheinlichkeit im wesentlichen von der Skalierung der Abszisse in Abbildung 2 und 3 abhängt, kann nur die Veränderung der Fehlalarmwahrscheinlichkeit durch Hinzunahme des Temperaturkriteriums $\tau(k)$ betrachtet werden. Die Parameter des Detektors wurden so eingestellt, daß der einkanalige Brandmen-

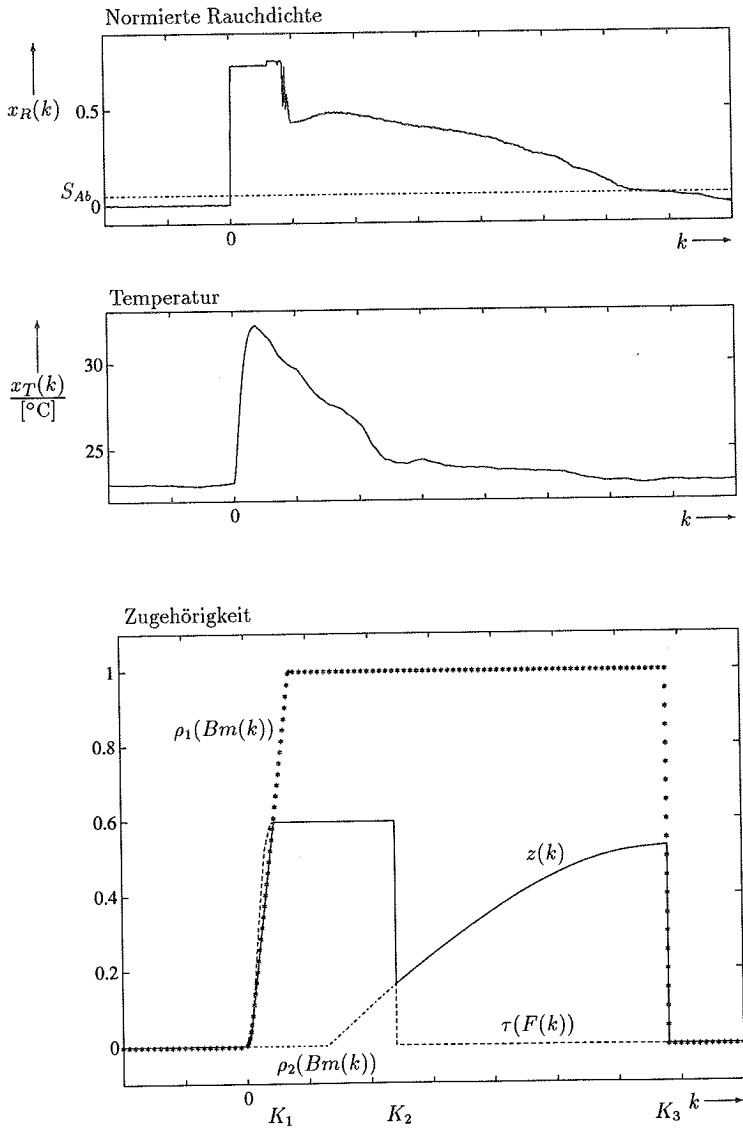


Abbildung 4: Beispiel für das Verhalten eines Zwei-Sensor-Branddetektors für eine Nichtbrandsituation

gendetektor die gleiche Detektionszeit benötigt wie der zweikanalige für den Fall, daß das Temperaturkriterium ($\tau = 1$) erfüllt ist. Für diesen Fall existiert somit für beide Detektoren der gleiche Zusammenhang zwischen $z(k)$ und der Brandmenge $Bm(k)$. Die Zugehörigkeitsfunktion ρ_2 ist so dimensioniert, daß für den Zwei-Sensor-Brandmengendetektor im Vergleich zum herkömmlichen Branddetektor im Mittel eine um den Faktor drei vergrößerte Detektionszeit für Schwelbrände akzeptiert wird.

Verteilung des maximalen z -Wertes einer Störung				
	Großküche		Stahlindustrie	
	Brandmengen- detektor	Zwei-Sensor- Branddetektor	Brandmengen- detektor	Zwei-Sensor- Branddetektor
$0.1 < z_{max} \leq 0.2$	37	36	1	0
$0.2 < z_{max} \leq 0.3$	25	19	2	0
$0.3 < z_{max} \leq 0.4$	14	21	0	0
$0.4 < z_{max} \leq 0.5$	13	10	1	0
$0.5 < z_{max} \leq 0.6$	4	6	0	0
$0.6 < z_{max} \leq 0.7$	1	3	2	0
$0.7 < z_{max} \leq 0.8$	2	1	1	0
$0.8 < z_{max} \leq 0.9$	0	2	0	0
$0.9 < z_{max} \leq 1.0$	48	14	1	1

Der Grund dafür, daß bei der Anlage in der Stahlindustrie eine deutlichere Verkleinerung der Fehlalarmwahrscheinlichkeit als bei der Großküche zu erzielen ist, liegt in der Art der Störungen. Während eine Rauchdichtesteigerung in der Großküche meist mit einem Anstieg der Temperatur verbunden ist, konnte dieser Zusammenhang im Betriebsraum der Stahlindustrie nur selten beobachtet werden. Da jedoch der vorgestellte Zwei-Sensor-Branddetektor für Brände mit einer großen Temperaturänderung ein ähnliches Ansprechverhalten besitzt wie der herkömmliche Brandmengendetektor, ist die Verkleinerung der Fehlalarmwahrscheinlichkeit deutlicher bei Störungen mit kleinen Temperaturänderungen als mit großen zu erzielen.

Thomas Kaiser,
Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Duisburg, Germany

Bernhard Piller,
CERBERUS AG, Männedorf, Switzerland

Die Temperaturfluktuation als Detektionsgröße

Abstract

In this paper we investigate the question “What kind of information contains the temperature fluctuation concerning the fire detection ?” To answer this question, the Swiss Company CERBERUS AG developed a special sensor for measuring the fluctuations being robust against environmental factors. With this sensor it is possible to distinguish between a fire in a cold room or an air flow caused through an opened window in a warm room *only* by the fluctuations. Furthermore we discuss the evolutionary spectrum from some typical fire and non-fire signals.

1 Einführung

Unter dem *idealen Temperaturfluktuationssignal* (TF-Signal) wird hier der hochfrequente, und damit der schnellveränderliche Anteil eines durch einen *idealen* Temperatursensor aufgezeichneten Signals verstanden. Die *untere Grenzfrequenz* des Fluktuationsspektrums ist zu $f_g = 0.2\text{Hz}$ gewählt, so daß das TF-Signal aus dem idealen Temperatursensorausgangssignal durch Hochpaßfilterung bestimmt werden kann. Unter dem *idealen Raumtemperatursignal* (RT-Signal) wird hingegen der langsam veränderliche Anteil verstanden, der demzufolge aus dem idealen Temperatursensorausgangssignal durch eine Tiefpaßfilterung mit der *oberen Grenzfrequenz* $f_g = 0.2\text{Hz}$ bestimmt werden kann. Dabei ist der ideale Temperatursensor nur bezüglich der durch Konvektion entstehenden Temperaturänderung empfindlich und *nicht* durch etwaige Wärmestrahlung.

Zur Messung des TF-Signals hat die Schweizer Firma CERBERUS AG einen (realen) Temperaturfluktuationssensor (TF-Sensor) entwickelt, der besonders robust

gegenüber Umwelteinflüssen ist und damit zur Brandentdeckung geeignet ist. Bevor auf die eigentliche Fragestellung näher eingegangen wird, werden der Aufbau, die Funktionsweise und die Eigenschaften des Sensors kurz erläutert.

2 Der Temperaturfluktuationssensor

2.1 Aufbau

In einem Metallgehäuse ist ein pyroelektrisches Material eingebettet, auf dessen quadratischer Ober- und Unterseite eine dünne Nickelschicht aufgedampft ist. Diese Nickelschicht dient zum einen zur Kontaktierung des pyroelektrischen Materials und zum anderen als Wärmestrahlungsreflektor. Die Oberseite ist mit dem Metallgehäuse leitend verbunden. Ferner befindet sich in dem Metallgehäuse ein Feldeffekttransistor zur Spannungsverstärkung, wobei das Gate mit der Unterseite leitend verbunden ist. Ein Gate-Widerstand, der parallel zu den beiden Kontakten des pyroelektrischen Materials liegt, dient zur Einstellung der unteren Grenzfrequenz.

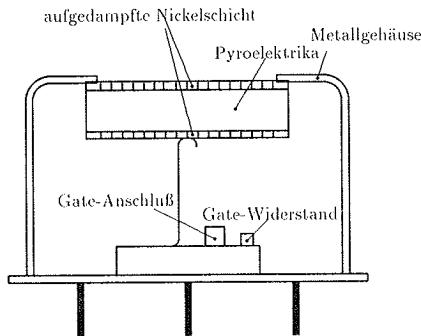


Bild 1 Längsschnitt des Temperaturfluktuationssensors

Ferner ist der Sensor so in ein Gehäuse eingebaut, daß nur die durch Konvektion entstehende Temperaturänderung und *nicht* die Wärmestrahlung gemessen wird.

2.2 Funktionsweise

Pyroelektrische Materialien sind durch eine ständige Polarisierung gekennzeichnet und besitzen die Eigenschaft, bei einer Temperaturänderung ihren Polarisationszustand zu ändern. Daher läßt sich bei hinreichend schnell ansteigender Temperatur

eine Zunahme der Oberflächenladungen feststellen, und sehr langsame Temperaturänderungen, wie beispielsweise die *Raumtemperatur*, können mit einem Fluktuationssensor nicht gemessen werden. Demzufolge ist der Mittelwert des TF-Signals gleich Null. Durch die Oberflächenladungen entsteht ein elektrischer Strom durch den Gate-Widerstand, dessen Spannung durch den Feldeffekttransistor verstärkt wird und das (reale) TF-Signal liefert.

2.3 Eigenschaften

Da ein idealer Hochpaß nicht realisierbar ist, ist der Sensor als ein Bandpaß mit einem auf das Intervall [0.2Hz, 2.6Hz] beschränkten Durchlaßbereich entworfen worden. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Betrag der anhand eines mathematischen Modells berechneten Übertragungsfunktion $20 \log_{10} |H(f)|$.

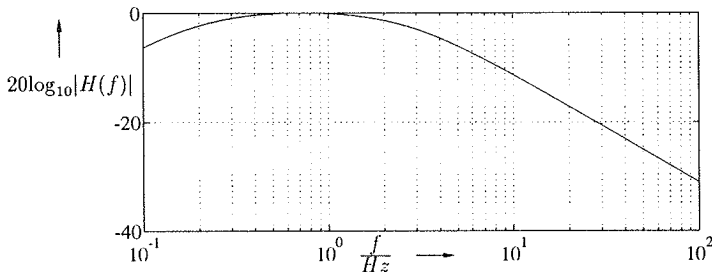


Bild 2 Betrag der Übertragungsfunktion, normiert auf das Maximum

3 Untersuchung des Fluktuationsverhaltens

Bei der Betrachtung der Temperaturfluktuation als Detektionsgröße ergeben sich zwei interessante Fragen:

- Enthält das TF-Signal *zusätzliche*, für die automatische Brandentdeckung nutzbare Informationen im Vergleich zum RT-Signal ?
- Enthält das TF-Signal *ähnliche*, für die automatische Brandentdeckung nutzbare Informationen im Vergleich zum RT-Signal ?

Zur Beantwortung der ersten Frage ist eine Interpretation im Frequenzbereich nützlich. Da sich das TF-Signal von dem RT-Signal bezüglich des Spektrums gemäß der

zu Beginn angegebenen Definition vollständig unterscheidet, können die eventuell zusätzlichen Informationen am geeignetsten durch eine Untersuchung der Spektren im Brand- und im Nichtbrandfall aufgezeigt werden. Dazu wurden folgende zwei typische Signale ausgewählt, anhand derer die wesentlichen Ergebnisse einer umfassenden Untersuchung erläutert werden können.

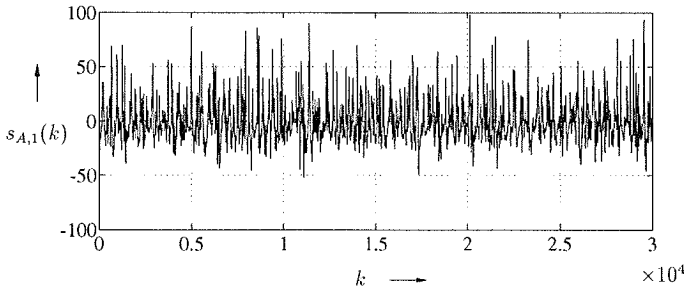


Bild 3a TF-Sensorausgangssignal $s_{A,1}(k)$ bei einem Heizkörperversuch

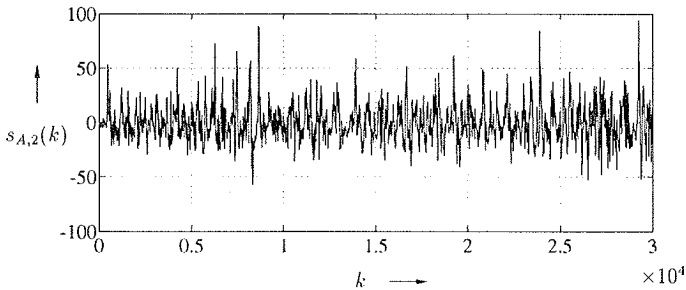


Bild 3b TF-Sensorausgangssignal $s_{A,2}(k)$ bei einem Spiritusfeuer

Die Abtastfrequenz f_A wurde zu 100Hz gewählt, k ist die diskrete Zeit. Die Signale wurden unter den folgenden Bedingungen in dem Brandentdeckungslabor der Universität Duisburg über einen Zeitraum von 300s aufgenommen, wobei der Sensor immer direkt an der Raundecke montiert war.

$s_{A,1}(k)$: *Heizkörperversuch*: Es wurde ein handelsüblicher Heizkörper 2.90m unterhalb und 50cm neben dem Sensor aufgestellt und in der höchsten Heizstufe betrieben (2000 W).

$s_{A,2}(k)$: *Spiritusfeuer*: Es wurde 100g Spiritus in einer Metallschale (Durchmesser 20cm) verbrannt, wobei der Sensor 3m waagrecht und 2.90m senkrecht von dem Brandherd entfernt war.

Die mit einem "A" indizierten Signale kennzeichnen ein SensorAusgangssignal und entsprechned mit einem "E" indizierten Signale ein SensorEingangssignal. Beide abgebildeten Signale wurden im *eingeschwungenen (oder auch stationären) Zustand* aufgenommen, da das Fluktuationsverhalten bei typischen Brand- und Nichtbrandsignalen untersucht werden soll und *nicht* ein *Einschwingvorgang*. Es ist dabei einsichtig, daß der Einschwingvorgang von Temperatursensor- oder auch Rauchsensorausgangssignalen für die Brandentdeckung von besonderer Bedeutung ist, jedoch konnten bisher anhand der Temperaturfluktuationen *keine brandtypischen* Besonderheiten in diesem Anfangszeitraum festgestellt werden.

Das Heizkörper-Signal ist hier stellvertretend für typische Nichtbrandsignale und das Spiritusfeuer-Signal für typische Brandsignale angegeben. Die *Signalenergie* kann unter einer Voraussetzung, auf die später näher eingegangen wird, als Detektionsgröße verwendet werden. Überschreitet die Signalenergie beispielsweise einen festen Schwellenwert, dann ist ein notwendiges Kriterium für das Vorliegen einer Brand-situation erfüllt. Um das abgebildete Brand- und Nichtbrandsignal nicht einfach anhand der Signalenergie unterscheiden zu können, wurden die Versuchsbedingungen so ausgewählt, daß die Energie beider Signale in etwa gleich groß ist.

Zur Veranschaulichung des Fluktuationsverhaltens sind in den beiden folgenden Abbildungen die *evolutionären, also die zeitlich sich entwickelnden Spektren* des Brand- und Nichtbrandsignals dargestellt.

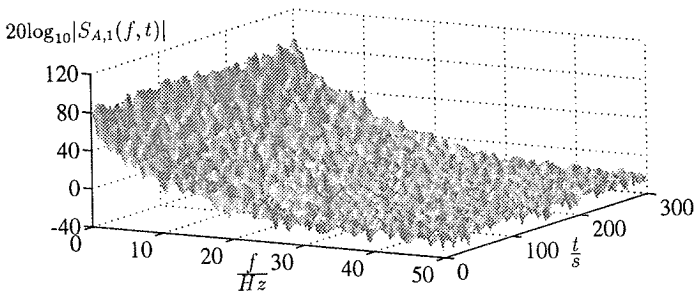


Bild 4a Evolutionäres Spektrum des Heizkörper-Signals

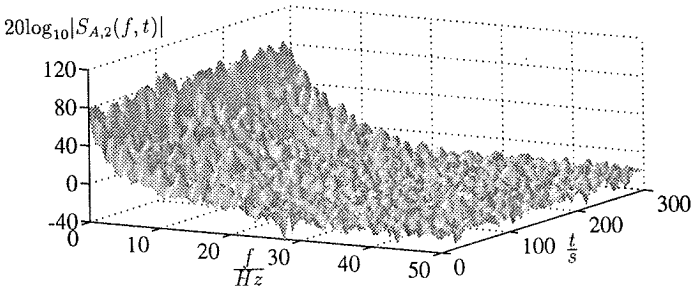


Bild 4b Evolutionäres Spektrum des Spiritusfeuer-Signals

Da beide Signale ein stationäres Verhalten aufweisen, sind die logarithmisch dargestellten evolutionären Spektren hier nur schwach zeitabhängig. Der Verlauf beider Spektren bezüglich der Frequenzachse ist sehr ähnlich. Es ist jedoch zu erkennen, daß das evolutionäre Spektrum des Heizkörper-Signals $s_{A,1}(k)$ langsamer abfällt als das des Spiritusfeuer-Signals $s_{A,2}(k)$. Eine solche Beobachtung ist selbstverständlich nicht allgemeingültig zur Unterscheidung zwischen Brand- und Nichtbrandsignal nutzbar, jedoch ist es möglich zusätzliche notwendige Kriterien zur Entscheidung auf eine Brandsituation abzuleiten. Da die Schätzung des evolutionären Spektrums eine Vielzahl an numerischen Operationen erfordert, wurden sogenannte parametrische Methoden angewandt. Diese Methoden basieren auf einem mathematischen Signalmodell, welches durch einen Satz von Parametern vollständig beschrieben ist. Aus den geschätzten Parameter kann dann sofort auf den Frequenzverlauf geschlossen werden. Umfassende Untersuchungen haben ergeben, daß eine Vielzahl typischer Nichtbrandsituationen, wie z.B. heißer Wasserdampf, aufsteigende warme Luft bedingt durch Heizkörper, Elektroöfen, Haarföhne, Kerzen, Zigarettenqualm oder auch anbrennendes Toastbrot anhand den aus der Parameterschätzung berechneten Kriterien von Brandsituationen unterschieden werden können. Das ist mit dem RT-Signal in einem solchen Umfang *nicht* möglich, so daß das TF-Signal zusätzliche, für die Brandentdeckung nutzbare Informationen enthält, und somit die erste Frage bejaht wird. Bevor nun die zweite Frage beantwortet wird, wird ein bisher nicht erwähntes Problem erläutert. Es ist durchaus denkbar, daß ein *kalter*, den Sensor umströmender Luftzug, ein einer Brandsituation sehr ähnliches Spektrum und eine hinreichend große Signalenergie aufweist. Da der Sensor nicht in der Lage ist, die *Raumtemperatur* zu messen, kann dies zu einer falschen Alarmierung führen. Demzufolge soll die

Signalenergie nur dann zur Detektion verwendet werden, wenn sichergestellt ist, daß es sich um *warme* vorbeiströmende Luft handelt. Wir werden im folgenden Abschnitt auf dieses Problem näher eingehen, eine Lösung vorschlagen und damit gleichzeitig die zweite Frage beantworten.

4 Unterscheidung von warmer und kalter Luft

Ein kalter, den Sensor umströmender Luftzug ist beispielsweise durch ein im Winter geöffnetes Fenster möglich. Zur Simulation einer solchen Situation wurde der Sensor mit einem Kältespray im senkrechten Abstand von 1m angesprüht. Das hat den Vorteil, das wieder ein annähernd stationäres Signal entsteht, was sich mit mathematisch fundierten statistischen Methoden untersuchen läßt. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt des TF-Sensorausgangssignals $s_{A,3}(k)$.

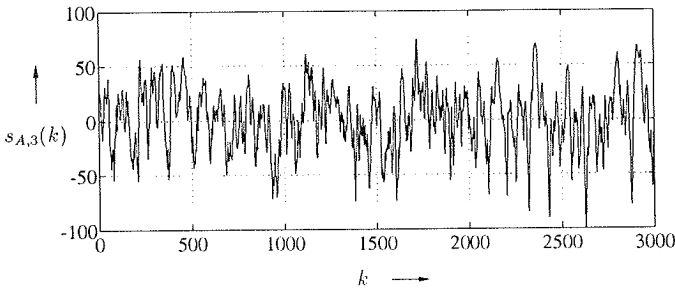


Bild 5 Sensorausgangssignal $s_{A,3}(k)$ bei einer Erregung mit Kältespray

Durch ein Vergleich von Bild 3b mit Bild 5 ist ein Unterschied zwischen den Signalen sichtbar. Während das Spiritusfeuersignal seltene, jedoch große positive Amplituden aufweist sind bei dem Kältespraysignal vermehrt große negative Signalwerte erkennbar. Physikalisch läßt sich diese Beobachtung durch einen Vorzeichenwechsel der Oberflächenladungen erklären, so daß diese Eigenschaft verallgemeinerbar auf *warme* oder *kalte* Luftströmungen ist, wobei sich *warm* und *kalt* jeweils auf die Raumtemperatur, genauer auf die Sensortemperatur beziehen. Ein geeignetes mathematisches Maß ist die aus der Statistik bekannte *Schiefte* γ , die sich aus einem

Signalauschnitt von $s_A(k)$ der Länge N wie folgt schätzen läßt:

$$\hat{\gamma}_{s_A}(k) = \sqrt{N} \frac{\sum_{n=0}^{N-1} (s_A(k-n) - \bar{s}_A(k))^3}{\left(\sum_{n=0}^{N-1} (s_A(k-n) - \bar{s}_A(k))^2 \right)^{3/2}}$$

Das Dach kennzeichnet eine Schätzung anstelle des wahren Wertes und

$$\bar{s}_A(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} s_A(k-n)$$

ist der Mittelwert des Signalauschnitts. Offenbar haben betragsmäßig große Amplituden durch die Exponierung im Zähler mit 3 einen größeren Einfluß auf den Wert der Schiefe als kleine Amplituden. Ferner bleibt das Vorzeichen der großen Amplituden erhalten. Der Nenner ist gleich der Energie des Signalauschnitts (abzüglich des nahezu verschwindenden Mittelwerts) und damit immer größer als Null. Demzufolge stellt die Schiefe ein geeignetes Maß zur Unterscheidung zwischen warmer und kalter, den Sensor umströmender Luft dar. Bei *warmer* Luft ist die Schiefe *positiv* und bei *kalter* Luft entsprechend *negativ*. Die nachfolgenden Bilder zeigen den Verlauf der geschätzten Schiefe des Spiritus- $\hat{\gamma}_{s_{A,2}}(k)$ und des Kältespraysignals $\hat{\gamma}_{s_{A,3}}(k)$ (durchgezogene Linien), wobei $N = 1000$ gewählt wurde.

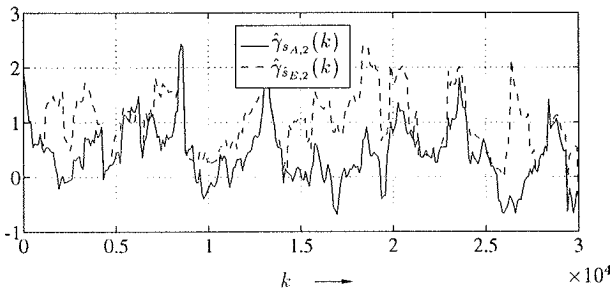


Bild 6a Schiefeverlauf von $s_{A,2}(k)$ (Spiritusfeuersignal)

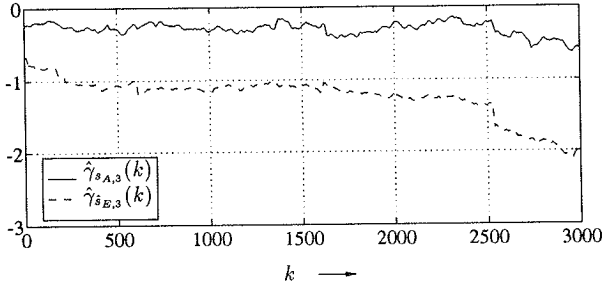


Bild 6b Schiefeverlauf von $s_{A,3}(k)$ (Kältespraysignal)

Die geschätzte Schiefe des Spiritusfeuersignals $\hat{\gamma}_{s_{A,2}}(k)$ ist im Mittel deutlich positiv, jedoch treten häufig auch negative Werte auf. Zudem ist $\hat{\gamma}_{s_{A,3}}(k)$ immer sehr nahe bei Null, so daß es häufig zu einer falschen Entscheidung kommen wird. Die Ursache ist in der Nichtidealität des Sensors zu finden. Es kann gezeigt werden, daß der Sensor unter gewissen, hier in erster Näherung erfüllten Voraussetzungen an das Sensoreingangssignal den Betrag der Schiefe *immer* reduziert, so daß

$$|\gamma_{s_A}(k)| \leq |\gamma_{s_E}(k)|$$

immer gültig ist. Zu einer sicheren Unterscheidung zwischen warmer und kalter vorbeiströmender Luft bietet sich daher die Rekonstruktion des Sensoreingangssignals an. Ein wirksamer Ansatz besteht in einer Filterung von $s_A(k)$ mit einem digitalen nichtrekursiven Filter erster Ordnung, welche durch einen Filterkoeffizienten b_1 vollständig beschrieben ist. Dieser Filterkoeffizient wird dann so geschätzt, daß der Betrag der Schiefe des Filterausgangssignals, das dann eine Approximation für das Sensoreingangssignal ist, maximal ist. Das führt auf eine Gleichung dritten Grades die im allgemeinen drei Lösungen besitzt, von denen mindestens eine Lösung reell ist. Treten drei reelle Lösungen auf, so wird diejenige gewählt, die den Schiefebetrag des invers gefilterten Signals maximiert. In den vorigen beiden Abbildungen ist der Schiefeverlauf $\gamma_{\hat{s}_{E,2}}(k)$, $\gamma_{\hat{s}_{E,3}}(k)$ der so geschätzten Sensoreingangssignale $\hat{s}_{E,2}(k)$, $\hat{s}_{E,3}(k)$ in gestrichelter Linie dargestellt. Die erzielte Verbesserung ist deutlich zu erkennen. Während die Schiefe des Kältespraysignals nun sehr große negative Werte aufweist, ist die Schiefe des Spiritusfeuersignals zu keinem Zeitpunkt negativ, so daß nicht eine Falschentscheidung auftritt. Es ist also möglich, mit Hilfe einer geeigneten Signalverarbeitung *sicher* auf warme oder kalte den Sensor umströmende Luft

zu entscheiden. Damit enthält das TF-Signal ähnliche Informationen wie das RT-Signal, so daß auch die zweite Frage bejaht wird. Eine Interpretation im Frequenzbereich gibt Einsicht in den tieferen Grund. Zunächst ist anzunehmen, daß durch den völlig verschiedenen Frequenzbereich des RT-Signals und des TF-Signals eine solche Unterscheidung *nur* anhand des TF-Signals nicht möglich ist. Jedoch wird der Sensor in guter Näherung durch voneinander unabhängige Luftwolken erregt, so daß das Sensoreingangssignal aus aufeinanderfolgenden Impulsen von geringer zeitlicher Breite besteht. Das bedeutet aber eine annähernd konstante spektrale Erregung des Sensors mit nahezu *allen* relevanten Frequenzen, so daß die Information über die Art der Luftströmung auch in den höheren Frequenzanteilen enthalten ist. Auch bei der Maximierung des Betrages der Schiefe wird das Sensorausgangssignal mit einem digitalen Hochpaß erster Ordnung gefiltert. Es werden also die *hohen* Frequenzen verstärkt um zu einer sicheren Unterscheidung zwischen warmer und kalter vorbeiströmender Luft zu gelangen.

5 Zusammenfassung

Nach einer Erläuterung des Aufbaus, der Funktionsweise und der Eigenschaften eines neuen Sensors zur Messung der Temperaturfluktuation, wurden folgende zwei Fragen

- Enthält das TF-Signal *zusätzliche*, für die automatische Brandentdeckung nutzbare Informationen im Vergleich zum RT-Signal ?
- Enthält das TF-Signal *ähnliche*, für die automatische Brandentdeckung nutzbare Informationen im Vergleich zum RT-Signal ?

anhand einiger repräsentativer Signale untersucht. Die erste Frage konnte durch eine Betrachtung der evolutionären Spektren zweier repräsentativer Signale bejaht werden. Zur Beantwortung der zweiten Frage wurde die Schiefe als ein Maß zur Unterscheidung zwischen warmer und kalter, den Sensor umströmender Luft eingeführt. Es ergab sich zunächst eine erhebliche Anzahl an Falschentscheidungen, verursacht durch die nichtideale Sensorübertragungsfunktion. Daher wurde eine auf der Maximierung des Betrags der Schiefe basierende Methode zur Rekonstruktion des Sensoreingangssignales vorgeschlagen. Mit Hilfe dieser Methode konnte die Anzahl an Falschentscheidungen auf Null bei den betrachteten Signalen reduziert werden. Demzufolge enthält das TF-Signal ähnliche Informationen wie das RT-Signal und auch die zweite Frage ist zu bejahen.

Ch. Kranz, H.-Ch. Müller

Gerhard-Mercator-Universität-Gesamthochschule Duisburg, Duisburg, Germany

Digitale Signalverarbeitung in Infrarot-Flammenmeldern

Abstract

This paper describes methods to distinguish between fire and non-fire situations with a single channel infrared flame detector. These methods use deterministic digital signal processing (filter bank) and stochastically information's from the sampled sensor signals (the optimal model order, the autocorrelation of the signal). Flame detection algorithms using these methods are developed and the features and the efficiency are compared.

1 Einleitung

Melder in der automatischen Brandentdeckungstechnik messen in der Regel eine oder mehrere physikalische Brandkenngrößen und schließen aufgrund der Intensität der Größen auf die Fälle Brand oder Nichtbrand. Treten die Brandkenngrößen in einer Nichtbrandsituation verstärkt auf (Störsituation), wird Fehlalarm ausgelöst. In dieser Arbeit werden Möglichkeiten vorgestellt, mit Methoden der digitalen Signalverarbeitung die Fälle Störsituation und Brandsituation in einkanaligen Infrarot-Flammenmeldern zu unterscheiden. Voraussetzung für die Entwicklung derartiger Algorithmen ist die Kenntnis von Eigenschaften der gemessenen Signale in den entsprechenden Situationen. Zur Anwendung kommen dabei deterministische Methoden, wie die Bestimmung des Leistungsdichtespektrums der Signale mit Hilfe einer Wellendigitalfilterbank, und statistische Methoden der Zeitreihenanalyse, wie die Schätzung der Autokorrelationsfunktion und der optimalen Modellordnung. Die Eigenschaften und die Leistungsfähigkeit der gefundenen Methoden wird vergleichend dargestellt.

2 Physikalische Eigenschaften

Leuchtende Flammen emittieren Temperaturstrahlung im Wellenlängenbereich von $0.1\mu\text{m}$ bis $1000\mu\text{m}$ [1]. Von besonderem Interesse ist die Emission im Gebiet von $4.3\mu\text{m}$ (CO_2 Linie), da dort die Energie der Sonnenstrahlung besonders stark gedämpft ist und die Intensität der Flammenstrahlung ein Maximum hat. Für die Brandentdeckung ist die zeitliche Änderung der Emissionen, hervorgerufen durch das Flammenflackern, ein geeignetes Detektionskriterium. Das Frequenzspektrum des Flammenflackerns von Entstehungsbränden ist oberhalb von 25 Hz zu vernachlässigen. Einfluß auf die Flackerfrequenz hat im wesentlichen die Oberfläche des brennenden Materials und die Luftströmung.

Zur Messung der Flammenstrahlung im mittleren IR-Bereich wird ein pyro-elektrischer Sensor mit einem Empfindlichkeitsbereich von $4.1\mu\text{m}$ bis $4.7\mu\text{m}$ eingesetzt. Die Emissionen im Bereich der CO_2 Linie liegen in der Mitte des Empfindlichkeitsbereiches des Sensors. Aufgrund des relativ breiten Empfindlichkeitsbereiches ist er aber auch empfindlich gegenüber Sonnenstrahlung. Das Frequenzverhalten bezüglich der Signalfrequenz wird durch eine analoge Frequenzgangkompensation verbessert. Ein analoges Tiefpaßfilter mit einer Grenzfrequenz von 20 Hz unterdrückt Aliasing Effekte vor der 12-Bit A/D-Wandlung mit einer Abtastfrequenz von 50 Hz.

3 Eigenschaften des Flammenflackerns

Die durch das Flammenflackern hervorgerufene, zeitliche Modulation der Intensität der Flammenstrahlung ist eine mögliche Detektionsgröße zur Brandentdeckung mit Flammenmeldern. In den Abbildungen 1 und 2 sind zeitabhängige Spektren der Sensorsignale für zwei Testfeuer nach EN54 dargestellt. Die Höhe der spektralen Energie entspricht dem Schwärzungsgrad in dieser dreidimensionalen Darstellung. Für solche, symmetrisch aufgebaute Feuer, ist deutlich eine im allgemeinen zeitabhängige Flackerfrequenz und deren Oberwellen erkennbar, für unregelmäßige, praxisgerechte Feuersituationen ist das aber nicht mehr der Fall.

Werden nun die Maxima der Leistungsdichtespektren, normiert auf die Signalenergie, für eine große Menge unterschiedlicher Brandsituationen ermittelt, ergibt sich eine Grenzkurve nach Abbildung 3. D.h. die Spektren aller Brandsignale liegen unterhalb der abgebildeten Grenzkurve. Signale mit Spektralanteilen oberhalb dieser Grenzkurve können als Störsignale betrachtet werden.

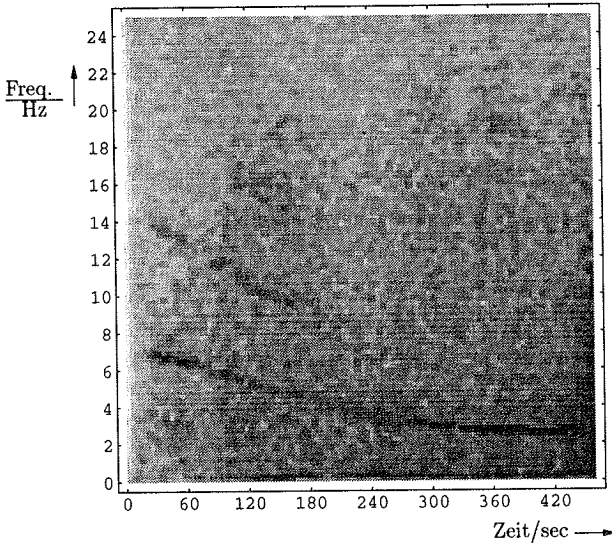


Abbildung 1: Zeitabhängiges Spektrum des Flammenflackerns für ein TF1

4 Stochastische Eigenschaften der Signale

Störsignale, deren Ursache zufälliger Natur sind, zeichnen sich in der Regel durch nur schwach autokorrelierte Signalwerte aus. Im Gegensatz dazu kann bei Flammensignalen aufgrund des Flammenflackerns stets eine gewisse Autokorrelation nachgewiesen werden. Eine naheliegende Hypothese ist es daher, anzunehmen, daß die Autokorrelation der Flammensignale durch eine zeitvariante Filterung von unkorrelierten Rauschen entsteht. Die Koeffizienten und die Ordnung des zeitvarian-

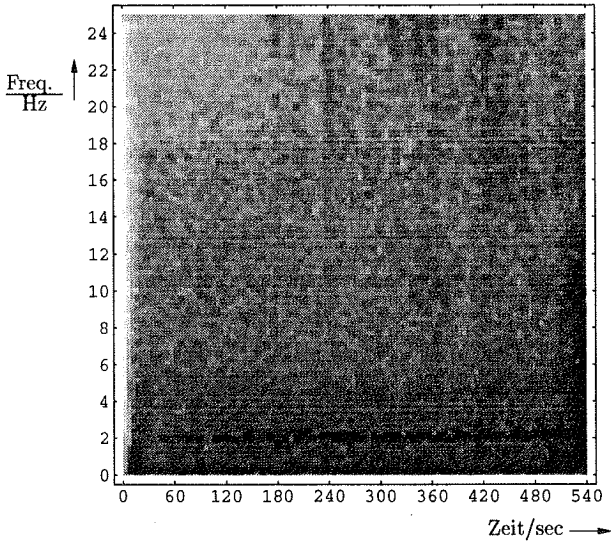


Abbildung 2: Zeitabhängiges Spektrum des Flammenflackerns für ein TF6

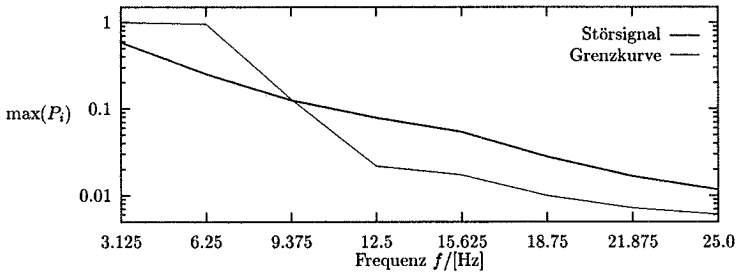


Abbildung 3: Grenzkurve des normierten Flammenspektrums

ten (adaptiven) Filters, sowie die Parameter des Rauschens, beschreiben dann das Flammensignal. In Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß insbesondere die optimale Filterordnung ein geeignetes Unterscheidungsmerkmal für Flammen- und Störsignale darstellt.

Die optimale Filterordnung $N(p_{\text{opt}}, k)$ ergibt sich als Minimum der Funktion

$$N(p, k) = \ln(E_p^f(k)) + \frac{p \ln(l)}{l}. \quad (1)$$

Hierbei ist k die diskrete Zeit, p die Modellordnung und l die Anzahl der Abtastwerte, die in die Schätzung der Prädiktionsfehlerenergie $E_p^f(k)$ eingehen. Die Prädiktionsfehlerenergie wird aus dem Fehlersignal $e(k)$,

$$e(k) = x(k) - \sum_{i=1}^p a_i(k)x(k-i) \quad (2)$$

des Sensorsignals $x(k)$, gebildet. Geeignete Algorithmen zur Schätzung der zeitabhängigen Prädiktionsfehlerenergie finden sich z.B. in [3].

Es hat sich herausgestellt, daß für Flammensignale die optimale Modellordnung stets höher als drei und kleiner als zehn ist. Signale, deren optimale Modellordnung außerhalb dieses Intervalls liegt, können daher als Störsignale betrachtet werden.

Ein weiterer Signalparameter ist die Autokorrelationsfunktion (Akf)

$$r_\nu(k) = \frac{\sum_{j=k-l+\nu}^k x(j)x(j-\nu)}{\sum_{j=k-l+\nu}^k x(j)x(j)} \quad (3)$$

des Sensorsignals $x(k)$. Untersuchungen haben gezeigt, daß der erste Nulldurchgang der Akf für Brandsignale im Bereich $2 \leq \nu \leq 10$ liegt (Flackerfrequenzbereich), für zahlreiche Störsignale aber außerhalb dieses Bereiches.

5 Detektionsalgorithmen für Flammenmelder

5.1 Die Filterbankmethode

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse aus Abschnitt 3 bietet es sich an, eine digitale Filterbank als Grundlage für einen Detektionsalgorithmus einzusetzen. Die Filterbank (Abbildung 4) unterteilt das Spektrum des Sensorsignals in $2n$ Frequenzabschnitte. Dabei sind die Filterblöcke $H_{i,j}$ als bireziproke Brücken-Wellendigitalfilter

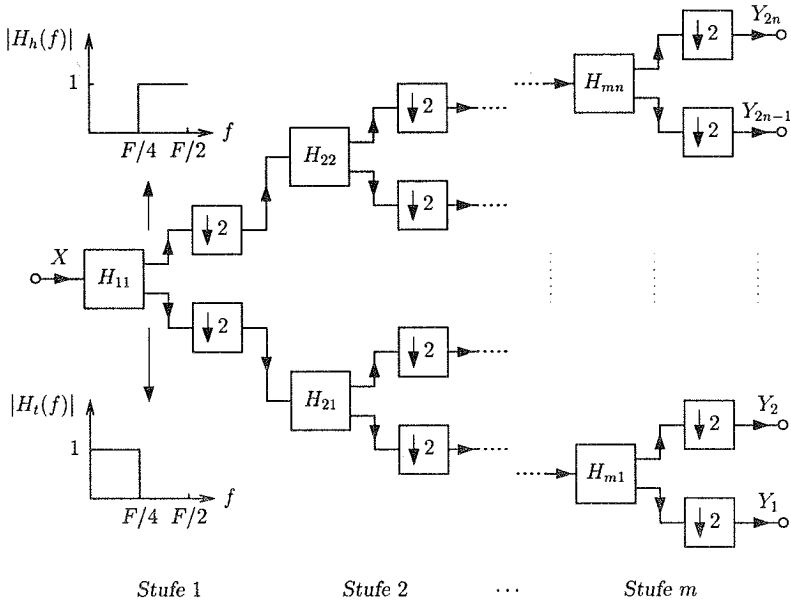


Abbildung 4: Blockdiagramm der Filterbank

[2], mit der Eigenschaft, den Frequenzbereich jeweils in zwei gleich große Abschnitte zu unterteilen, realisiert.

Der eigentliche Kern des Verfahrens lässt sich wie folgt beschreiben. Gilt für eine Anzahl größer oder gleich l aufeinanderfolgender Abtastwerte $x(k)$, die Signalleistung am Filtereingang überschreitet einen bestimmten Schwellwert und die Signalleistungen an den Filterausgängen sind kleiner (oder gleich) als die entsprechenden Werte der Grenzkurve 3, so handelt es sich bei dem untersuchten Signal um ein Flammensignal, ansonsten um ein Störsignal. Dabei reicht es aus, den Frequenzbereich in acht Abschnitte zu unterteilen.

Der Algorithmus wurde mit einer Datenbasis, bestehend aus 67 Störereignissen aus

unterschiedlichsten Störsituationen und zahlreichen Branddatensätzen getestet. Dabei wurde darauf geachtet, daß alle Brandsituationen als solche erkannt wurden. Abbildung 5 zeigt den prozentualen Anteil der nicht als Störung erkannten Störereignisse in Abhängigkeit von der Detektionszeit.

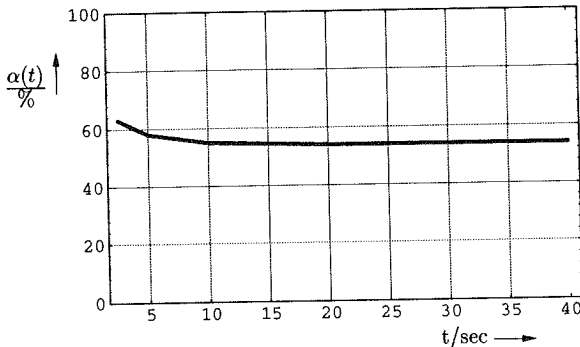


Abbildung 5: Prozentualer Anteil $\alpha(t)$, nicht als Störung erkannter Störereignisse in Abhängigkeit von der minimalen Detektionszeit t

5.2 Die Modellordnungsmethode

Eine andere Möglichkeit zur Flammendetektion ergibt sich aus der Eigenschaft, daß die Modellordnung für Brandsignale zwischen vier und neun (einzelne Spitzenwerte) liegt. Auch hier kann wieder für eine Anzahl von l aufeinanderfolgenden Modellordnungsschätzungen geprüft werden, ob die genannte Bedingung erfüllt ist. Die Abhängigkeit der nicht als Störung erkannten Störereignisse von der Detektionszeit zeigt Abbildung 6.

Die nicht als Störung erkannten Störsignale lassen sich keiner bestimmten Klasse von Signalen zuordnen. Es wurden sowohl einzelne Ereignisse, hervorgerufen von durch sich im Wind bewegender Blätter moduliertem Sonnenlicht, als auch Ereignisse, deren Ursache ein vor einer Infrarotquelle rotierendes Flügelrad war, nicht als Störung erkannt. Insgesamt führt die Methode zu einer deutlich sichereren Erkennung von

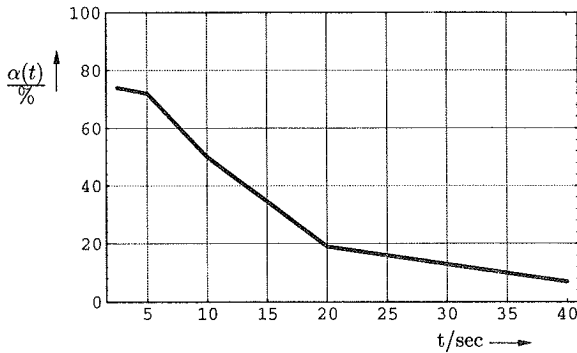


Abbildung 6: Prozentualer Anteil $\alpha(t)$, nicht als Störung erkannter Störereignisse in Abhängigkeit von der minimalen Detektionszeit t

Störersignalen im Vergleich zu der Filterbankmethode. Der Rechenaufwand ist um den Faktor drei höher.

Eine weitere Verbesserung der Störersignalerkennung wird erreicht, wenn der erste Nulldurchgang der Akf als zusätzliches Kriterium benutzt wird. Das nochmals verbesserte Detektionsverhalten zeigt Abbildung 7.

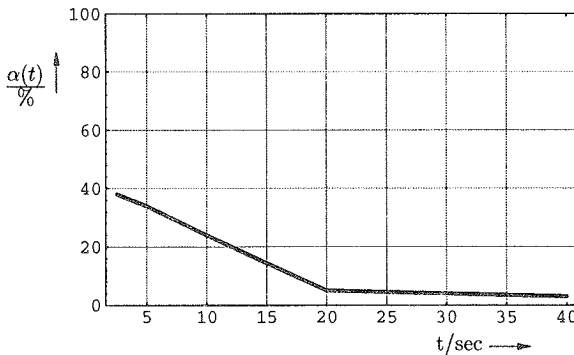


Abbildung 7: Prozentualer Anteil $\alpha(t)$, nicht als Störung erkannter Störereignisse in Abhängigkeit von der minimalen Detektionszeit t

6 Zusammenfassung

Es wurden Möglichkeiten zur Unterscheidung von Signalen aus Störsituationen und Signalen aus Brandsituationen für einkanalige Infrarot-Flammenmelder vorgestellt. Mit diesen Unterscheidungskriterien wurden Detektionsalgorithmen entwickelt und diese mit einer großen Menge von Stör- und Brandereignissen getestet. Die Detektionsalgorithmen wurden so ausgelegt, daß alle Brandereignisse detektiert werden. Die Störsicherheit in Abhängigkeit von der Detektionszeit der einzelnen Algorithmen ist in Diagrammen dargestellt. Insgesamt läßt sich, wenn Detektionszeiten von 20 Sekunden und mehr zugelassen werden, eine hohe Störunterdrückung erreichen, eine Störunterdrückung von 100% ist aber nicht möglich.

Literatur

- [1] Walter Kirsch, Rainer Portscht; *Temperaturstrahlung als Kenngröße von Entstehungsbränden*; Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 2136
- [2] A. Fettweis; *Wave Digital Filters: Theory and Practice*; Proc. IEEE, Vol. 74, pp. 270-327, 1985
- [3] J. Sokat; *Ein Beitrag zur adaptiven Filtertheorie mit einer Anwendung in der automatischen Brandentdeckungstechnik*; PhD thesis, Universität-Gesamthochschule Duisburg, 1991

Dipl.-Ing. Paul Langer
BOSCH Telenorma, München, Deutschland

**Die Entwicklung der Netzwerkfunktionen
in Brandmeldeanlagen**

Abstract

Future oriented networks for fire alarm systems need a better designed ability of communication for their detection features, for secure operation after faults and for the benefits of handling. Only by this way it is possible to meet the functional and economic requirements today and in the future.

Eine Brandmeldeanlage (BMA) vernetzt eine Vielzahl räumlich verteilter Melder, Steuer-, Anzeige-, Alarmierungs- und Übertragungseinrichtungen zur sicheren, frühzeitigen Alarmgabe bei entstehenden Bränden.

Die wachsenden Schadenrisiken aufgrund der Wertkonzentrationen, der möglichen Produktionsausfallzeiten und der damit häufig einhergehenden Personengefährdungen führen zu erhöhten Anforderungen, die wirtschaftlich optimal erfüllt werden müssen.

Alle Funktionen einer BMA sind davon betroffen. Der Leistungsfähigkeit des BMA-Netzwerkes fällt dabei eine Schlüsselrolle zu.

1. Kommunikation

Ausgangspunkt der Brandentdeckung ist die Sensorik. Hier verbessern sich die technischen Lösungsmöglichkeiten aufgrund der Mikroelektronik und der Softwaretechnologie mit großer Dynamik. Die bekannten Sensorprinzipien werden kombiniert, die Signalauswertung erfolgt zunehmend unter Berücksichtigung einer Reihe von Meß- und Einflußgrößen, die aus den Meldern und dem Umfeld stammen (Multi-Sensor/ Mehrkriterienmelder/Sensor-Array).

Hinzu kommt die Anwendung leistungsfähiger Algorithmen und Auswertmethoden von Korrelationsverfahren bis Fuzzy-Logic, die es ermöglichen, den Melder optimal an das zu überwachende Teilobjekt anzupassen.

In Sonderfällen kann es dabei von wirtschaftlichem Vorteil sein, wenn man komplexe Verknüpfungen aus dem lokalen Melder herausnimmt und von einer zentralen Verarbeitungseinheit mit höherer Rechenleistung durchführen läßt.

Schließlich fordert man auch zunehmend, daß die Sensorik sich durch externe Steuerungen an wechselnde Betriebssituationen anpassen läßt. Dies betrifft Parametereinstellungen zur Empfindlichkeit, Auswertbreite, Alarmverzögerung, Abschaltungen etc.

Dies sind neue Anforderungen, die sich nur auf der Grundlage einer anlagenweiten, leistungsfähigen Kommunikation wirtschaftlich erfüllen lassen. Einer Kommunikation, die neben den durch die einschlägigen Richtlinien geforderten Festlegungen wie

- Überwachung aller Melderwege und der angeschlossenen Komponenten auf Betriebsbereitschaft
- Anzeige von Zustandsänderungen innerhalb definierter Zeiten
- Energieversorgung aus einer separaten, eigenen Stromversorgung

die zusätzlichen Anforderungen

- Einzel-Adressierung/-Meldertypidentifizierung
- bidirektionaler Informationsaustausch
- Fehlertoleranz und Redundanz
- offene, ausbaufähige Informationskapazität

und zwar je Netzwerkkomponente erfüllen.

Abb. 1

Nur so kann das bereits heute bekannte Wissen zur Steigerung der Detektionsgeschwindigkeit und -sicherheit bei der Brandentdeckung angewandt werden. Da man annehmen darf, daß das Informationspotential und der Informationsbedarf der Sensoren eher zu- als abnehmen wird, kommt der Kommunikationsabwicklung innerhalb einer BMA so eine ständig wachsende Bedeutung zu.

Aber nicht nur durch die Sensorik allein ist ein zunehmender Kommunikationsbedarf gegeben. Auch die Anzahl Melder, so wie die Funktionalität der Steuer-, Anzeige-, Bedien- und Alarmierungseinrichtungen erfordern in ihrem komplexen Zusammenwirken eine immer engere netzwerkmäßige Verkoppelung.

2. Sicherheit

Bei einer so umfassenden, netzwerkweiten Kommunikation kommt der Verfügbarkeit des Netzwerkes ein immer größerer Stellenwert zu. Der Fehler einer Komponente oder des Leitungssystems selbst, muß so früh und so genau wie möglich erkannt und in seinen Auswirkungen so begrenzt wie irgend möglich gehalten werden. Dies führt netzwerkseitig zu im Normalbetrieb ständig ablaufenden Testroutinen und zu der bevorzugten Anwendung der Ringtechnologie als Netzform.

In Verbindung mit komponentenintegrierten Trenngliedern ist man damit dann in der Lage, Kurzschlüsse, Erdschlüsse oder Unterbrechungen des Leitungssystems, wie fehlerhafte Einzelkomponenten automatisch zu isolieren. Dies gelingt weitgehend ohne Betriebsunterbrechungen und, abgesehen von dem fehlerhaften Element selbst, auch ohne Auswirkung auf den Rest der Anlage. Dies erhöht die Verfügbarkeit einer Anlage um Größenordnungen. Eine solche netzwerkseitige Funktionalität bietet darüber hinaus eine Reihe von weiteren Vorteilen.

Funktionen, die bisher aus Beeinflussungsgründen leitungsseitig getrennt geführt wurden, können auf einem einzigen Netzwerksystem betrieben werden.

So ist es dann möglich, vorschriftengemäß

- bis zu 128 Melder an ein Netzwerk anzuschließen
- automatische und nicht automatische Brandmelder zu mischen
- brandabschnittsübergreifend die Leitungsführung zu wählen
- Steuerfunktionen, wie die Ansteuerung einer Löschanlage über das Netzwerk zu betreiben
- Meldergruppenbildungen nahezu beliebig einzurichten und zu ändern.

Abb. 2

Dies erleichtert die Planung, erhöht die Flexibilität bei Änderungen und Erweiterungen und senkt zusätzlich entscheidend die Investitionskosten einer BMA.

3. Unterstützung bei Inbetriebnahme, Service, Wartung

Aber nicht nur die Investitionskosten in Form von Gerätetechnik spielen eine Rolle, auch die zeitlichen Aufwendungen für die Inbetriebnahme, für die Fehlerbehebung und die Wartung einer Anlage haben eine zunehmende Bedeutung und können durch Netzwerkroutrinen entscheidend verringert werden.

Übernimmt eine über das Netzwerk ablaufende Prozedur die Daten-Grundversorgung der Komponenten des Systems für Konfigurierung, Identifizierung, Standardparameterübergabe, Parameterabgleich und Adreßeinstellung, so entfallen damit die oft mehrstufigen individuellen interaktiven Einstellungs- und Abgleichvorgänge je Element. Damit verbundene Plausibilitätsprüfungen weisen die korrekte Ausführung einer ausgeführten Installation unmittelbar nach und bilden damit eine Form der Qualitätsüberwachung beim Start einer Anlage und im Servicefall.

Der Zeitgewinn geht unmittelbar in die Herstell- und Betriebskosten einer Anlage ein.

Parameteränderungen, Optimierungen, Fehleranalysen aus der Entfernung sind schnell möglich. Ist die BMA an ein öffentliches Kommunikationsnetz angeschlossen, so sind diese Leistungen von jedem beliebigen Ort sehr kurzfristig erbringbar. Ein Vorteil, der im Störungsfalle Einsätze wesentlich effektiver macht.

Schließlich sind auch die notwendigen, vorgeschriebenen Wartungsarbeiten mit einem entsprechend eingerichteten Netzwerk vor Ort oder aus der Entfernung qualitativ effektiver abwickelbar. Die Testroutrinen können vorab ablaufen und durch eine Protokollierung aller Kenndaten der Anlage die Anwesenheitsdauer des Wartungspersonals vor Ort auf das absolut notwendige Maß begrenzen.

Abb. 3

4. Flexibilität

Ein BMA-Netzwerk ist eine Investition, die sich in die baulichen und organisatorischen Gegebenheiten eines Objektes wirtschaftlich einfügen muß. So muß zunehmend ein Netzwerk in der Lage sein, auch unterschiedliche Technologien von Meldern zu integrieren und Übergänge zu hausleittechnischen Installationen wie Heizung, Klima, Lüftung, Aufzugssteuerungen, Zutrittskontrollanlagen rückwirkungsfrei zu ermöglichen. Anzeige- und Bedienfunktion sind für den Betrieb und insbesondere für den Alarmfall so zur Verfügung zu stellen, daß die Intervention effektiv ablaufen kann.

Hier können Netzwerkfunktionen eine erhöhte Transparenz schaffen, somit Zeitgewinn bringen und zur Schadensbegrenzung beitragen.

Abb. 4

5. Fazit

Zukunftsorientierte BMA-Systeme kommen ohne ein leistungsfähiges Netzwerksystem nicht mehr aus. Der Gewinn drückt sich aus in der Berücksichtigung verschiedener Meß- und Einflußgrößen und der damit gesteigerten Detektionsgeschwindigkeit und -sicherheit in bezug auf Entstehungsbrände. Aber auch in dem Erfüllungsgrad von BMA-spezifischen Qualitätsanforderungen wie Sicherheit, Flexibilität, Kostenattraktivität der Komponenten und der Unterstützung des Dienstleistungsaufwandes in den verschiedenen Betriebssituationen ist ein wesentlicher Beitrag zu sehen. Die Kosten eines Netzwerkes, das sich anteilig aus den Kosten der Zentrale, des Leitungssystems und der Einzelkomponenten zusammensetzt, verteuern die Anlagenkosten dank Mikroelektronik und Softwareimplementierungen nur unerheblich.

BOSCH Telenorma hat mit seinem Lokalen Sicherheitsnetzwerk LSN diesen Schritt getan und gute Betriebserfahrungen in allen Phasen bei einer Reihe von BMA-Projekten sammeln können. Darüber hinaus ist das Netzwerk LSN in der Lage, eine entsprechende Funktionalität für Einbruch-/Überfallmelderanlagen zur Verfügung zu stellen, die bei Bedarf auch EMA- und BMA-Komponenten auf einem Netzwerk zusammenfassen kann.

Entwicklung der Anforderungen an Lokales Sicherheitsnetz



Abb. 1

**Veränderung des Informationspotentials
von GMA – Meldern**

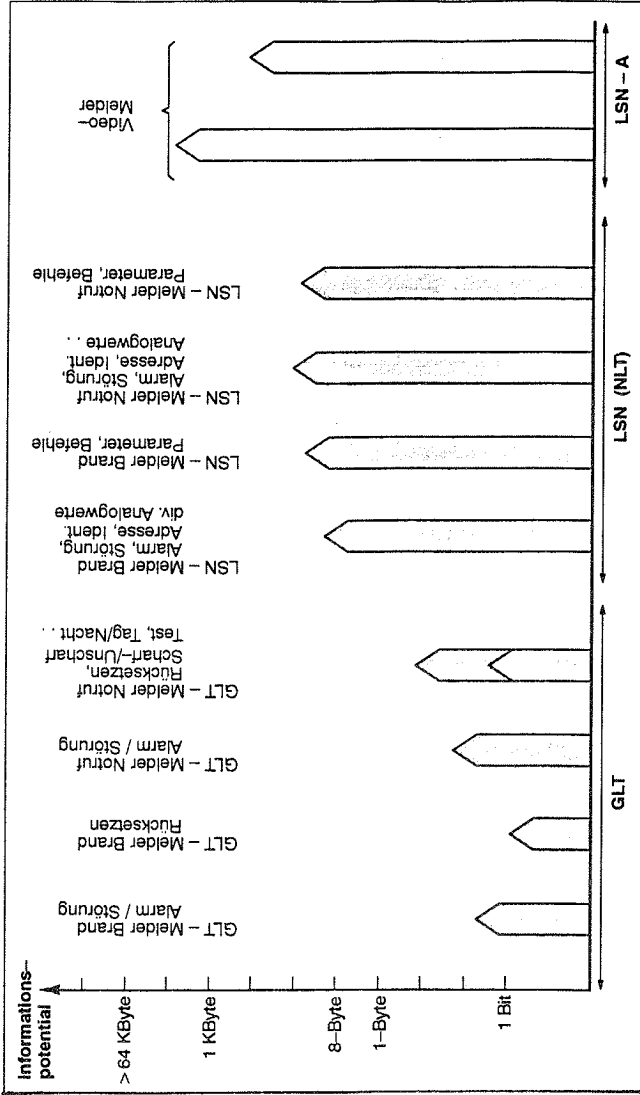


Abb. 2

Auswirkung bei Unterbrechung-Brand

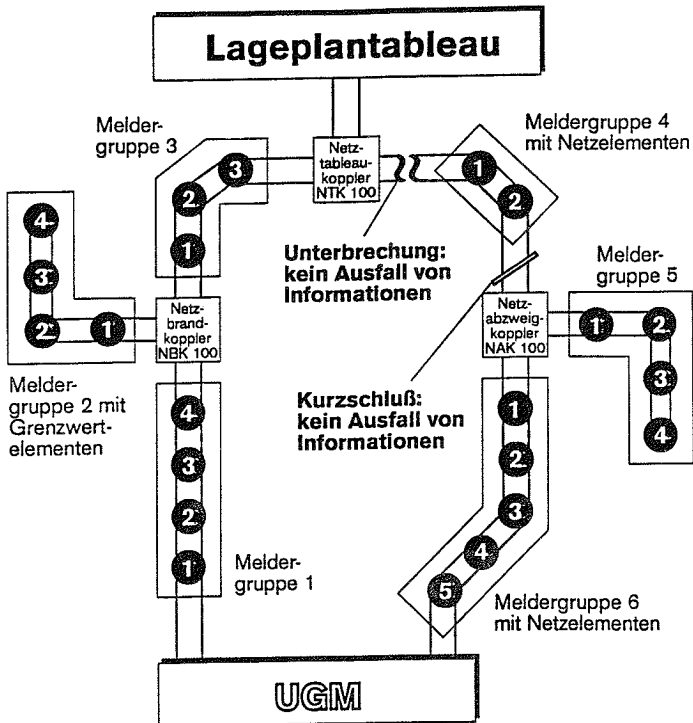


Abb. 3

Netzkonfigurationen

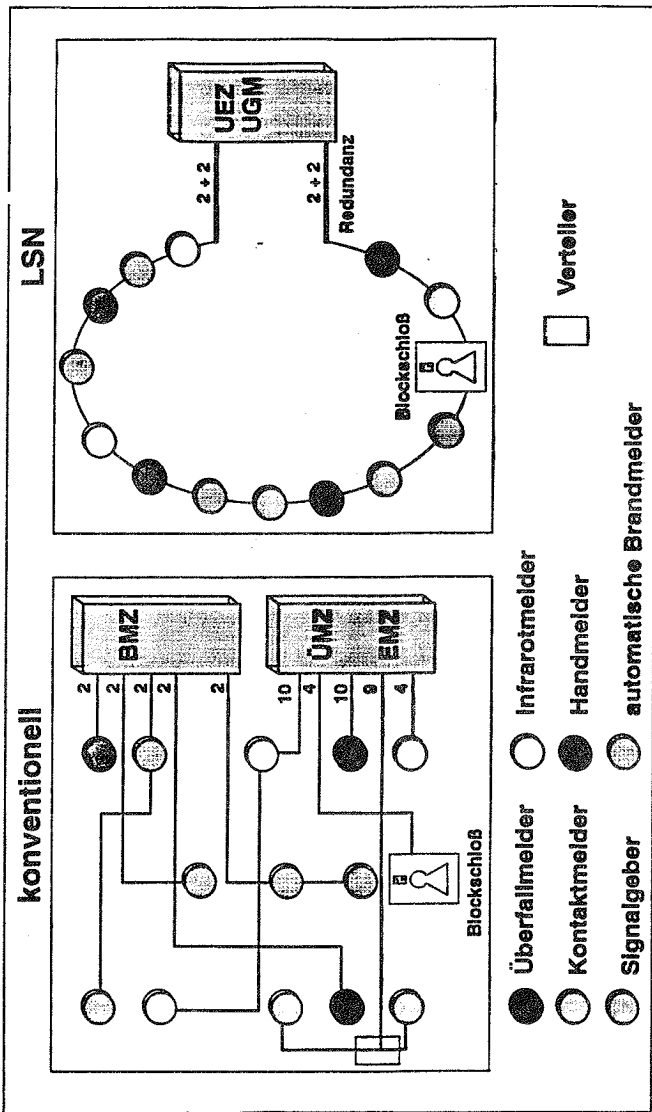


Abb. 4

Richard Phillips
Loss Prevention Council, Borehamwood, UK
Convener of CEA/GEI-1

Activities of the CEA in Fire Detection Technology

Abstract

The CEA (Comité Européen des Assurances) has been involved in the development of standards for components of fire detection and alarm systems for many years. This paper recalls some of the past milestones and introduces the current activities.

Comité Européen des Assurances

The Comité Européen des Assurances is the federation of the national associations of insurance companies in the European countries with market economies. It was set up in 1953 and has 25 members.

In general terms, the aims of the CEA are:

- * to exchange information and experience between the participating national associations and to respond to the needs of the European insurance companies,
- * to promote good practice in risk assessment and loss prevention measures and techniques,
- * to represent the European insurers' interests, by promoting, defending and illustrating their views, within European and International organisations, with an influence on or involvement in the insurance or reinsurance markets,
- * to put forward the views of the European insurers in economic and social debates within the European Community.

History of CEA's technical activities concerning fire detection and alarm systems

The European insurance companies have always promoted good practice in the use of fire protection measures, and have supported the development of new or improved techniques. Many of these companies, or their associations, have required the use of tested and approved equipment. These insurance companies and associations have therefore been at the forefront of the development of requirements and test methods for fire protection equipment. In many instances these developments have been harmonised across Europe, via the activities of the CEA and its technical committees. As shown below, this has been very much the case in the field of fire detection and alarm systems.

CEA work, in the fire detection field, started in the late sixties / early seventies with the formation of a permanent technical sub-committee (SC 14 P) dealing with fire detection systems. This led to the publication of "Test Methods for Heat Sensitive Point Detectors" in November 1973. Although largely based on an earlier British Standard BS 3116 : Part 1, as far as I can discover, this was the first standard for fire detection equipment to be published in the three main European languages. It also formed the basis of the European Standard for heat detectors, EN 54: Part 5, which was published in October 1976.

The CEA technical committee then turned their attentions to smoke detectors, and first published "Test methods for point smoke detectors" in April 1974. This standard was based on work carried out by the communication engineering department of Aachen University, which was acting as the technical secretariat for the CEA's fire detection sub-committee. In the absence of national standards for smoke detectors in many countries, this standard, and its revisions in 1976 & 1977, were used for many approval schemes, including those of the FOC (Fire Offices' Committee, UK) and VdS (Verband der Sachversicherer, Germany), until the European Standard for point smoke detectors, EN 54: Part 7, was published in 1982.

Further original work, sponsored by the CEA, and conducted at Aachen and later Duisburg Universities, led to the publication of test methods for infrared flame detectors in November 1978 and for ultraviolet flame detectors in July 1980. These were later combined into a single flame detector document in November 1987, which has been used as a source document for the development of the draft European standard for flame detectors, prEN 54: Part 10, currently undergoing the CEN voting procedure.

In June 1983 the CEA published requirements for fire detection control and indicating equipment and, appreciating the difficulties in evaluating software controlled equipment, this was followed in November 1987 by additional requirements for software controlled control and indicating equipment.

CEA's current technical activities concerning fire detection and alarm systems

In a recent restructuring of the CEA, the technical sub committees, such as SC 14 P, were disbanded and their activities transferred to the CEA's Prevention Council. The work on components of fire detection and alarm systems does however continue, and is now dealt with by the so called Fire Expert Group (Group d'Experts Incendie), GEI-1.

This group is currently dealing with the following three tasks:

- * Multi-sensor detectors: To produce guidelines indicating how to test multi-sensor detectors.

- * Aspirating smoke detectors: To prepare requirements and test methods for both *normal* and *high sensitivity* types of aspirating smoke detectors.

- * MIC calibration: To develop a traceable calibration method for the Measuring Ionization Chamber (MIC).

Multi-sensor detectors

The pros and cons and some of the techniques for multi-sensor and multi-criteria fire detection have been widely discussed in many places, including this and previous AUBE conferences, and it would appear that there is potential for substantial improvements in the performance of fire detectors, in terms of both their sensitivity to fires and their immunity to false alarms. It is however important for the insurance companies that it is possible to assess any such devices to ensure that the principle of operation is sound and that the quality of the design and manufacture is adequate.

In view of the very large number of possible configurations of multi-sensor detectors, it would be a large and complex task to provide guidelines which would allow the assessment of all possible multi-sensor detectors. GEI-1 has therefore decided to divide the task into manageable portions, and to develop a series of guidelines, each dealing with certain aspects of or certain types of multi-sensor detectors.

It is clear that some type of signal processing is required to combine the outputs of the sensors and that this signal processing is crucial to the operation of the detector. The first guideline produced therefore deals with the documentation and assessment of the signal processing used. This guideline should prove useful in the assessment of all types of multi-sensor detectors and may also be useful for single sensor detectors, which have complex signal processing.

Despite the large number of possible combinations of multi-sensor detectors, the number of different types actually on the market today is relatively small and they consist mainly of combinations of two smoke sensors (ionisation and optical), or a smoke and a heat sensor, generally configured to give enhanced smoke detector performance. It is therefore intended that the next guideline will deal with these types. GEI-1 feel that the requirements of EN 54: Part 7 are generally applicable, but that in many of the tests it will be necessary to assess the stability of each of the sensors independently and that for the smoke/heat combinations it may be necessary

to introduce an additional dark smoke fire sensitivity test, similar to TF5 but with a much lower temperature increase. Investigations are currently being made at Duisburg University to determine suitable test methods.

Aspirating smoke detectors

For this task, GEI-1 has prepared an outline draft, based on the draft revision of EN 54: Part 7, and have identified where different or additional test procedures are required. The following are the main differences being considered:

- * Measurement of response threshold value: It has been found by experience, in a number of laboratories, that the EN 54: Part 7 method for measuring the response threshold value is not suitable for the so called *high sensitivity* types of aspirating smoke detectors. This is mainly because the measuring instruments (MIC and obscuration meter) do not have adequate resolution at the very low aerosol concentrations required, and because special methods are required to produce such low concentration aerosols, in a sufficiently controllable manner. A project, sponsored by CEA, is currently under way at Duisburg University to develop a suitable test method to measure the response threshold value for both *high* and *normal* sensitivity aspirating detectors. The results of this work should be on display at the tabletop exhibition during AUBE'95.
- * Sampling pipework: Requirements are being drawn up for the sampling pipework. These include; adequate mechanical strength, temperature and corrosion resistance, a minimum diameter for the sampling holes, and a means to monitor the sampling air flow.
- * Fire sensitivity tests: In practice, aspirating smoke detectors are used in many different, and often somewhat specialised, applications. These generally require the configuration of the detector and its sampling pipework to be

matched to the particular application. It is therefore difficult to specify fire sensitivity tests, which can be used as meaningful *type tests*. GEI-1 is therefore proposing three sets of fire sensitivity tests related to three different types of applications; Space protection (ie. rooms etc.), Local protection (ie. computer cabinets etc.) and Duct protection (ie air conditioning ducts etc.). It is intended that these should be applied, to detectors configured in accordance with the manufacturer's system design rules, when the manufacturer claims that the device is suitable for that type of application. This should demonstrate that the detector has the capability for that type of application, but it is felt that in most cases site tests will be required to confirm the system design for specific installations.

MIC calibration

A Measuring Ionization Chamber (MIC) is specified in the European Standard for point type smoke detectors (EN 54: Part 7). This instrument is used in smoke tunnel tests to measure the response threshold value of ionization chamber smoke detectors and, along with other methods, to measure the density of smoke produced in the fire sensitivity tests.

The MIC was selected for the European Standard, in the absence of a better alternative, since it is considered to be a practical instrument with an adequate range and resolution, and sufficiently independent of other variables such as air flow velocity and direction, temperature, humidity etc. However, due to its principle of operation, its actual response is dependent on numerous variables. eg. physical dimensions, radioactive source strength, state of cleanliness etc. During manufacture some of these variables (eg. the exposed area of the radioactive source) are adjusted to *calibrate* the device against the manufacturer's reference MIC. There is however no fundamental calibration of the manufacturer's reference and the traceability of the original calibration therefore stops there.

A traceable calibration method for the MIC requires that it can be subjected to aerosols, which can be accurately and traceably defined with regard to the particle composition, size, shape and concentration. GEI-1 made an initial proposal to use test aerosols generated with polystyrene microspheres, as these are available in suitable sizes with the particle diameters traceable to the National Bureau of Standards (NBS) in the USA, to very fine tolerances. A feasibility study, sponsored by the CEA, is currently being carried out at Duisburg University to determine if suitable aerosols at the required concentrations can be generated and measured in a traceable manner. If the results of this study are positive, it is intended to develop a procedure for calibrating MICs using these techniques.

Technical liaison with other European organisations

The CEA technical committees and expert groups keep a close liaison with other European organisations involved in the same or similar fields of activity. In the field of fire detection and alarm systems, the CEA has an official observer at CEN/TC72, and GEI-1 has an official liaison contact with EURALARM.

Otfried Post
Siemens AG, München, Deutschland
Bereich Anlagentechnik

SIGMAEXPERT - Kommunikative Multisensoren für Gefahrenmeldeanlagen

Abstract

SIGMAEXPERT multisensors can be configured with different types of sensors as well as with analogue and digital inputs/outputs. The sampled physical informations are transmitted as analogue values via a PCM dataprotocol to a security system. Furthermore SIGMAEXPERT multisensors can be programmed by the security system via the same dataprotocol. SIGMAEXPERT multisensors provide combined use in the fields of fire detection, intrusion detection and building management.

1. Einleitung

Das international tätige Marktforschungsinstitut Frost&Sullivan prognostiziert für den Weltmarkt für Systeme zur Gebäudeautomatisierung ein jährliches Wachstum von 12 Prozent bis auf über 3,6 Milliarden Dollar im Jahr 2000. Bereits heute beläuft sich dieser Markt auf 1,6 Milliarden Dollar.

Einen erheblichen Marktanteil daran haben Systeme zur Gefahrenmeldung für z.B. Brand, Einbruch und technische Betriebsmeldungen. Bisher werden für diese Dienste unterschiedliche Systeme eingesetzt. Jedes verwendet zu anderen Systemen nicht kompatible Schnittstellen und Protokolle und tritt dem Benutzer mit einer eigenen Oberfläche entgegen.

Besonders im industriellen Bereich werden große Anstrengungen unternommen, die bisher üblichen Einzelsysteme - einerseits die klassischen Gefahrenmeldesysteme und andererseits die Leitsysteme zum Gebäudemanagement - zu einem integrierten Gebäudeleitsystem zusammenzufassen. Zumal hier die Amortisationszeit für Investitionen inzwischen so kurz ist, daß mehr und mehr Unternehmen auf das integrierte Gebäude setzen und seine Vorteile nutzen.

Mit diesem Beitrag soll gezeigt werden, daß SIGMAEXPERT Kommunikative Multisensoren nicht nur für die Aufgaben der klassischen Gefahrenmeldesysteme geeignet sind, sondern auch in einem integrierten Gebäudeleitsystem für die Aufgaben des Gebäudemanagements genutzt werden können.

2. Der Kommunikative Multisensor

Ein Kommunikativer Multisensor besteht im wesentlichen aus vier Funktionseinheiten (s. Bild 1), drei Hauptfunktionseinheiten und einer Hilfsfunktionseinheit. Die erste Hauptfunktionseinheit stellt das **Prozess-Interface** zur Umwelt dar, das einerseits aus Sensoren und andererseits aus programmierbaren analogen und digitalen Ein- und Ausgängen besteht. Die zweite Hauptfunktionseinheit ist die **Kontroll- und Verarbeitungseinheit**, die den zeitlichen Ablauf im Multisensor steuert, Sensormeßwerte filtert und linearisiert und von den Basismeßgrößen abgeleitete Meßwerte berechnen kann. Die dritte Hauptfunktionseinheit ist das **Kommunikations-Interface**, das den Multisensor mit einem Datenübertragungsprotokoll mit einer Gefahrenmeldeanlage verbindet. Die **Hilfsfunktionseinheit** stellt die notwendigen Betriebsspannungen bereit und dient zur Funktionsüberwachung.

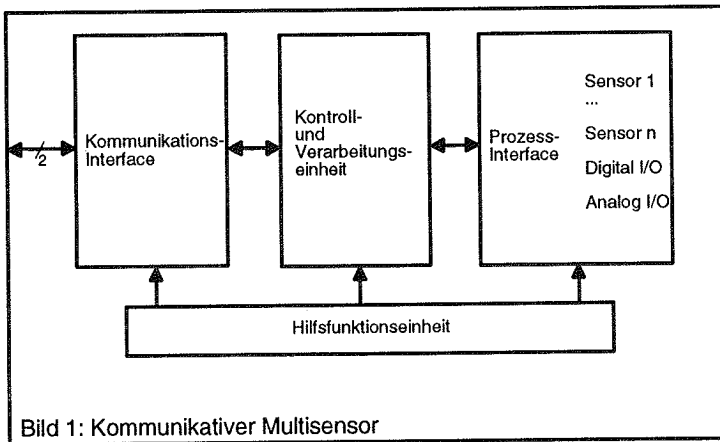


Bild 1: Kommunikativer Multisensor

Die einzelnen Sensoren, sowie die Ein- und Ausgänge des Kommunikativen Multisensors sind räumlich engbenachbart in einem Gehäuse zusammen mit der Kontroll- und Verarbeitungseinheit, dem Kommunikations-Interface und der Hilfsfunktionseinheit untergebracht und über eine 2-Draht-Leitung mit einer Gefahrenmeldeanlage verbunden.

Sowohl die Energieversorgung als auch der bidirektionale Datenverkehr erfolgt über dieselbe 2-Draht-Leitung.

Das **Prozess-Interface** des Kommunikativen Multisensors wird gebildet aus mehreren Einzelsensoren, die nach physikalisch unterschiedlichen Prinzipien Basismeßgrößen aus den zu überwachenden Räumen erfassen und in analoge Meßwerte wandeln. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl der für die Gefahrenmelde- und Gebäudeleittechnik in Frage kommenden Sensoren, sowie die von ihnen erfaßten Basismeßgrößen und das mögliche Anwendungsgebiet:

Sensortyp	erfaßte Basismeßgröße -daraus abgeleiteter Meßwert	Anwendungsgebiet
temperaturempfindlicher Widerstand z.B. NTC	Lufttemperatur - Minimum/Maximum - Differential - Fluktuation	Brandmeldetechnik, Heizungs-, Klimatechnik, Technische Meldungen
	Temperatur von Flüssigkeiten - Minimum/Maximum - Füllstand	Heizungs-, Klimatechnik, Technische Meldungen
	Luftströmung - Geschwindigkeit - Richtung - Menge	Klimatechnik
strahlungsempfindliches Element z.B. Fotodiode	Streulicht an Partikeln - rückwärtsstreuend - vorwärtsstreuend	Brandmeldetechnik
	Lichtstrom [lm] - Beleuchtungsstärke [lm/m ²]	Beleuchtungstechnik, Technische Meldungen
Passiv-Infrarot-Detektor PIR	Wärmestrahlung - Differential - IR-Strahlung	Einbruchmeldetechnik Brandmeldetechnik
feuchteempfindliches Element	Relative Luftfeuchtigkeit - absolute Luftfeuchtigkeit	Klimatechnik, Technische Meldungen

Tabelle 1: Sensorauswahl für die Gefahrenmelde- und Gebäudeleittechnik

Das Prozess-Interface beinhaltet auch programmierbare analoge und digitale Ein- und Ausgänge. Die Analogausgänge sind als Stromquellen realisiert, die von der Gefahrenmeldeanlage aus als Konstantstromquellen programmiert werden können. Die an den Analogausgängen an einer externen Last abfallende Spannung wird zusammen mit dem Laststrom vom Prozess-Interface in analoge Meßwerte gewandelt und mit dem Kommunikations-Interface als Digitalwerte zur Gefahrenmeldeanlage gesendet. Je nach Parametrierung des Kommunikativen Multisensors erfolgt die Übertragung der Meßwerte von Ausgangsspannung und -strom zur Gefahrenmeldeanlage entweder transparent als Binärwert, mit einem Digitalfilter anwendungsangepaßt gefiltert oder mit einem speziellen Auswertalgorithmus für Grenzwertmelder der Brandmeldetechnik vorverarbeitet.

Aufgrund seiner bidirektionalen Kommunikationsfähigkeit ist der Multisensor in der Lage, mit integrierten Steuerausgängen vor Ort Steuerungen vorzunehmen. Mit der Möglichkeit der Online-Parametrierung des Prozess-Interface als digitale Ein- und Ausgabe lassen sich von der Gefahrenmeldeanlage aus externe Aktoren (Relais, Motor, Lampen, etc.) ein- und ausschalten und externe Zustände (Schalter, Kontakte, etc.) erfassen. Die Steuerausgänge können als überwachbare Steuerausgänge parametrierbar werden.

Die **Kontroll- und Verarbeitungseinheit** aktiviert periodisch das Prozess-Interface. Die Aufrufhäufigkeit wird von der Gefahrenmeldeanlage über das Datenprotokoll eingestellt. Die vom Prozess-Interface erfaßten analogen Sensormeßwerte werden in der Verarbeitungseinheit in digitale Meßwerte gewandelt. Entsprechend der Charakteristik des eingesetzten Sensors werden Sensormeßwerte linearisiert (z.B. nichtlineare NTC-Kennlinie in lineare Temperaturkennlinie). Für die analoge Strom-Spannungsmeßeinrichtung des Prozess-Interface werden Meßwertkorrekturen vorgenommen anhand von Korrekturwerten, die in der Fertigung bei einem Kalibriervorgang ermittelt und in einem nichtflüchtigen Speicher der Verarbeitungseinheit gespeichert wurden. Der Kommunikative Multisensor gibt im allgemeinen den originären analogen Sensormeßwert als Digitalwert an das Kommunikations-Interface und damit an die Gefahrenmeldeanlage. Durch Parametrierung kann aber auch in der Verarbeitungseinheit eine Vorverarbeitung aktiviert werden, die aus den erfaßten Basismeßgrößen abgeleitete Meßgrößen berechnet, die dann an die Gefahrenmeldeanlage gesendet werden.

Das **Kommunikations-Interface** bereitet mit seinem Hardwareteil die über eine angeschlossene Leitung von der Gefahrenmeldeanlage gesendeten digitalen Datentelegramme so auf, daß aufgrund von Leitungseinflüssen verschliffene Datenflanken regeneriert werden, sowie kurze Störimpulse als auch Störungen aus elektromagnetischen Feldern eindeutig erkannt und ausgefiltert werden. Der Softwareteil des Kommunikations-Interface erkennt das Auftreten von Übertragungsfehlern und prüft empfangene Daten auf Plausibilität.

Über die bidirektionale Kommunikationsschnittstelle wird ein neu eingesetzter Multisensor von der Gefahrenmeldeanlage aus initialisiert, indem ihm seine individuelle Adresse zugeteilt und seine während der Fertigung eingegebene Seriennummer und Typkennung abgefragt wird. Die Adressierung regelt den Zugriff der Gefahrenmeldeanlage auf jeden einzelnen Multisensor auf einer Leitung. Die Kenntnis von Seriennummer und Typkennung gestattet der Gefahrenmeldeanlage die für den jeweiligen Multisensor passende Meßwertverarbeitung in der Gefahrenmeldeanlage auszuwählen. Weiterhin können während der Initialisierung Multisensoreigenschaften ermittelt und gezielt eingestellt werden. Der Multisensor überprüft laufend seine Funktionseinheiten und speichert das Ergebnis als Statusinformationen. Diese Informationen werden betriebsmäßig von der Gefahrenmeldeanlage abgefragt und auf das Auftreten möglicher Störungen untersucht. Im Fall von Funktionsstörungen hoher Priorität signalisiert der Multisensor die Störungsursache sofort und selbsttätig an die Gefahrenmeldeanlage.

In der Regel sendet das Kommunikations-Interface die vom Prozess-Interface analog erfaßten Basismeßgrößen als Digitalwerte an die Gefahrenmeldeanlage. Das sind bei Wärmesensoren der Wert der Umgebungstemperatur, bei Streulichtrauchsensoren das Streulichtsignal aus der optischen Meßkammer, bei Passiv-Infrarot-Sensoren die Stärke der Wärmestrahlung bzw. ihr Gradient, bei Feuchtesensoren die relative Luftfeuchtigkeit, usw. Die Bewertung dieser Basismeßgrößen erfolgt in der Gefahrenmeldeanlage mit Detektionsalgorithmen, die anwendungsbezogen aktiviert werden. Die Auswertung kann sich auf nur einen Sensor eines Multisensors beziehen oder auf eine Sensorkombination. So ergibt die Verbindung des Streulichtsensors eines Multisensors mit einem geeigneten Detektionsalgorithmus einen für die Brandmeldetechnik nach EN54-7 genormten Rauchmelder. Die Verbindung des Wärmesensors eines Multisensors mit geeigneten Detektionsalgorithmen bzw. mit einem geeigneten parametrierbaren Detektionsalgorithmus ergibt für die Brandmeldetechnik genormte Wärmemelder nach EN54-5 (Wärmemaximalmelder),

EN54-6 (Wärmedifferentialmelder), EN54-8 (Wärmemelder mit hohen Ansprechtemperaturen). Der Kommunikative Multisensor eröffnet die Möglichkeit bei Wahl einer geeigneten Sensorkombination (z.B. Streulichtsensor und Wärmesensor) in Verbindung mit einem geeigneten Detektionsalgorithmus einen Kombibrandmelder mit - gegenüber EN54-Brandmeldern - verbesserten Frühwarnereigenschaften bei reduzierter Falschalarmanfälligkeit herzustellen. Für Brandmelder dieser Art existiert bisher aber keine Norm.

Die bidirektionale Kommunikationsschnittstelle eines Multisensors gestattet es, in der Fertigungsphase Kalibrierparameter im Multisensor zu hinterlegen, die betriebsmäßig benutzt werden, um Meßfehler aufgrund von Bauteiltoleranzen zu kompensieren. Im Multisensor implementierte Prüfroutinen können über das Kommunikations-Interface aktiviert werden, um Hard- und Software der einzelnen Funktionsblöcke, und damit des gesamten Multisensors, zu prüfen. Abgleichroutinen werden durchgeführt, mit denen bei einem Streulichtsensor die Rauchempfindlichkeit bei Normrauch abgeglichen wird.

Weiterhin können im Betrieb rückwirkungsfrei Sensormeßwerte zu Diagnosezwecken gewonnen werden.

Kommunikative Multisensoren sind loopfähig. Das heißt, sie können an die Gefahrenmeldeanlage nicht nur per Stickleitung sondern auch in Ringleitungstechnik angeschlossen werden. In Verbindung mit dem eingebauten Leitungsisolator ergibt sich daraus eine hohe Ausfallsicherheit und volle Funktionsfähigkeit auch bei Drahtbruch und Kurzschluß auf der Leitung.

Die **Hilfsfunktionseinheit** entkoppelt die Versorgungsspannungen des Multisensors von der Meldelinie und stabilisiert sie unabhängig von Linienausbau und Linienlänge. Überwacht werden Spannungspegel, die zum Hardware-Reset, Grundinitialisierung und Sicherheitsabschalten benötigt werden.

Vorteilhaft ist die höhere Zuverlässigkeit von Multisensoren gegenüber mehreren Einzelsensoren wegen verringerter Bauteile- und Kontakteanzahl. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich sowohl bei den Herstellkosten durch gemeinsames Nutzen von Funktionseinheiten wie Kommunikations-Interface, Kontroll- und Verarbeitungseinheit und Hilfsfunktionseinheit, als auch bei den Montage-, Inbetriebnahme- und Wartungskosten aufgrund der Kommunikationsfähigkeit der Multisensoren.

Die periodische punktförmige Erfassung mehrerer Umgebungsgrößen und die zeitgleiche Übertragung als Analogwerte an eine Gefahrenmeldeanlage ist die Voraussetzung dafür, daß die einzelnen Sensormesswerte vorteilhaft zur Analyse einer Gefahrensituation herangezogen werden können.

An eine Gefahrenmeldeanlage wird eine Vielzahl von Kommunikativen Multisensoren angeschlossen. Die Gefahrenmeldeanlage muß daher über eine leistungsfähige zentrale Meßwertverarbeitung verfügen und mit objekttypischen, parametrierbaren Auswertelgorithmen ausgestattet sein.

3. Einsatzbereiche

Ein Einsatzschwerpunkt für Kommunikative Multisensoren ist die Brandmeldetechnik. Der dafür benötigte Multisensor besteht aus einem Streulichtsensor, der vorzugsweise nach dem Rückwärtsstreuprinzip arbeitet, und einem Wärmesensor zur Messung der Umgebungstemperatur. Ein programmierbarer digitaler Ausgang zeigt vor Ort den Alarm- bzw. Revisionsalarmzustand. Ein weiterer frei parametrierbarer digitaler Ausgang ist für Betriebsmittelsteuerungen vorhanden.

Eine Funktionserweiterung ist denkbar mit einem zusätzlichen Bewegungssensor, der mit einem geeigneten Algorithmus in der Gefahrenmeldeanlage Personenbewegung in seinem Überwachungsbereich erkennt. Diese Information kann den Branderkennungsalgorithmus des Multisensors steuern. Ein zusätzlicher PIR-Sensor im Verbund mit einem geeigneten Algorithmus in der Gefahrenmeldeanlage erkennt die Flammen von offenen Bränden.

Für Anwendungen auf dem Gebiet der Einbruchmeldetechnik enthält der Kommunikative Multisensor einen Bewegungssensor und mehrere digitale und analoge Ein-Ausgänge, an die Tür- und Fensterkontakte, Blockschloß, Fernsehkameras,

externe Schutzsysteme (z.B. Perimeterschutzsysteme) und Zutrittskontrollrichtungen angeschlossen werden.

Als zukunftssträchtiges Anwendungsgebiet für Kommunikative Multisensoren gewinnt die Integrierte Gebäudeleittechnik zunehmend an Bedeutung. Sie bietet die Möglichkeit zu einem umfassenden Energie- und Lastmanagement. Das heißt: Elektrische Geräte sollten nur dann in Betrieb sein, wenn es wirklich nötig ist. So müssen Heißwassergeräte nicht unbedingt mittags laufen, wenn der Strombedarf fürs Kochen besonders hoch ist. Lüftungseinrichtungen sollen sich nur dann einschalten, wenn die Luft tatsächlich schlecht ist, was sich an Hand von Luftgütesensoren feststellen läßt. Helligkeitssensoren für außen und innen passen die Beleuchtungssteuerung automatisch den Tageslichtverhältnissen an. In Verbindung mit Bewegungssensoren schalten sie die Beleuchtung nur ein, wenn es nötig ist. So läßt sich Energie sparen und zusätzlicher Komfort bieten.

4. Zusammenfassung

SIGMAEXPERT Kommunikative Multisensoren werden anwendungsabhängig mit den unterschiedlichsten Sensorkombinationen, sowie analogen und digitalen Ein- und Ausgängen flexibel konfiguriert. Die mit ihnen kontinuierlich erfaßten physikalischen Meßgrößen werden mit einem leistungsfähigen PCM-Datenprotokoll als Analogwerte an eine Gefahrenmeldeanlage übermittelt. Über das gleiche Protokoll werden von der Gefahrenmeldeanlage aus vor Ort frei parametrierbare Steuerungen vorgenommen.

SIGMAEXPERT Kommunikative Multisensoren erlauben eine kombinierte Nutzung in den Anwendungsbereichen :

Brandmeldetechnik, Einbruchmeldetechnik und Gebäudeleittechnik (Heizung, Klima, Lüftung, Beleuchtung, Technische Betriebsmeldungen, etc.).

P. Schenkenhofer
MüTec GmbH, Oberhaching, Germany

The possibilities of early fire recognition under harsh environmental conditions using the LIST Sensor Cable System.

Abstract

This paper introduces **LIST**, a fire detection system based on a sensor cable, which measures temperatures along its length (up to 2,5km) with a high resolution, thus enabling sensitive and reliable monitoring under harsh environmental conditions.

Application examples are illustrated.

Introduction

There are many applications in which conventional detection methods, despite their high technical standards, can only be employed to a limited extent or not at all. Here one only has to think of harsh, inhospitable surroundings, in which **dust, dirt, exhaust fumes, humidity, fog, freezing and vibration** have to be taken into account.

A fire detection system which has to function dependantly, without high costs for years to follow, calls for an extraordinary sensor.

Description

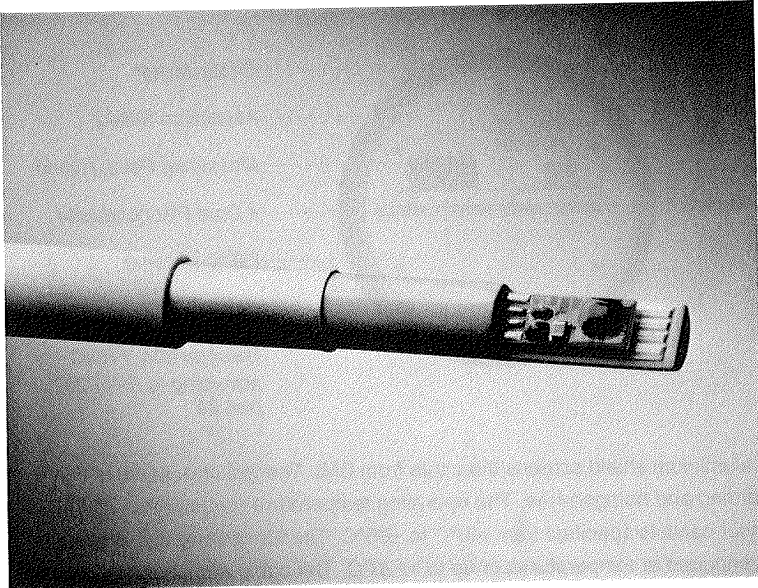
The acronym **LIST** is derived from Linear Sensing of Temperature:

Temperature acquisition over long distances.

The main components of LIST are, a Sensor Cable with special integrated temperature sensors and a central Sensor Control Unit (SCU).

LIST - Temperature Sensor Cable System

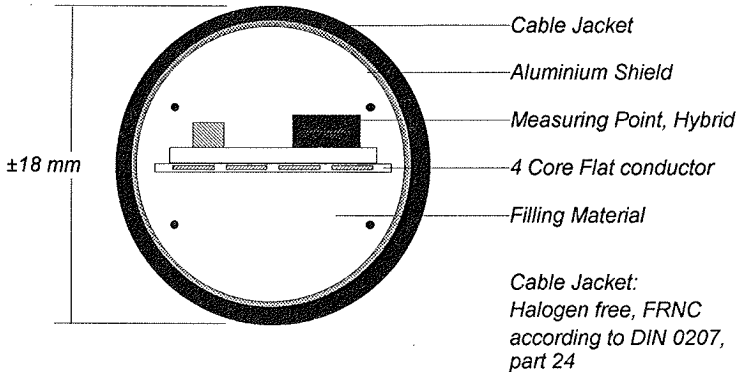
Sensor Cable



The Cable consists of a 4-core flat cable, with hybrids mounted at predetermined intervals (1, 2, 4, 8 m). The hybrids contain a so-called ASIC, a user specific integrated circuit, and a semiconductor temperature sensor. The application determines the distance between sensors (measuring points). The cable can also be branched according to the application. Measuring points have fixed addresses, therefore enabling their physical location.

LIST - Temperature Sensor Cable System

Cable construction

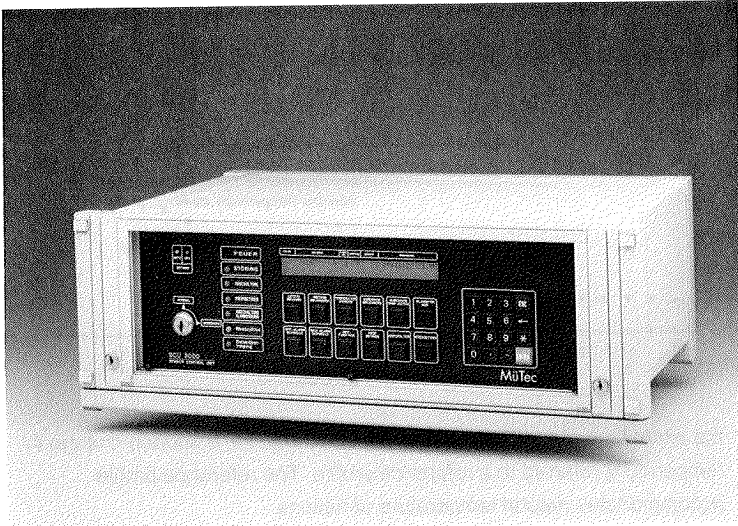


An aluminium shield screens the cable from EMI. The jacket-material is flame-retarding and halogen-free. The operating temperature range of the **LIST** sensor cable is specified from -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$. The functioning of the cable is not impaired at temperatures of up to $+120^{\circ}\text{C}$. The cable and components can resist much higher temperatures for short periods. The measured temperatures have a resolution of $0,1^{\circ}$. The cable is maintenance-free.

Measuring range:	$-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$
Resolution:	$0,1^{\circ}$
Measuring cycle:	$32 \text{ ms} / \text{Measuring Point}$
Diameter:	$\pm 18,0 \text{ mm}$
Bending Radius:	<i>min. 30 cm</i>
Cable Length:	$< 2500 \text{ m} / \text{control unit}$

LIST - Temperature Sensor Cable System

Sensor Control Unit



The Sensor Control Unit, being the central control unit of the system, provides electric power to the **LIST** sensor cable, performs the cyclic addressing of the connected sensors, reads the measured temperature values and evaluates the data with reference to different alarm-criteria. Operation and indication follow the relevant regulations for Fire Terminal Stations.

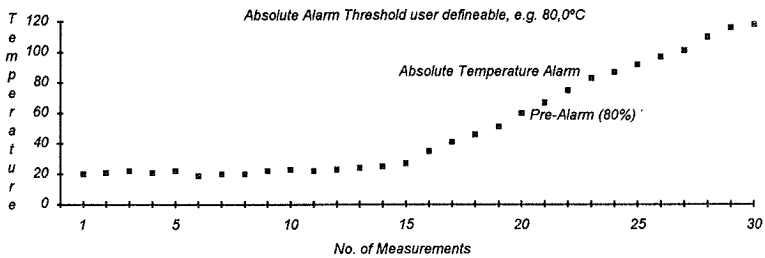
Master-Slave configurations are possible for larger installations.

LIST - Temperature Sensor Cable System

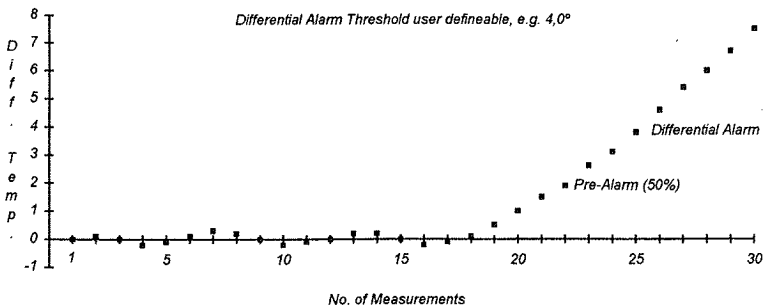
Alarm Criteria

Two alarm criteria determine the detection and alarming in case of fire:

- the exceeding of a **maximum** temperature

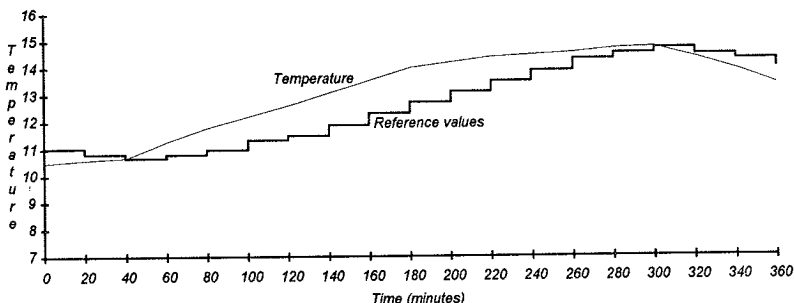


- the exceeding of a **differential** alarm threshold, i.e. a sudden change in temperature referred to a reference profile. The reference profile accommodates natural temperature variations.



LIST - Temperature Sensor Cable System

Temperature variations along the whole measuring distance are taken into account by the employed algorithms, i.e. the comparison of actual temperatures is not limited to the point of measurement.



Pre-alarms are generated and are used to adapt the system sensitivity to the given environs. Pre-alarms can also be signalised.

As a by-product of fire detection, LIST can also generate warnings in case of **frost**, i.e. should the actual temperature fall below a pre-set value, a frost alarm can be signalised.

Alarms

As a rule, alarms are passed on to a Fire Terminal Station, which has one alarm line occupied by the LIST-System. Floating contacts in the SCU pass on fire- and fault-alarms. Acknowledgement of alarms takes place via the fire terminal station. In a case where the LIST-System is divided into several sections, fire- and fault-alarms can be passed on separately by floating contacts for each section. The exact location of the fire or fault is displayed on an alphanumeric LCD display.

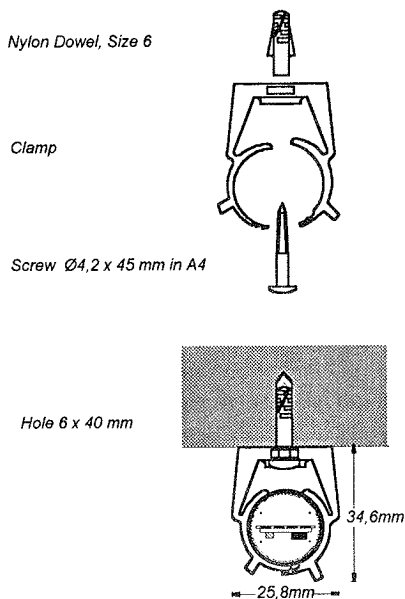
Optional visualisation can be achieved on a PC monitor. A protocol printer can be connected to an optional Centronics interface for the recording of data and messages.

LIST - Temperature Sensor Cable System

Installation

The Sensor Control Unit comes as a **19"-Sub rack**, enabling easy fitting into standard 19"-Racks.

The sensor cable is usually mounted with self-locking clamps to facilitate **easy and quick mounting**.



Electrical connection takes place in connection boxes with over-voltage protection.

Maintenance

Since the sensor cable is maintenance free and all measuring points are automatically tested every 10 seconds, an annual inspection of the installed sensor cable and analysis of the message list has been proven absolutely sufficient. A complete inspection needs only a few hours.

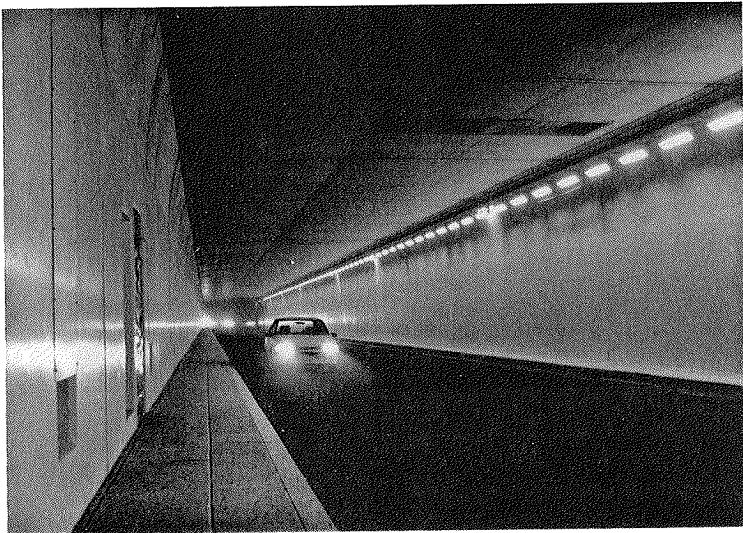
LIST - Temperature Sensor Cable System

Applications

LIST is a linear fire detection system which is best suited for the early recognition of fires under harsh, inhospitable surroundings, in which dust, dirt, exhaust fumes, humidity, fog, freezing and vibration have to be taken into account.

Road- and railway tunnels

- Maintenance free sensors
- Exact localisation of fires
- Insensitive to exhaust fumes, salts, fog, humidity and vibration
- Easy installation in existing tunnels



Covered parking

- No false alarms caused by exhaust fumes
- Inconspicuous sensors

LIST - Temperature Sensor Cable System

Cable conduits

- Monitoring of cable temperatures
- Alarms are given on over heating of cables
- Protects important energy- and data cables

Conveyor belts

- Detection of over heated carrying- and supporting capstans
- Monitoring of transfer points
- Monitoring of drive capstans



Other applications

- Sub-way marshalling yards
- Storage houses
- Spray-painting facilities
- Cold storage houses
- Production lines
- Combustion plants
- Saw mills
- Supply tunnels

Dipl.-Ing. Jan Sobkowicz
Fa. Hörotron GmbH, Elmshorn, Deutschland

Infrarot-Material-/Müll-Überwachungs-System - IMUS

Abstract

Anlagen zur Verbrennung bzw. zur Behandlung von Abfällen, Sonderabfällen und Wertstoffen sind üblicherweise mit Materialzwischenlagern, als Puffer zwischen Lieferung und Verarbeitung, ausgerüstet. In solchen Zwischenlagern kann es zur Selbstentzündung des Mülls bzw. Materials kommen. In jüngster Vergangenheit sind mehrere solche Fälle mit erheblichen Sachschäden und Emissionen aufgetreten.

Zur Vermeidung von Schadstoff-Emissionen aus solchen Zwischenlagern und Müllbunkern, unterliegen diese besonderen Auflagen, z.B. der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnlich brennbarer Stoffe - 12. und 17. BImSchV.

Einer der wesentlichen Gefahrenpunkte liegt in der unkontrollierten Verbrennung oder Verschwelung des Rohmaterials oder Mülls und der daraus resultierenden Freisetzung von Schadstoffen. Verschwelungen oder auch offene Verbrennungen werden im wesentlichen von außen als Glutnester (lokale Verschwelungen; Selbstentzündungen beim Zerteilen von Sperrgut) oder durch exotherme Reaktionen von Komponenten in das Zwischenlager oder den Müllbunker eingetragen.

Zum Erkennen von unkontrollierten Verbrennungen und Verschwelungen sind unterschiedliche Systeme entwickelt und getestet worden:

- visuelles Erkennen von Rauch und Flammen mittels Videokamera;
- Messen von Verbrennungsprodukten (z.B. CO) mit Gas-Sensoren;
- berührungslose Temperaturmessung mit Infrarot-Kameras.

Visuelle Überwachungssysteme haben den entscheidenden Nachteil, den Störfall erst zu erkennen, wenn sich ein Brand deutlich ausgebreitet oder starke Rauchentwicklung eintritt. So sind z.B. Müllbunker von Restmüllverbrennungsanlagen bei Bränden oder Verschmelzungen bereits nach 1 bis 2 Minuten vollständig verraucht, so daß ein visuelles Erkennen von Brandherd und Dirigieren der Löscharbeiten nicht mehr möglich ist. Wesentlich schneller reagieren Gas-Sensoren zum Erkennen von Verbrennungsgasen wie CO, das nur bei Oxidationen anfällt. Nachteilig wirkt sich bei diesem Verfahren die fehlende Ortsauflösung aus; d.h. der Brand/die Verschmelzung wird gemeldet, es kann aber nicht die Lage im Bunker oder Lager angezeigt werden. Verfahren, basieren auf Infrarot-Kameras, können Erwärmungen in der Material- bzw. Müllschüttung (verursacht durch beginnende Verbrennungen/-schmelzungen) frühzeitig ortsaufgelöst erkennen und melden. IR-Systeme, die im langwelligen Infrarot-Spektrum (8...12 µm) arbeiten, können nach der schnellen Verrauchung des Lagers oder Müllbunkers den Brandherd und dessen Ausweitung verfolgen und die Löscharbeiten unter diesen extremen Bedingungen koordinieren helfen.

Wesentliche Anforderungen an langwellige IR-Überwachungssysteme sind:

- der gesamte Lager- bzw. Müllbunkerbereich muß überwacht werden; d.h. die Kameraeinheit muß ggf. schwenkbar sein;
- die/der System-Software/Rechner muß Erwärmungstrends langfristig auswerten und verschiedene Alarmstufen aktivieren können;
- im Brandfall müssen alle Komponente, wie Kamera etc. geschützt weiterarbeiten können;
- das IR-Bild muß on-line, d.h. mindestens 25 Bilder/s, dem Bedienungs-personal und im Brandfall zusätzlich der Einsatzzentrale der Feuerbe-kämpfung zur Verfügung stehen

Grundsätzliche Einsatzbereiche für langwellige IR-Branderkennungs-Systeme sind:

- Bunker für Abfall aus Haushalt und Gewerbe in Verbrennungs- und anderen Abfallbehandlungsanlagen; incl. Sperrmüllbunker;

- Lager und Zwischenlager (offen und geschlossen) für abfallähnliche Wertstoffe und Sekundärstoffe (z.B. Kunststoffe etc.);
- Schüttungen von Schreddermüll;
- Lager brennbarer Rohstoffe und Materialien;
- Brennstofflager.

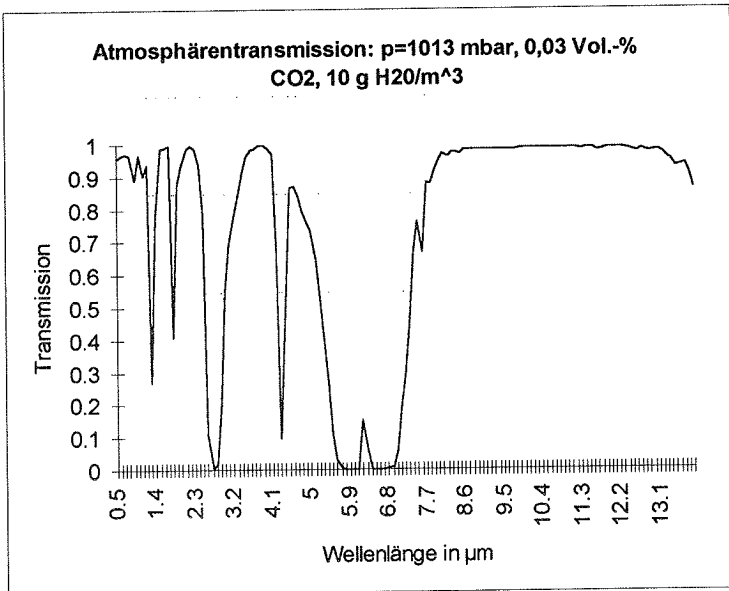


Bild 1: Infrarot-Durchlässigkeit der Atmosphäre

Infrarot-Durchlässigkeit der Atmosphäre: Der Bereich 3...5 µm unterliegt starken Einschränkungen durch Wasserdampf und CO₂; der Bereich 8...12 µm dagegen ist hoch transparent.

D.h. Löschmittel (Wasser-, Löschmittelstrahl und Auftreffpunkt), Hilfsmittel wie Kräne und Mannschaften sind für langwellige IR-Systeme trotz dichtem Rauch weiter sichtbar.



Bild 2:

Kamerabild/-monitor des IR-Systems IMUS (langwelliges IR-System).

M. Thuillard
Cerberus AG, Maennedorf, Switzerland

Development of Fuzzy Inference Rules in a Linear Smoke Detector with a New NeuroFuzzy Method.

Abstract:

Neural Networks are nowadays quite frequently used to make the distinction between smoke and deceptive phenomena. The combination of Fuzzy Logic and Neural Networks in a single NeuroFuzzy method has been used during the development of a new linear optical beam detector. The results of the development procedures are expressed under the form of linguistical expressions that can be easily tested and implemented. The Fuzzy algorithms are not only able to distinguish between deceptive phenomena and smoke, but give automatically a precise diagnosis on the type of the deceptive phenomena. Depending on the diagnosis, different alarm parameters are chosen among a set of predefined parameters.

1. Introduction

It is the goal of this paper to show how the methods of Fuzzy Logic and Neural Networks can be combined into a new single method, called NeuroFuzzy, that combines advantages of both methods, without their individual shortcomings. More specifically, we want to show that NeuroFuzzy represents a new and fascinating approach of the development of smoke detectors, combining the expertise of the development team with results obtained during field and laboratory testing in a very transparent procedure.

2. Data Acquisition and Analysis

We have used a new NeuroFuzzy method for the development of algorithms for a linear beam smoke detector [1-8]. Signals were collected over a long period of time with prototypes installed in many installations known for their very difficult environments (humidity, condensation, dust, electromagnetic perturbations, mobile cranes to mention a few of the considered deceptive phenomena). The database was supplemented with a very extended data set

characteristical of fire, together with a set of synthetical data resulting from the combination of signals for different cases of deceptive phenomena with fire occurrence.

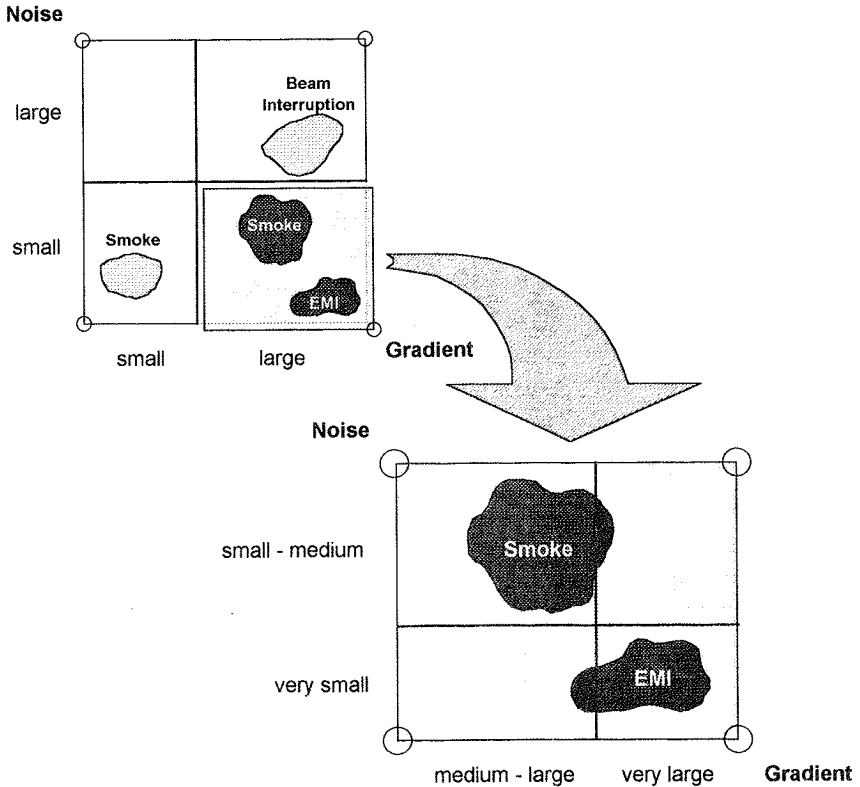


Figure 1: Hierarchical NeuroFuzzy Clustering method. After every learning stage, the input space is divided into 4 blocks, corresponding to the 4 possible Fuzzy rules.

The collected signals were fed to a battery of filters. Each filter was so designed to react specifically to different types of signals. All the filtered signals

were collected together with the raw signals in a databank. The databank was then given to the NeuroFuzzy learning program, in which existing know-how and limitations due to regulations were included. Figure 1 gives the main idea of the NeuroFuzzy learning method.

After learning with the NeuroFuzzy program, the input space is divided into different boxes. Each box includes a set of data describing a class of events, such as smoke, beam interruption or electromagnetic perturbations. The axis of the boxes are the axis of the normalized value of the input signal after filtering with a given filter. In figure 1, we have used for the sake of explanation only two filters, called "Gradient" and "Noise" that are respective indicators for the signal gradient and noise of the signal input. In this example, after the first iteration, many data points are classified. All data points are classified after the second iteration. Each box represent then a Fuzzy rule. The rule for beam interruption in this example is for instance if Gradient large and Noise large then Beam Interruption

The Fuzzy rules are then implemented into the detectors to give an automatical diagnosis, for the case the detector is close to having a false alarm and to adapt the alarm algorithms according to this diagnosis. The algorithms are so conceived that the diagnosis "smoke" has always the priority over the diagnosis of a deceptive phenomena. In case of a false alarm, a diagnosis is delivered automatically by the detector to make sure that the cause of the possible false alarm can be removed by the servicing engineer.

3. Description of the man-machine interface during development with NeuroFuzzy

It is extremely important as we work with NeuroFuzzy or any other computer assisted method, to know not only what the program is doing, but also what are the assumptions and the limitations of the applied method. In figure 2, we have analysed the learning method from the point of view of the man-machine interaction.

The use of a NeuroFuzzy method forces the development team to have a very rigorous working method and to keep control on every step of the learning process. We would like to explain how we have proceeded. The

process is iterative and begins in the first stage with the setting of the goals, the determination of the test installations, the choice of a learning strategy, the choice of the validation criteria and the determination of the references. We will now describe these terms corresponding to the left part in figure 2 "Human and references".

The references contains all the knowledge, criteria and methods, which are necessary for the supervision of the learning and the attribution of a class of events (for instance "condensation").

To the list of goals belong at least 3 points:

-a list of known problems cases or class of events to be considered for instance installation XY, electromagnetic perturbations, beam interruption

-a priority list giving which diagnosis has priority in case of undertermination in the classification in between two different classes of events.

-a list of boundary conditions such as given for instance by regulations or internal policies.

Absolutely central is the choice of the installations and conditions in which to install test detectors. The quality of the results is extremely dependant from this choice. It is therefore one of the most important steps. Many persons external to the development team have to be involved in this process in order to collect as many informations as possible.

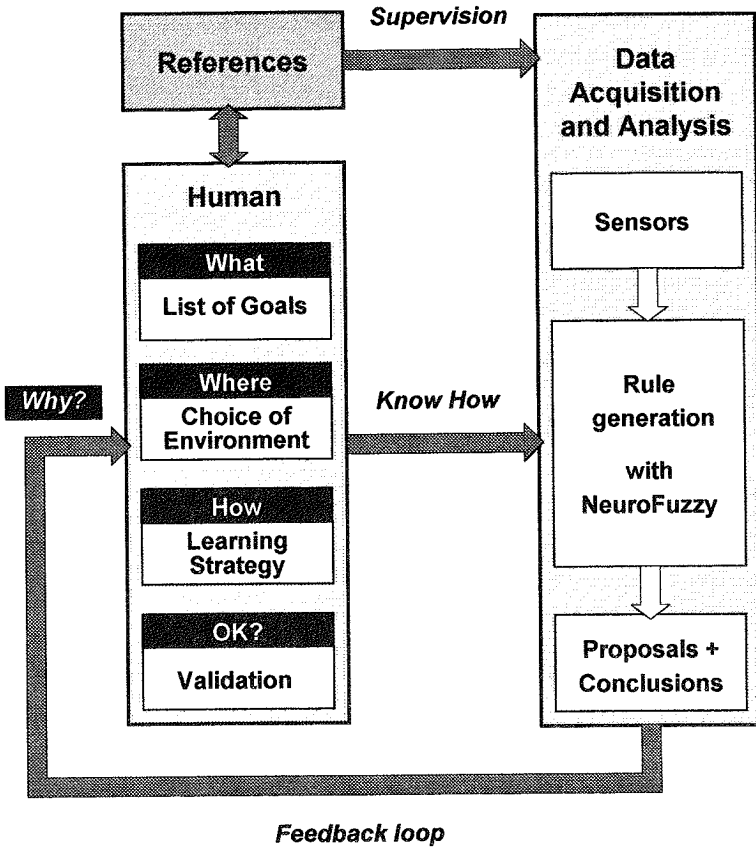


Figure 2: Man-Machine interaction during the development of algorithms with NeuroFuzzy.

As criteria for validation, we require that a rule describes only one class of events, unless authorized by the priority list. The number of data points used to determine a rule and the number of misclassified points associated to the class of events corresponding to this rule must also be within the tolerances given in the validation criteria list. And finally, the rule must be compatible with common sense of the development team (we see here another example of a feedback mechanism between the program and the development team!). This

last validation criteria is very important and ensures that we are not misled by the development software.

4. Conclusions

NeuroFuzzy is a powerful tool to develop reliable algorithms for smoke detectors. A prerequisite to the use of NeuroFuzzy is a clear definition of the Man-Machine interface and particularly of the feedback mechanisms between program and user. For this reason the program was conceived such as to provide many feedback mechanisms concerning the pre-established list of goals and priority and validation criteria set by the user. The linguistical formulation of NeuroFuzzy simplifies greatly this task.

References:

- 1) Thuillard, M., "Optimierung von Fuzzy Regeln mit Neuro-Fuzzy bei einem Brandmelder," *Proceedings 4. Aachener Fuzzy Symposium*, ed. INFORM GmbH, Aachen (1994) 117- 130.
- 2) Abe, S. and Lan, M.-S., "A Classifier Using Fuzzy Rules Extracted Directly from Numerical Data, " *Second IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, ed. IEEE, (1993), 1191-1198.
- 3) Kosko, B., *Neural Networks and Fuzzy Systems*, Prentice-Hall, Englewoods Cliffs,(1992).
- 4) Bedzek, C., *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Plenum, New York, (1981).
- 5) Thuillard, M., "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", *Fire Technology* **30**, 250- 268 (1994).
- 6) Thuillard, M., "Fehlalarmreduktion durch den Einsatz von Fuzzy Logic bei Brandmeldern," *Fuzzy Logic, Band II*, ed. H.-J. Zimmerman and C. v. Altrock, Oldenbourg Verlag, (1994), 17-30.

- 7) Thuillard, M., "Nouvelles Méthodes de Développement de Règles de Logique Floue, à l'Aide d'un Réseau Neuronal, permettant d'améliorer la Fiabilité d'un Détecteur d'Incendie," Sécurité 17, 3-7 (1994).
- 8) Kohonen, T., *Self-Organization and Associative Memory*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg (1984).

Christina Tompkin, P. Ryser, Cerberus AG, CH-8708 Männedorf/Schweiz

Optische Detektion von Rauchpartikeln durch Messung der Lichtextinktion über eine kurze Strecke

Abstract

Smoke is detected through the measurement of light extinction. Extremely high sensitivity is realised through the use of an integrated optical circuit. Four light paths with 50-micron feature size are embedded in a glass chip; one path is interrupted by a 25 mm air path which allows for the measurement of light extinction. Light emitters and receivers are attached externally by an on-line method to the ports of the light paths. The sensitivity of the device is demonstrated experimentally and is compared to other optical measurement devices.

I. Einleitung

In der optischen Sensorik von Rauchpartikeln werden heute zwei Detektionsmethoden angewendet, die Messung von Streulicht und die der Extinktion. Während die Messung des Streulichts in einem breiten Anwendungsbereich stets vermehrt eingesetzt wird, findet die Extinktionsmessung bis anhin nur begrenzte Anwendung. Heute eingesetzte Extinktionssensoren messen die Extinktion über Distanzen von typischerweise 10-80 m, was ihren Einsatz beispielsweise vorzugsweise in langen Korridoren, Lagerhäusern und Tunnels ermöglicht. Die Extinktionsmessung ist sehr attraktiv, da sie im Vergleich zur Streulichtmessung dank ihrer physikalischen Eigenschaften wesentliche Vorteile bietet. Bei der Extinktionsmessung beinhaltet die Grösse der Extinktion sowohl das Streulicht in einem grossen Winkelbereich als auch die Absorption durch die Rauchpartikel. Somit werden die Aerosole durch zwei physikalische Mechanismen erfasst, und es besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass Aerosole verschiedener Grössen und Typen mindestens durch einen der zwei Mechanismen detektiert werden. Die Extinktionsmessung gewährt also eine intrinsisch empfindlichere Detektion von Rauchpartikeln.

II. Zielsetzung

In folgendem Beitrag wird ein Sensor vorgestellt, der Rauchpartikel durch eine Extinktionsmessung detektiert und zugleich in einem breiteren Anwendungsbereich als marktübliche lineare Extinktionssensoren eingesetzt werden können. Der Sensor soll folgende Ziele erreichen:

- eine vielseitige Detektion von Aerosolen verschiedener Grössen und Typen (verschiedener Farben und Bestandteile),
- Abdeckung eines breiten Einsatzbereiches unter verschiedenen Umwelteinflüssen,
- ein marktkonformes Preis/Leistungsverhältnis,
- eine hohe Empfindlichkeit durch Optimierung der physikalischen Mechanismen der Extinktionsmessung,
- die Länge der Messtrecke soll wenige Zentimeter betragen, so dass der Sensor in Standardgehäuse passt und eine "Punktmessung" ermöglicht wird,
- Einsatz als Systemkomponente in einer Brandmeldeanlage.

III. Quantitative Anforderungen

Die quantitativen Anforderungen an diesen Extinktionssensor ergeben sich aus der gewünschten kleinen Messtrecke des Sensors, teils aus der hohen verlangten Empfindlichkeit und schliesslich auch daraus, dass er eine Komponente mit Kommunikationseigenschaften eines grösseren Rauchsensorysystems darstellt.

Eine typische Alarmschwelle für Testfeuer nach EN54 liegt bei einer Lichtabschwächung über einen Meter von 4%. Beträgt die Messtrecke 25 mm wie beim hier vorgestellten Sensor, liegt die Alarmschwelle bei einer Lichtabschwächung auf 99.9% der Ausgangsleistung.

Die für eine praktische Anwendung typisch verlangte Auflösung der Messgrösse beträgt ein Zehntel des Alarmschwellenwertes, das bedeutet, dass eine Auflösung von 10^{-4} der Lichtabschwächung gewährt sein muss.

IV. Sensoraufbau

Optische Brücke

Die Referenzierung der Ausgangsleistung und der Detektivität der Lichtempfänger wird bei diesem Sensor durch eine optische Brücke nach dem Systemschema in Fig. 1 durchgeführt. Das System enthält zwei Lichtquellen und zwei Lichtempfänger. Die erste Lichtquelle S_1 sendet ihr Licht auf einen ihr dazugehörigen Strahlteiler, der das Licht

nach einem Leistungsverhältnis K_1 in zwei Strahlen teilt. Nach der Strahlteilung durchläuft der eine Strahl eine Luftstrecke mit optischer Transmission T , die Rauchpartikeln zugänglich ist. Nach Durchlaufen der Luftstrecke fällt dieser Strahl auf den ersten Lichtempfänger D_1 . Der zweite vom Strahlteiler ausgehende Strahl wird direkt zum zweiten Lichtempfänger D_2 geleitet, ohne eine Messtrecke zu durchlaufen.

Die zweite Lichtquelle S_2 sendet ihr Licht ebenfalls auf einen ihr dazugehörigen Strahlteiler, der es in zwei Strahlen in einem Leistungsverhältnis K_2 teilt. Der eine resultierende Strahl wird auf den ersten Empfänger D_1 , der zweite auf den zweiten Empfänger D_2 geleitet, wobei keiner dieser Strahlen einer Luftstrecke exponiert ist.

Die beiden Empfänger detektieren also vier Lichtsignale. Die Herkunft der Signale wird durch unterschiedliche Modulationsfrequenzen f_1 und f_2 der beiden Lichtquellen und mit einem Lock-in-Verfahren bestimmt. Die vier Signale A_{11} , A_{12} , A_{21} und A_{22} enthalten multiplikativ die Werte der Ausgangsleistung, der Teilungsverhältnisse der Strahlteiler, die Transmission T und die Detektivität der Empfänger. Sie werden sodann zur Bestimmung der Transmission T der Luftstrecke oder des Extinktionswertes über diese Strecke miteinander so dividiert, dass die Detektivitäten der Empfänger und die Ausgangsleistungen der Quellen wegfallen. Es folgt für die Transmission T

$$T = \frac{1-K_1}{K_1} \cdot \frac{1-K_2}{K_2} \cdot \frac{A_{11} \cdot A_{22}}{A_{12} \cdot A_{21}}$$

Noch sind die Teilungsverhältnisse K_1 und K_2 der Strahlteiler enthalten, sodass diese den Stabilitätsanforderungen des Systems standhalten müssen. Auch sind in dieser Gleichung die Transmissionswerte der verschiedenen optischen Pfade sowie die optischen Kopplungswerte, wie zum Beispiel diejenigen am Beginn und Ende der Messtrecke oder bei den Lichtquellen, nicht berücksichtigt. Auch diese Werte sind denselben Stabilitätsanforderungen unterworfen.

Elektronik und Signalverarbeitung

Die Lichtquellen werden bei verschiedenen Modulationsfrequenzen angesteuert. Der von den Photodioden ausgehende Photostrom wird durch Transimpedanz- und Lock-in-Verstärkerstufen geleitet. Die Signale werden nach einer 16 bit A/D-Wandlung einem Mikroprozessor zugeführt, der diese vorerst zeitlich mittelt und anschliessend zur Ermittlung des Extinktionswertes die Divisionen durchführt.

Da die Verstärkung der Signale eine Frequenzabhängigkeit besitzt, wurde dem System eine elektronische Brücke angefügt. Während einer gegebenen Zeitspanne wird die erste Lichtquelle mit der Frequenz f_1 und die zweite bei der Frequenz f_2 angesteuert. Nach Ablauf dieser Zeit werden die Frequenzen vertauscht, sodass die erste Lichtquelle bei der Frequenz f_2 und die zweite bei der Frequenz f_1 moduliert wird. Durch diese Signalaufnahme können die Frequenzgänge der Verstärkerstufen ausgeglichen werden. In fixen Zeitabständen werden die Quellen ausgeschaltet und die Offsetspannungen gemessen. Diese Werte ermöglichen eine zusätzliche Kompensation.

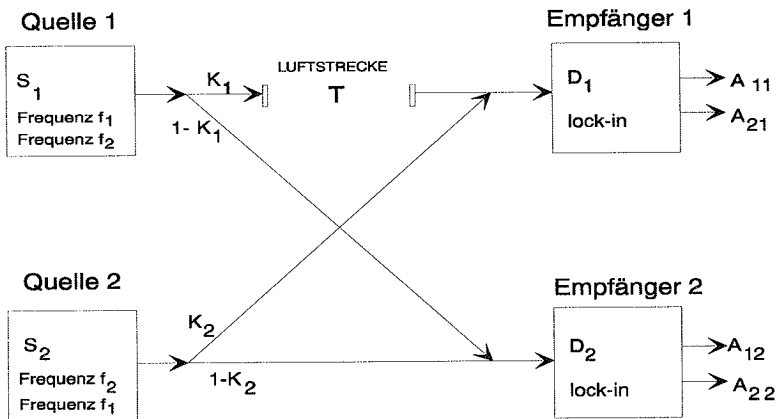


Fig. 1: Systemschema des Extinktionssensors

Sensorrealisierung

Um in einem optischen System eine hohe mechanische sowie thermische Stabilität zu erreichen, ist es naheliegend, das System mit so wenig Bauteilen wie möglich zu realisieren. Im Idealfall ist dies ein monolithisches System. Für diesen Sensor wurde ein integriert-optisches System gewählt, das aus Multi-Moden-Streifenwellenleitern in einem Glassubstrat besteht. Das System enthält sämtliche optische Pfade, Strahlteiler in Form von Y-Verzweigungen sowie die Luftstrecke, die Rauchpartikeln zugänglich ist. Dieses System ist in Fig. 2 gezeigt. Der integriert-optische Chip besteht aus einem Glassubstrat und vier Wellenleitern, die an derselben Seite des Substrats beginnen. Diese Wellenleiter bilden das in Fig. 1 gezeigte optische System. Der eine Wellenleiter

ist über eine 35 mm lange Strecke unterbrochen, womit eine den Rauchpartikeln zugängliche Luftstrecke gebildet wird. An den Wellenleiterenden sind jeweils die zwei Lichtquellen und die zwei Lichtempfänger angekoppelt. Die Wellenleiter, oder optischen Pfade, bestehen aus einem Material, das im Vergleich zum Glassubstrat einen leicht erhöhten Brechungsindex hat. Die Wellenleiter befinden sich leicht unter der Glasoberfläche und sind somit der Umwelt nicht ausgesetzt. Sie haben einen ungefähr elliptischen Querschnitt mit Achsenlängen von circa 50 und 20 μm . Die Luftstrecke besitzt an beiden Enden eine Kollimierungslinse. Die Länge der Luftstrecke zwischen den beiden Linsen beträgt 25 mm.

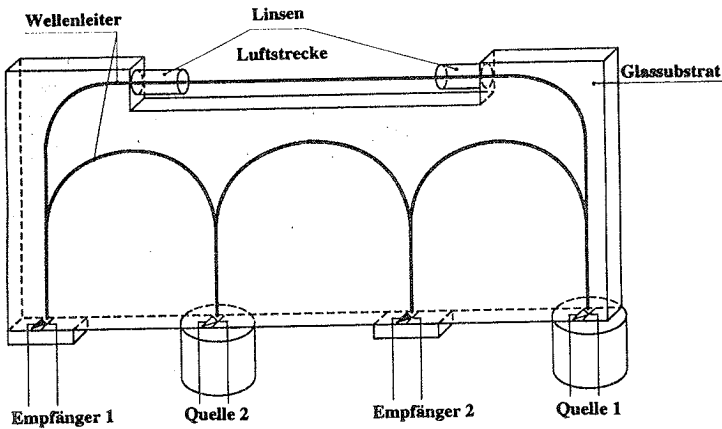


Fig. 2. Realisierung des Extinktionssensors durch ein integriert-optisches Wellenleitersystem

V. Sensorherstellung

Das integriert-optische System wurde durch ein Ionenaustauschverfahren hergestellt. Als Substratglas wurde hierzu ein Natriumglas (Corning HR900) aufgrund seines hohen Natriumgehalts, seines günstigen Brechungsindex (1.505 bei 657 nm) und seiner Unempfindlichkeit auf UV-Licht gewählt. (Gewisse Gläser reagieren mit einer Bräunung auf UV-Licht). Auch lässt sich dieses Glas durch den sogenannten Fusion-draw-prozess relativ kostengünstig in den gewünschten Dimensionen (50 x 50 x 1 mm bis 100 x 100 x 2 mm) herstellen.

Im Ionenaustauschverfahren werden die Natriumionen im Glas gegen Silberionen in einer Schmelze ausgetauscht. (Auch Kalium- und Thalliumionen eignen sich für diesen Prozess.) Der Austausch der Ionen bewirkt eine Erhöhung des Brechungsindex des Glases, die für eine Wellenleitung notwendig ist. Diese Brechungsindexveränderung kann lokal geschehen, indem vorerst eine Maske auf das Glassubstrat aufgedampft wird, sodass der Austausch nur dort stattfinden kann, wo das Glas exponiert ist.

Für den Extinktionssensor wurde eine Maske aus Titan, welche die Geometrie der Wellenleiter enthält, photolithographisch durch ein Laserschreib- und folgendem Lift-off-Verfahren auf das Glassubstrat aufgebracht. Die Breite der exponierten Stellen der Maske betrug 20 μm . Das Substrat mit der Maske wurde sodann in eine Schmelze von 15% AgNO_3 und NaNO_3 bei einer Temperatur von 340°C während 1 h 40 min getaucht. Während dieses Bades erhöhte sich an den exponierten Stellen der Brechungsindex bereits um 0.03 bis 0.05 oder 2 bis 3.3 % des Brechungsindex des Substrats. Die Wellenleiter mit diesem Brechungsindexunterschied verfügen dann über eine numerische Apertur NA von maximal 0.4, was einem Akzeptanzhalbwinkel von 23° entspricht. Nach diesem Austauschprozess wird der Chip in eine weitere Schmelze von 65% Na_2O und 35% NaNO_3 bei einer Temperatur von 270°C gelegt. Zusätzlich wird über den Chip eine Spannung von 25 - 75 V angelegt. Dieser feld-assistierte Prozess bewirkt eine Verschiebung des Wellenleiters unter die Glasoberfläche, indem das Brechungsindexprofil sich unter die Oberfläche verlagert. Nach der Verschiebung liegt der obere Rand des Wellenleiters typischerweise 10-30 μm unter der Glasoberfläche, wobei das Ausmass der Verschiebung von der angelegten Spannung und der Prozessdauer abhängt. Das aus einem Wellenleiterende austretende Licht hat einen typischen elliptischen Querschnitt mit Achsenlängen von 20 und 50 μm . Die Lichtleitung findet also vollständig unter der Oberfläche statt. Die Verschiebung des Wellenleiters bewirkt, dass keine Lichtverluste durch Streuung an Unregelmässigkeiten der Substratoberfläche stattfinden können. Nach Vollendung des Austausch- und Vergrabungsprozesses wird die Titanmaske durch ein chemisches Nassverfahren entfernt.

Um eine gute Einkopplung des Lichts von der Lichtquelle in den Wellenleiter sowie eine gute Auskopplung von den Wellenleitern zu den Lichtempfängern zu gewährleisten, muss die Seitenoberfläche des Glases sauber gesägt und poliert sowie eine genügend grosse Kontaktfläche zur Montage der elektro-optischen Elemente verfügbar sein. Hierzu wurde ein zweites Glassubstrat (ohne Wellenleiter) auf den

Glaschip geklebt, das mittels Drahtsägen gesägt und anschliessend seitlich poliert wurde. Die Luftstrecke wurde mit Diamantkreissägen ausgesägt.

Für die Lichtquellen wurden LEDs gewählt, die für eine Kopplung mit Glasfasern bestimmt sind und Licht bei einer mittleren Wellenlänge von 850 nm aussenden. Sie verfügen über eine Kugellinse auf ihrem Chip, durch die das Licht teils kollimiert in einem 750 µm breiten Strahl aus dem LED-Gehäuse tritt. Die Lichtleistung, die in den Wellenleiter gelangt, beträgt mit dieser LED ca. 1% ihrer Gesamtleistung. Für die Empfänger wurden Silizium-Photodioden mit einer empfindlichen Fläche von 1 mm² gewählt. Diese empfindliche Fläche ist gross genug, um den gesamten austretenden Lichtkegel zu detektieren.

Die LEDs und Photodioden wurden in einem On-Line-Verfahren justiert. Ihre Position bezüglich des Glaschips wurde so gewählt, dass die geleitete Lichtleistung ein Maximum erreichte und das Teilungsverhältnis der Strahlteiler ungefähr 1 betrug. Die LEDs und Photodioden wurden sodann mit einer transparenten UV-härtenden Epoxy befestigt. Schliesslich wurden auch die Linsen für die Luftstrecke (Selfoc-Linsen mit 1/4 Periode zur Kollimierung und Refokussierung) mit dem gleichem Klebe-Verfahren befestigt.

Herstellung der optischen Chips durch Batch-Herstellung:

Die Batch-Herstellung der optischen Chips ist zum Teil mit der heute verfügbaren Technik möglich. Grosse Glasplatten, ausgerüstet mit einer entsprechend grossen Maske, die mehrere der optischen Systeme beinhaltet, können für den Ionenaustausch-Prozess verwendet werden. Wichtig für diesen Prozess ist, dass die Temperatur über die ganze Fläche gleichmässig gehalten werden kann. Nach dem Austauschprozess wird die Glasplatte in die einzelnen optischen Systeme gesägt.

Weit schwieriger erweist sich eine serienmässige Befestigung der LEDs, Photodioden und Linsen, da diese noch eine On-line-Justierung bezüglich der Wellenleiter erfordern. Eine Konfektionierung des Glassubstrates in Form von Führungsschlitzen und dergleichen, die eine "blinde" Justierung erlauben würden, ist zur Zeit sehr kostspielig, und das Glas lässt sich nur begrenzt bearbeiten. Auch stellen die Positionstoleranzen, insbesondere für die Linsen und die LEDs, im Bereich von 10 µm sehr hohe Anforderungen.

VI. Messresultate

Es wurde das Ansprechverhalten des Extinktionssensors auf Aerosole von EN-Bränden im Vergleich zu bestehenden Rauchsensoren gemessen (Streulichtsensoren, optisch-thermischer Dualsensor, Extinktionssensor über Strecke von > 1m).

In den Figuren 3 und 4 sind das Ansprechverhalten des Extinktionssensors auf die EN54 Brände TF2 und TF3 gezeigt. (Die kurze Messtrecke des Extinktionssensors befand sich bei diesen Testbränden nicht in einem Gehäuse und war den Aerosolen voll exponiert.) Der Extinktionssensor war hierzu auf dem 3m-Ring an der Decke eines Standard-Brandraumes (6x6x3m) plaziert.

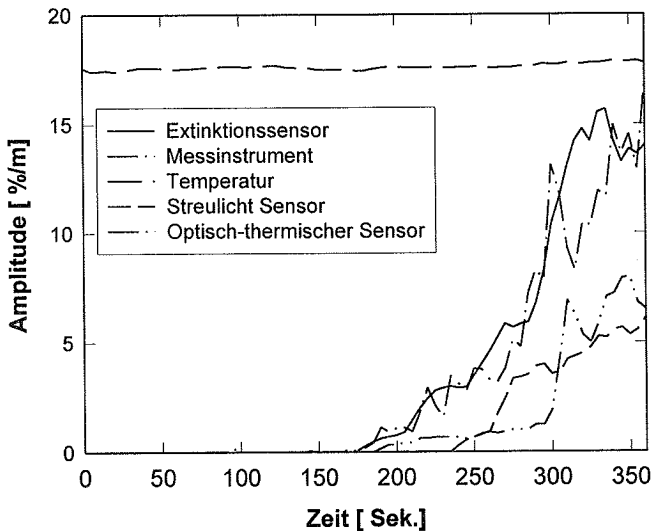


Fig. 3: EN54 TF2 Holzschwelbrand: Vergleich des Extinktionssensors mit Streulichtsensor, optisch-thermischem Dualsensor und einer Extinktionsstrecke über > 1m (MIREX).

Mit den beiden Extinktionsstrecken, die kurze von 25 mm und die lange >1m, wird ungefähr simultan eine Extinktion von 4%/m am frühesten detektiert (nach ca. 240 Sekunden). Die optischen Streulicht- und optisch-thermischen Sensoren ziehen erst ca. 1 Minute später nach.

Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der beiden Extinktionssensoren über die kurze Strecke und die längere Strecke. Das Signal des Extinktionssensors über die kurze Strecke fluktuiert weniger, da das Signal durch einen Tiefpassfilter über 25 Sekunden gemittelt wird. Das Ansprechen auf die Luntten-Aerosole ist durch die zusätzliche Detektion durch Absorption schneller als das des Streulichtensors.

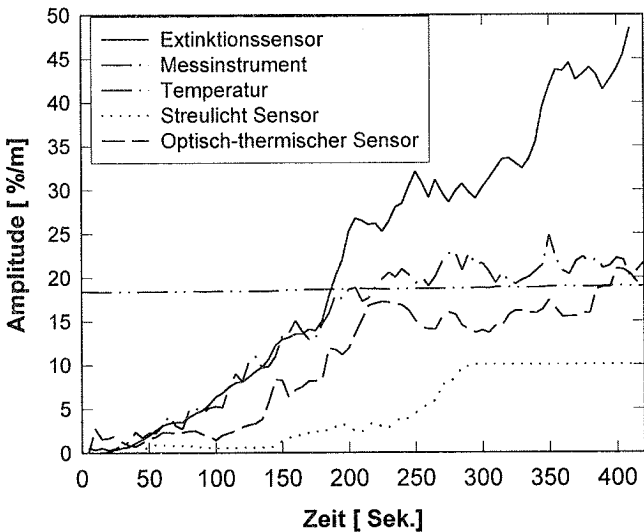


Fig. 4: EN54 TF3 Luntten-Glimmbrand: Vergleich von Extinktionssensor über eine kurze Strecke mit Streulichtsensor, optisch-thermischem Dualsensor und Extinktionsstrecke über >1m MIREX .

VII. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der vorgestellte Extinktionssensor erlaubt eine universelle Detektion von Aerosolen von Schmelbränden (hellen Aerosolen) und offenen Bränden (dunklen Aerosolen) sowie Aerosolen mit verschiedener Grössenverteilungen. Er eignet sich vorzüglich für die geforderten europäischen Normbrände mit einem gleichmässigen Ansprechverhalten zu detektieren.

Die Messung über eine kurze Strecke von 25 mm erlaubt eine "Punktmessung", was im Gegensatz zu den handelsüblichen Sensoren dieses Typs über lange Strecken von mehreren Metern grosse Vorteile in der Applikation bringt.

Jedoch ist mit der derzeitigen Ausführung des Sensors eine zuverlässige Messung nur in einem begrenzten Temperaturbereich von Raumtemperatur bis ca. 40°C möglich, da die Temperaturstabilität des Systems bei höheren Temperaturen noch nicht gewährt ist. Die Unstabilität ist insbesondere auf Veränderungen der Lichtquelle und der Einkopplung des Lichts in die Wellenleiter zurückzuführen. Die Erhöhung der Stabilität über einen breiteren Temperaturbereich ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Der Bau des Sensors kann zum Teil serienmässig realisiert werden. Andererseits erfordert die Montage der Lichtquellen und -empfänger sowie der Linsen, bedingt durch die engen Positionstoleranzen, aufwendige Hand- und Justierarbeit. Eine Verbesserung der Produktionsfreundlichkeit der gewählten Technologie muss weiter erarbeitet werden.

Der vorgestellte Sensor wurde in Zusammenarbeit mit dem CSEM in Neuchâtel realisiert und finanziell von der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in der Schweiz KWF unterstützt.

Wang Jijin, Dou Zheng, Lu Dengxiu, Gao Jiahong,
Shen Guangjin, Wang Letian
Shenghua Electronics Corporation, Nanjing, China

Information Transmission Models of Automatic Fire Alarm and

Integrated Control Systems

Abstract

The information transmission models used in fire alarm and integrated control systems including bus and non-bus configurations are related in this paper. The bus system has many advantages over non-bus system and creates prerequisite for the development of intelligent detection, integrated control and integrated management systems.

1. Introduction

Information transmission is a process, in which data are transmitted and received, and information content or data meaning remains unchanged.

In the early days of the development of automatic fire alarm and integrated control system, there were limited types and amount of data involved. However, as analog intelligent alarm system appeared, along with the increasing number of controlled equipment, the information construction in detection and control circuits, and the tasks of information transmission became complicated. Therefore one of the important problems for automatic fire alarm and integrated control system is to improve the performance of information transmission.

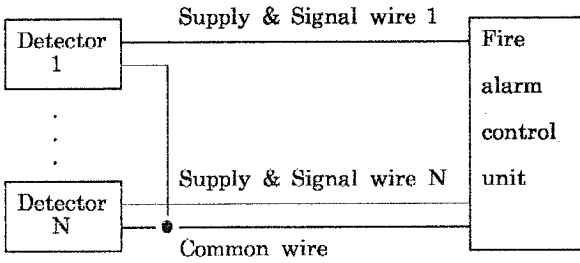
2. Information transmission models of automatic fire detection and alarm system

2.1 Transmission line configuration in automatic fire detection and alarm systems

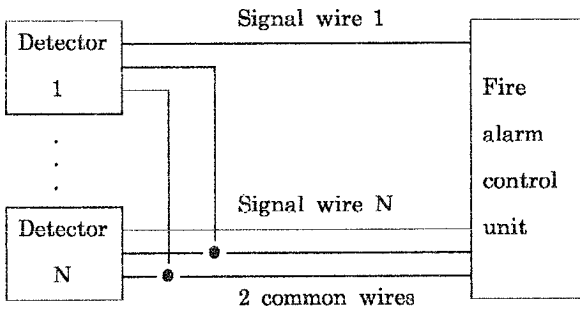
Before the emergence of addressed system, each detection point (or zone) was connected with alarm control unit through at least two wires. This configuration is referred to as non-bus system, which can be $N+1$, $N+2$ or $2N+2$ wires in the event that public use wire(s) exist. Where N is the number of detection circuits. Each circuit may contain one detector or more than one detectors, (see figure 1). In order to determine the detector location more accurately, more circuits in whole system and less detectors in one circuit have to be employed. And this conduct to higher wire cost, difficulty in installation, commission and maintenance. Non-bus wire configuration is still used in small size projects and in important conditions for the structure simplicity and operation reliability.

The development of electronics makes it possible to address each detector or a group of detector with a individual encoder, and to share one bus for a number of detectors. Commonly used bus configurations are 2 wire bus, 3 wire bus and 4 wire bus, (see figure 2).

The best bus configuration used in fire detection and alarm system is 2 wire bus, which is showing a tendency to replace 3 wire bus and 4 wire bus wirings. The 90 series fire electronic products, one of the first generation of 2 wire bus in Chinese market, were introduced by Shenhua Electronics Corporation in 1991. The products have now been widely used in many large size and super size buildings. Up to 3000 detectors were installed in one project. Daisy chain detection circuit is a kind of special 2 wire bus system. Detectors in the circuit no longer need individual address setting, (see figure 3). This bus configuration has now been used in products developed by Cerberus (Switzerland).



(a)



(b)

Figure 1. Typical Non-bus configurations: N+1 wiring (a) and N+2 wiring (b)

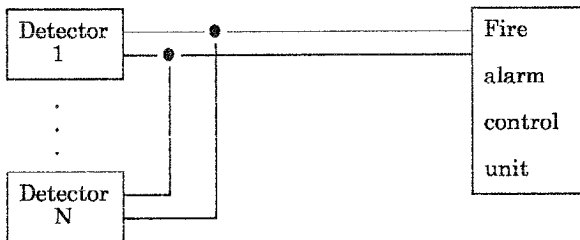


Figure 2. Typical 2 wire bus circuit of fire detection and alarm

The advantages of 2 wire bus are: saving wire cost and man-hour in installation, and raising the speed of commission. The 2 wire bus paves the way for the intellectualizing of fire detection and alarm system.

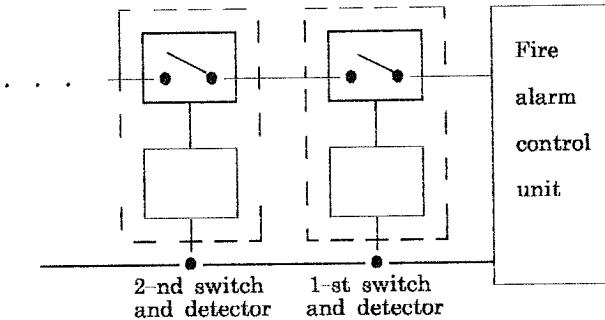


Figure 3. A detection system with daisy chain bus

2.2 Main components of bus information in automatic fire detection and alarm systems.

Whether in conventional threshold value triggering system or in analog intelligent system, which is now rapidly spreading in the world, to ensure proper operation, following information must be transmitted through detection bus line:

- (1) Address code. In modern fire safety engineering projects, each bus loop usually has more than 64 addressed detectors. A single bus loop with more than 256 addressed detectors is not reasonable in normal condition. This is because many countries place restrictions on the polling cycle or response time. For example, the Chinese standard GB 4717-93 permits 10 seconds for fire alarm control unit to respond to a fire signal in normal condition.
- (2) Fire phenomenon data. The data structure in conventional system is simple. Fire phenomenon data in analog intelligent system may be transmitted in the form of continuously changed or non-continuously charged signal.

(3) Control signals from controller and feed back signals from detector. The usages of these signals are to illuminate LED and door lamp, to start test operation, and to confirm some aspects of addressed unit operation. These signals are essential for analog intelligent system.

(4) Types of detection unit. The controller, particularly in intelligent system, makes a decision on fire alarm usually according to the combination of fire signal and detector type.

(5) Priority interrupt. This information ensure immediate response to call point or other emergency signal within 2 polling cycles.

(6) Changing of polling speed. The benefit of the function is the reducing of polling cycle.

2.3 Standardization of the bus

Fire alarm manufacturers in the world develop products with their own buses. This creates the troubles such as:

Customers excessively rely on a particular manufacturer or supplier, because there is no replacement between the products made by different companies;

The long term technical support that is deserved for customers is not always guaranteed;

Some difficulties for reducing industry production cost exist.

Therefore, the standardization of bus within a country, a region or even in the world is valuable.

The general bus ought to have at least following functions:

Digital signal can be transmitted;

Serial data can be transmitted in dual directions;

Transmission rate is sufficient;

Up to 1500m long twisted pair of wire can be used as bus line;

The bus must be open;

It can works on other mediums such as radio wave and fiber etc.

2.4 Some approaches for improving information transmission through bus

Raising polling rate, lengthening transmission distance, increasing information content and growing the number of detector in bus loop, all worsen the condition of information transmission. Aspects stated below may be helpful in improving the condition of information transmission.

- (1) Carefully reduce polling speed, provided the response speed remains sufficient.
- (2) Work out the way of reducing information content transmitted through bus. One of the effective method is utilize front or detection intelligence. In pace with the development of sensor and microelectronics, and the deepening of cognition on fire behavior, the proportion of front intelligence in detector/sensor would become bigger, and the current situation, in which too much information redundancy and too heavy load are in existence in bus line, would consequently be changed. Another method is to adopt single direction transmission like some ongoing radio systems do, provided the requirement of communication reliability can be achieved.
- (3) Improve transmission medium. For example, the wires with less distributed capacitance and optical fiber may be some of the choices.
- (4) Enhance the drive power of the bus.
- (5) Improve the way of stimulation (power supply) of the bus.
- (6) Avoid the bus loop to be overloaded by too many detectors/sensors.

3. Integrated control unit for fire extinction

3.1 functions of integrated control unit for fire extinction

The integrated control unit for fire extinction can directly or indirectly receive the signals from fire alarm control unit or

from fire triggering device, and logically control and supervise the action and operation status of following equipment: power supply, extinguishing pump, sprinkler, aerosol or chemical extinguisher, fire door, fire shutter, air conditioner, smoke exhauster, elevator, emergency public address system, fire telephone, emergency lighting, evacuation equipment and alert device, ect..

3.2 Basic types of controlled extinction equipment

There are three types of fire extinction equipment controlled by integrated control unit:

- (1) Equipment to be started, stopped or monitored only;
- (2) Equipment to be started and monitored, or stopped and monitored;
- (3) Equipment to be started, stopped and monitored.

3.3 Other public safe equipment that may be controlled

Due to the development of disaster relief system itself, and building management system coming to the fore, several kinds of new controlled object join into fire safety system. Furthermore, the fire safety system joins into the whole building management system or building automation system. These possible controlled objects are:

Intrusion detection;

Access control;

Heating and ventilation;

Security supervision ; and

others.

With the development of microprocessor, computer and sensor technologies, the function of integrated control unit becomes complicated, and the level of control integration becomes higher.

4. Information transmission models of integrated control unit

In the light of wire configuration, there are four models of information transmission in integrated control system.

(1) non-bus wiring

In accordance with the type of controlled equipment mentioned before, the wiring may has three forms: 2N, 3N and 4N. In case of one commonly used wire permitted, these forms become N+1, 2N+1 and 3N+1, where N is the number of controlled equipment. Figure 4 shows 2N, 3N and 4N configurations.

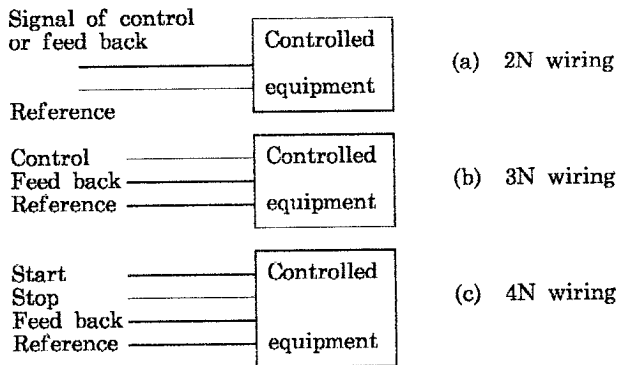


Figure 4. Non-bus configurations of integrated control system

The advantage of non-bus configuration is high reliability, so they still be used in most important equipment, although the bus system has steadily been promoted in recent years.

(2) Bus wiring

The basic bus wiring system is presented in fig.5.

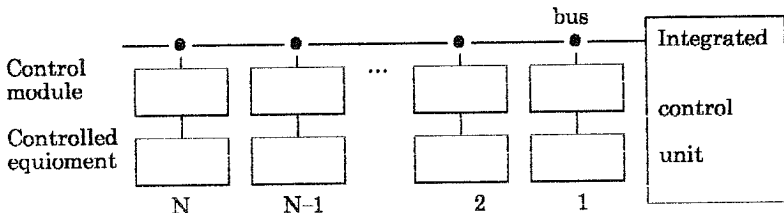


Figure 5. A integrated system with bus wiring

The application of the bus configuration in integrated control system may greatly reduce wiring cost in the condition that a large number of extinction equipment are located in a broad area.

(3) Detection-control mixed bus

Certain control functions are added into some fire alarm control unit. In this case, the detection-control mixed bus may be put to use. The bus system is given in fig 6.

The system no longer needs individual buses respectively for detection circuit and control circuit. It seems an advantage. However in general condition, higher degree of protection is given to control bus in order to ensure the proper operation of extinguishing facilities even in harsh environment. Obviously, the operation reliability of fire extinction equipment with mixed bus system is somehow lower.

(4) Bus and non-bus complex system

Figure 7 shows a typical bus and non-bus complex system. When the building is very high or occupies very large area, it is good to use multi-output interface module through non-bus lines to control the equipment that distributed in the same floor or in a area which is not large, while to use bus line between control unit and interface modules. In this way, a large amount of vertical wire can be saved. The complex bus wiring has now been used in many projects undertaken by our company.

5. The reliability in system operation

The action reliability of controlled equipment is a important respect for evaluating the effectiveness of the equipment in the condition of minimum losses in life and property. To achieve best effectiveness, these redundancy techniques are usually applied:

(1) Operation redundancy. Introducing manual control function into automatic control system and giving control priority to manual control function may be effective.

(2) Equipment redundancy. Special line is usually installed for

important equipment. The aforementioned detection and control mixed bus is not recommended.

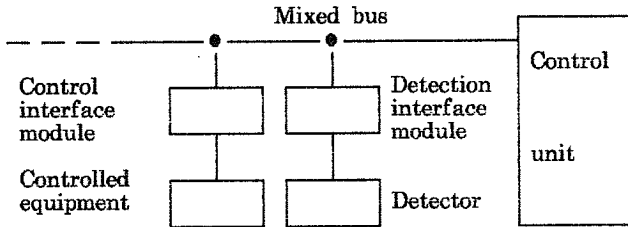


Figure 6. Detection-control mixed bus

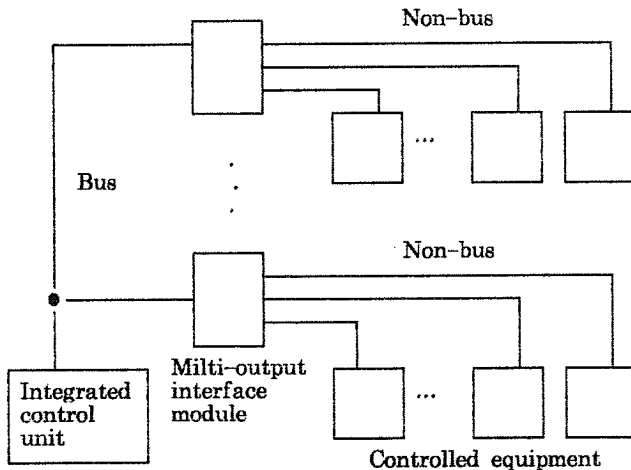


Figure 7. Bus and no-bus complex system

(3) Information redundancy. Repeating some data in important occasions, if permitted, and considering feed back signal as an action confirming signal are recommended.

(4) Condition redundancies. It is essential to design a system which is assumed to work in harsh environment. More design attention should be payed in EM compatibility.

6. Conclusion

A fire safety system having fire detection, alarm and integrated control functions is likely to be a so called fire alarm and integrated extinction control center. The function of integrated control has to meet the general requirements of disaster relief. The more types of the equipment we have, the more difficulties for meeting general requirements we face, and the more risks we take. We must very carefully design a disaster relief system that, say, intrusion detection system and public security supervision system are combined with, in order to meet a variety of code concerned. It should be safe if we employ a system with the model of integrated management plus distributed control. This model puts control function in the lower level layer and management function in the highest level layer, (see fig.8).

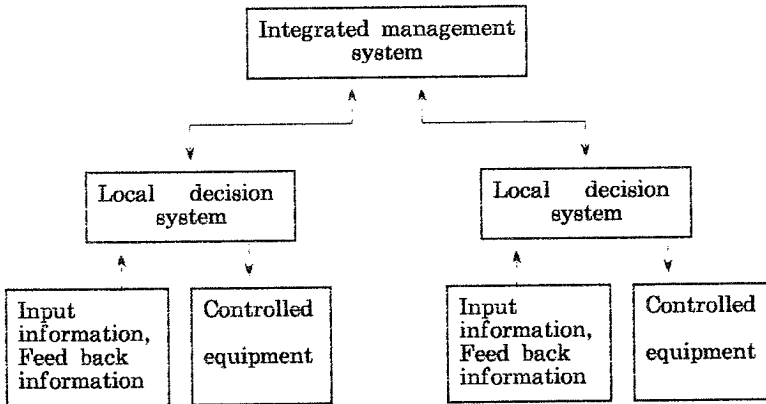


Figure 8. Integrated management and distributed control combined system

Shu WANG

Huazhong University of Science & Technology, Wuhan, PR.China

z. Zt. Universität Duisburg, Germany

Ein Detektor für spezielle Trends mit variabler Fensterlänge und seine Anwendung in der automatischen Brandentdeckung

Abstract

Signals of fire sensors always have their steady state values. In the fire case, the signal trends are special because of the steady state value. In this paper, a detector for the special trend is proposed. One adaptive window has been used for the trend calculation in this detector. When the detector finds a trend, the window can be extended step by step automatically, in order to reduce false alarms. The detector has been tested by different signals with a simulating program. The tested results show that the detector can discover the standard test fires in time and has a very low false alarm rate.

Einleitung

Der Trend-Algorithmus ist bekannt in der Signal Detektion^[1]. Normalerweise hat ein Signal einen positiven oder negativen Trend. Aber viele Signale haben einen Ruhewert, insbesondere Brandkenngrößenverläufe. Die Abbildung 1 zeigt einen Signalverlauf eines Ionisationskammer (IK) Rauchsensors, mit einem Ruhewert von ca. 10000. In dem abgebildeten Zeitraum gibt es keinen Trend. Bezüglich des Ruhewertes gibt es zwei verschiedene Trendtypen, einen Trend oberhalb des Ruhewertes und einen Trend unterhalb des Ruhewertes (siehe Abb.2). In Abb.2 ist der Trend von $n = 2$ bis $n = 5$ positiv und oberhalb des Ruhewertes. Von $n = 5$ bis $n = 7$ ist der Trend negativ und oberhalb des Ruhewertes. Das ist ein Trend vom Typ 1. Von $n = 9$ bis $n = 17$ gibt es auch positive und negative Trends, aber

unterhalb des Ruhewertes. Das ist ein Trend vom Typ 2. Wenn man nun einen bestimmten Trend detektieren möchte, zum Beispiel den Trend von $n = 2$ bis $n = 5$ (einen positiven Trend vom Typ 1), oder von $n = 9$ bis $n = 12$ (einen negativen Trend vom Typ 2), so ist das eine Entdeckungsaufgabe für einen besonderen Trend. Dieser besondere Trend heißt der spezielle Trend.

Es ist bekannt, daß es im Brandfall einen Trend der Signale gibt, aber der Trenddetektor wird noch nicht in der Brandentdeckung benutzt^[2]. Die Ursache dafür ist, daß es zu viele Falschalarme gibt! Tatsächlich ist der Signaltrend im Brandfall ein spezieller Trend. Abb.3 zeigt die Signale einer Ionisationskammer und eines Temperatur-Meßkopfes im Brandfall. Es ist offensichtlich, daß es im Brandfall einen negativen Trend unterhalb des Ruhewertes bei der Ionisationskammer, und einen positiven Trend oberhalb des Ruhewertes beim Temperatur-Meßkopf gibt. Aber im Nichtbrandfall weisen die Signale beide Typen des Trends auf. Abb.4 und Abb.5 zeigen Signale im Nichtbrandfall. Die Signale sind alle in der Küche der städtischen Klinik Duisburg aufgezeichnet worden. Aus Abb.4 und Abb.5 wird deutlich, daß ein Detektor, der den speziellen Trend nicht erkennen kann, häufig Falschalarme verursacht. Die bisher eingesetzten Trenddetektoren, inklusive des Kendall - τ Detektors^[3], erkennen den speziellen Trend nicht. Das ist wohl die wichtigste Ursache dafür, daß der Trenddetektor nicht benutzt wird. Eine weitere Ursache dafür ist, daß in der Berechnung des Trends eine konstante Fensterlänge N benutzt wird. Im Trenddetektor beeinflusst die Fensterlänge direkt die Trendwerte. Je länger das Fenster ist, desto kleiner sind die Trendwerte, weil die Trendwerte und die Fensterlänge N zueinander umgekehrt proportional sind. Ein kurzes Fenster wird benutzt, um den Signal Trend frühzeitig zu entdecken, kann dadurch aber Falschalarme erzeugen, weil der Detektor zu empfindlich wird.

Zur Lösung diese Problems wird ein Detektor für den speziellen Trend mit variabler Fensterlänge vorgeschlagen.

Ein Detektor für den speziellen Trend mit variabler Fensterlänge

Zuerst werden zwei Vorzeichen-Funktionen $\text{sign1}(x)$ und $\text{sign2}(x)$ definiert:

$$\text{sign1}(x) = \begin{cases} 1 & \forall x > s \\ 0 & \forall -s \leq x \leq s \\ -1 & \forall x < -s \end{cases} \quad (1) \quad \text{und}$$

$$\text{sign2}(x) = \begin{cases} 1 & \forall x > 1 \\ 0 & \forall -1 \leq x \leq 1 \\ -1 & \forall x < -1 \end{cases} \quad (2)$$

Tatsächlich ist $\text{sign2}(x) = \text{sign1}(x)$ für $s = 1$. Das s ist eine Schwelle. Mit dem Ruhewert RW wird die Formel für den speziellen Trend mit der festen Fensterlänge N

$$T(n) = \sum_{i=0}^{N-2} \sum_{j=i}^{N-1} (\text{sign2}(\text{sign1}(x(n-i) - x(n-j)) + \text{sign1}(x(n-j) - RW)) \quad (3)$$

und ihre rekursive Formulierung

$$T(n+1) = T(n) + \sum_{i=0}^{N-2} \{ \text{sign2}[\text{sign1}(x(n+1) - x(n-i)) + \text{sign1}(x(n-i) - RW)] - \text{sign2}[\text{sign1}(x(n-i) - x(n-N+1)) + \text{sign1}(x(n-N+1) - RW)] \} \quad (4)$$

gebildet.

Dann kann auch der relative Trendwert definiert werden:

$$\tau(n) = \frac{\text{aktueller Wert}}{\text{max. Werte}} = \frac{T(n)}{N(N-1)/2} \quad (5)$$

Gleichung (3) enthält die $\text{sign2}(x)$ Funktion und beinhaltet zwei Terme. Der erste Term ist $\text{sign1}(x(n-i)-x(n-j))$ und ähnelt der Kendall- τ Formel^[4]. Das ist eine normale Trend Rechnung. Der zweite Term ist besonders wichtig. Die Funktion

sign1(x(n-j)-RW) unterscheidet, ob das Signal oberhalb oder unterhalb von RW ist. Nur wenn das Signal x(n-j) größer als RW ist, und gleichzeitig x(n-i) größer als x(n-j) ist, kann ein positiver Trendwert über sign2(x) erhalten werden. Sonst ist der Trendwert gleich null. Deshalb wird mit den Formeln (3) oder (4) der spezielle Trend berechnet. In Tabelle 1 ist ein Beispiel für den speziellen Trend und den Kendall- τ Trend des Signal in Abb.2 angegeben. Hier wird die Fensterlänge $N = 3$, die Schwelle $s = 0.05$ und $RW = 2.0$ benutzt. Wenn das Signal einen negativen Trend hat, aber seine Werte noch oberhalb von RW liegen, sind die neuen Trendwerte noch Null ($n = 7$). Im Vergleich dazu, ist beim Kendall- τ Trend schon $\tau = -1$. Wenn das Signal einen positiven Trend hat, aber seine Werte noch unterhalb von RW liegen, dann sind die neuen Trendwerte auch null ($n = 14$ bis $n = 17$), während der Kendall- τ Trend schon bei $\tau = 1$ ist. Von $n = 7$ bis $n = 9$ gibt es eine kleine Schwankung im Signal. Der neue Detektor produziert noch nichts ($n = 8$), der Kendall- τ Trend ist schon bei $\tau = -1$.

Tab.1 Spezielle und Kendall Trendwerte $n=3$ $s=0.05$ $RW=2.0$

n	0	2	4	6	7	8	10	12	14	16	18
x(n)	2.0	2.0	2.3	2.2	2.0	1.95	1.9	1.6	1.7	1.9	2.0
neuer Trend	0	0	1	1	0	0	0	-3	0	0	0
neues τ	0	0	1/3	1/3	0	0	0	-1	0	0	0
Kendall Trend	0	0	2	-1	-3	-3	-1	-3	2	3	2
Kendall τ	0	0	2/3	-1/3	-1	-1	-1/3	-1	2/3	1	2/3

Um den Signaltrend rechtzeitig zu entdecken, wird ein kurzes Fenster für die Trendrechnung benutzt. Aber um Störungen zu verhindern, braucht man ein längeres Fenster. Das heißt, daß ein variables Fenster in der Trendrechnung benutzt werden sollte. Wenn der Trend des Signals eine Voralarmschwelle übersteigt, dann verlängert das Fenster sich automatisch von Stufe zu Stufe. Dazu wird die Funktion $k(n)$ zum Ansammeln von $\tau(n)$ definiert:

$$k(n+1) = \begin{cases} (k(n)+1)u(\tau(n)-s_t) & \forall s_t > 0 \\ (k(n)+1)u(s_t-\tau(n)) & \forall s_t < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Hier ist s_t die Voralarmschwelle und $u(n)$ ist der Einheitssprung.

$$u(n) = \begin{cases} 1 & \forall n \geq 0 \\ 0 & \forall n < 0 \end{cases}$$

Der spezielle Trend Algorithmus mit variabler Fensterlänge lautet dann:

$$T(n) = \sum_{i=0}^{N+k(n)-2} \sum_{j=i}^{N+k(n)-1} \text{sign}2(\text{sign}1(x(n-i) - x(n-j)) + \text{sign}1(x(n-j) - RW)) \quad (7)$$

und seine rekursive Formulierung lautet:

$$T(n+1) = \begin{cases} T(n) + \sum_{i=0}^{N+k(n)-2} \text{sign}2[\text{sign}1(x(n+1) - x(n-i)) + \text{sign}1(x(n-i) - RW)] & \forall \begin{matrix} 0 < s_t < \tau(n) \\ \text{oder } \tau(n) < s_t < 0 \end{matrix} \\ T(n) + \sum_{i=0}^{N-2} \{ \text{sign}2[\text{sign}1(x(n+1) - x(n-i)) + \text{sign}1(x(n-i) - RW)] - \text{sign}2(\text{sign}1(x(n-i) - \\ -x(n-N+1)) + \text{sign}1(x(n-N+1) - RW)) \} & \forall \begin{matrix} 0 < \tau(n) < s_t \\ \text{oder } s_t < \tau(n) < 0 \end{matrix} \end{cases} \quad (8)$$

Für den relativen Trendwert ergibt sich:

$$\tau(n) = \frac{T(n)}{N(N-1)/2 + Nk(n) + k(n)(k(n)-1)/2} \quad (9)$$

Wenn das Signal wirklich einen großen Trend hat, ist der Trendwert auch mit dem längeren Fenster sehr groß. Im Vergleich dazu, ist der Trendwert der Störung auch bei einem längeren Fenster noch klein. Deshalb kann der Trend des Signals richtig entdeckt werden, während die Störungen unentdeckt bleiben.

Anwendung in der Brandentdeckung

Es ist bekannt, daß im Brandfall ein großer Trendwert nicht nur in einem Zeitpunkt erscheint, sondern über einen längeren Zeitraum hinweg. Im Vergleich dazu führt eine Störung nur kurzzeitig zu einen großen Trendwert. Deshalb sollte das Fenster für die Trendrechnung sich langsamer verlängern. Der folgende Algorithmus wird für die Anwendung in der automatischen Brandentdeckung eingeführt.

$$y(n) = \begin{cases} u(\tau(n) - s_a)u(k(n) - N_2) & \text{für positiven Trend} \\ u(s_a - \tau(n))u(k(n) - N_2) & \text{für negativen Trend} \end{cases} \quad (10)$$

Hier ist $y(n)$ der Ausgang eines Brandentdeckungssystems. Im Brandfall ist $y(n) = 1$, sonst ist $y(n) = 0$. s_a ist die Schwelle für den Trend und N_2 ist die Schwelle für die variable Fensterlänge $k(n)$. Wenn der Trendwert $\tau(n)$ die Schwelle s_t (in der Formel (6)) überschreitet, verlängert das Fenster sich automatisch von Stufe zu Stufe. Dauert der große Trendwert länger als N_2 Schritte, und ist gleichzeitig die Schwelle des Trend-Alarmes s_a auch überschritten, wird $y(n)$ zu 1, sonst zu null bestimmt.

Mit dem speziellen Trend-Detektor gibt es bei Situationen wie in Abb.5 keine Falschalarme mehr. Aber ein Signal wie in Abb.4 kann noch zu Falschalarmen führen. Mit einem großen Wert für s (in der Formel (3)), können auch diese Falschalarme verhindert werden, aber unter Umständen werden Schmelbrände nicht mehr entdeckt. Deshalb wird s nicht größer als $0.1RW$ gesetzt.

Der Detektor ist bereits umfangreichen Tests unterzogen worden. Tabelle 2 und Tabelle 3 zeigen die Ergebnisse (ausgedrückt über die mittlere Alarmzeit in Formel (10) von 6 Ionisationskammer-Sensoren in 6 verschiedenen Installationsorten^[5] und über die Anzahl der Falschalarme). Die Sensoren wurden in der Thyssen Stahlfabrik, im Duisburger Krankenhaus und in der Siemens Tiefgarage in 18 verschiedenen Umgebungen installiert^[5].

Tab.2 Mittlere Alarmzeit (in Sekunden) Anzahl Test Feuer: 45 für jeden Typ

	TF1	TF2	TF3	TF4	TF5	TF6
sensor 1	232	456*	280	129	99	---
sensor 2	229	511*	480	131	97	---
sensor 3	198	469	245	112	88	---
sensor 4	232	491*	245	129	99	---
sensor 5	251	579*	360	147	116	---
sensor 6	294	731*	657	173	142	---

$N=30, N_2=60, s_t = -0.7, s_a = -0.8, s_2 = 0.08RW$ * es gibt keinen Alarm.

Tab.3 Anzahl der Falschalarme

	anlage 1	anlage 6	anlage 8
sensor 1	0/1.72 Jahre	0/1.96 Jahre	0/1.53 Jahre
sensor 2	"	"	1/1.53 Jahre
sensor 3	"	"	0/1.53 Jahre
sensor 4	"	"	"
sensor 5	"	"	"
sensor 6	"	"	"

Zusammenfassung

Der Trend-Detektor ist bekannt in der Signal Entdeckung, aber er wird noch nicht in der Brandentdeckung benutzt, weil er zu viele Falschalarme produziert. Tatsächlich ist der Signaltrend im Brandfall ein spezieller Trend. Deshalb wird in diesem Artikel ein Detektor für den speziellen Trend vorgeschlagen.

Die Fensterlänge in der Trendrechnung ist ein sehr wichtiger Parameter. Der konventionelle Trend-Detektor benutzt eine konstante Fensterlänge. Aber in der Praxis wird ein variables Fenster gebraucht, weil mit einem kurzen Fenster der Brand schnell gefunden werden kann und mit einem langen Fenster die Störung verhindert werden kann. Der Trend-Detektor für den speziellen Trend wird daher mit einem variablen Fenster eingeführt.

Der Detektionsalgorithmus wurde umfangreichen Tests unterzogen. Die Ergebnisse zeigen, daß der Detektor die Testfeuer gut entdecken kann und eine niedrige Falschalarmrate hat.

Anerkennung

Diese Arbeit wurde am Institut für Nachrichtentechnik der Gerhard-Mercator-Universität-Gesamthochschule Duisburg durchgeführt. Der Autor möchte Herrn Prof. Dr. -Ing H. Luck herzlich für die Unterstützung und Herrn Dipl.-Ing. C. Kranz für die Hilfe danken.

References

- [1] J.D.Gibson & J.L.Melsa, "Introduction to Nonparametric Detection with Applications," Academic Press, New York, 1975
- [2] H.Luck, "Dedicated Detection Algorithm for Automatic Fire Detection," 3rd International Symposium on Fire Safety Science, Edinburg, July, 1991
- [3] M.Kendall, "Rank Correlation Methods," 4th ed. Ch. Griffin & Co. London, 1975
- [4] R.Siebel, "A Composite Detection Algorithm Using Signal Trend Information of Two Different Sensors," Fire Safety Journal, Vol. 17, 1991, pp.519-534
- [5] R.Siebel, J.Klose & O.Post "Aufnahme und Analyse unterschiedlicher Brandkenngrößenverläufe mit dem Ziel, durch angepaßte Detektionsalgorithmen die Eigenschaften automatischer Brandmeldeanlagen zu verbessern," Schlußbericht zum Forschungsprojekt vom Bundesminister für Forschung und Technologie, Universität Duisburg und Siemens AG, 1990

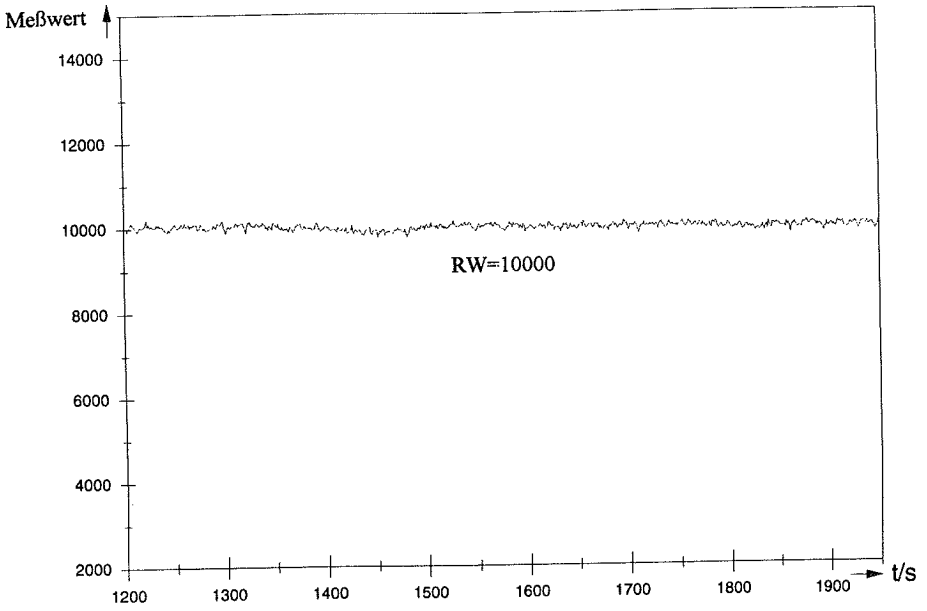


Abb.1 Der Ruhewertverlauf eines IK Rauchsensors

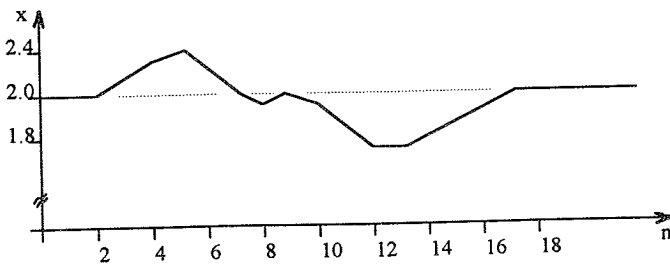


Abb.2 Ein Trend Signal und sein Ruhewert

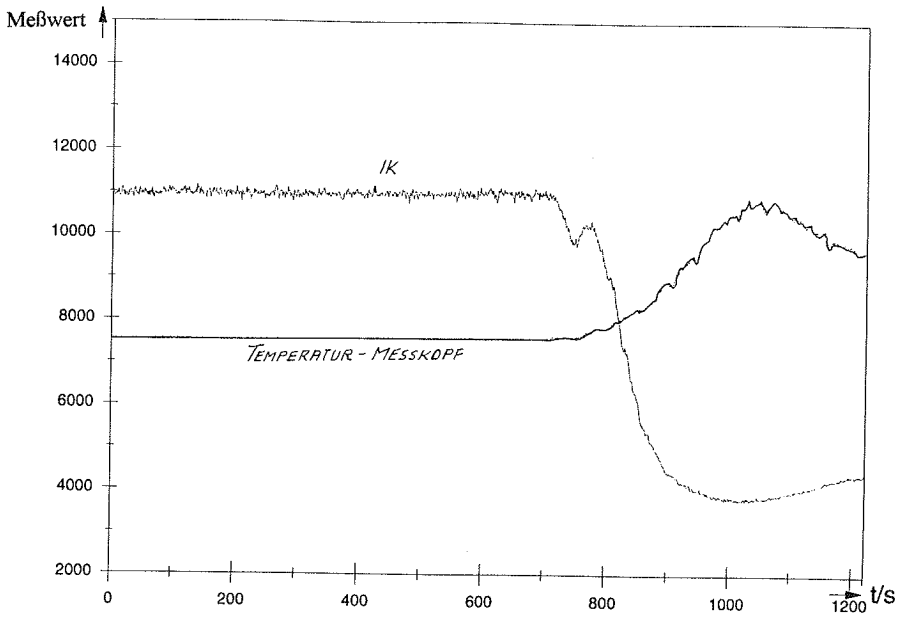


Abb.3 Die Signale einer IK und eines Temp. Meßkopfes im Brandfall

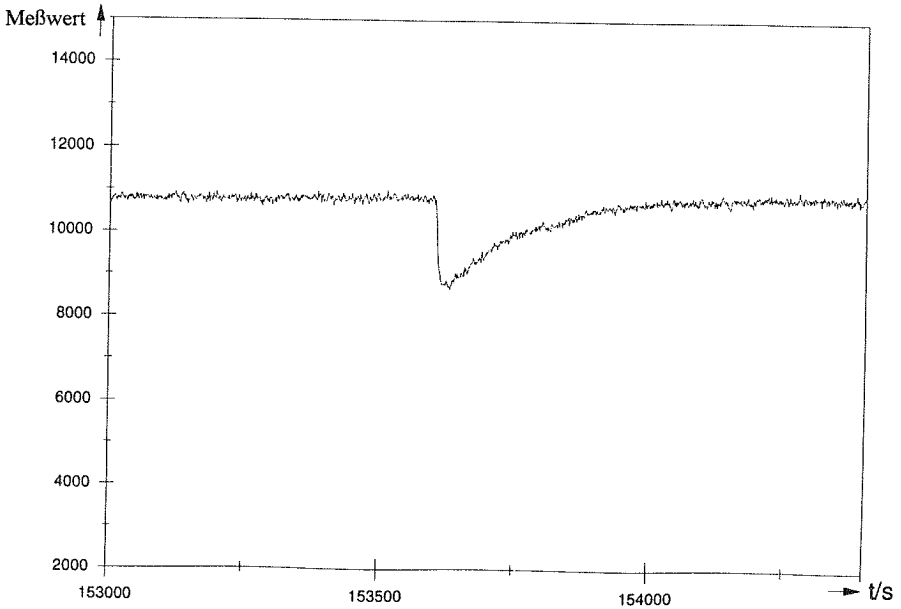


Abb.4 Ein Signal mit dem Trend der Types 2 im Nichtbrandfall

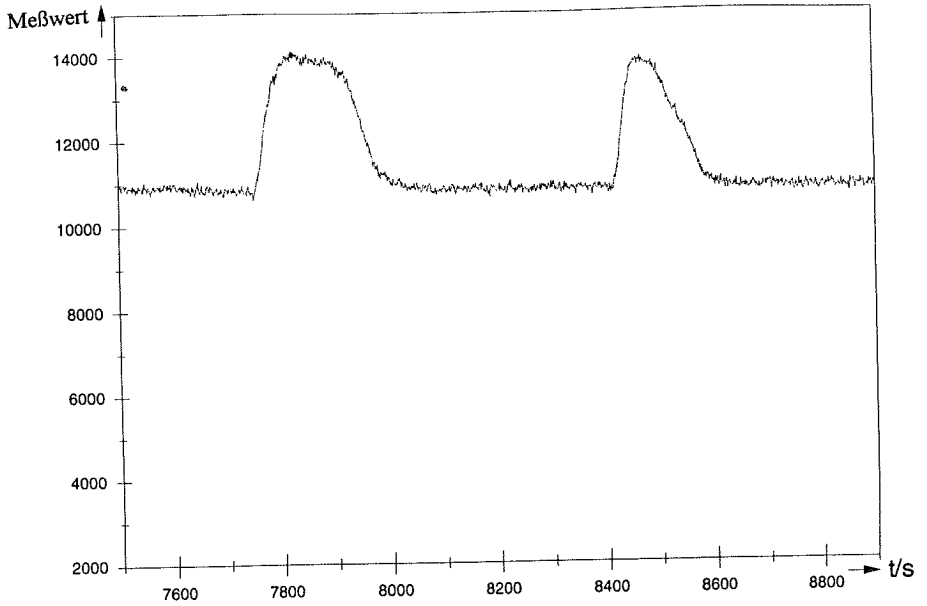


Abb.5 Ein Signal mit dem Trend der Types 1 im Nichtbrandfall

W.L. Grosshandler

National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA

Towards the Development of a Universal Fire Emulator/Detector Evaluator

Abstract

Past measurements are examined of CO, CO₂, H₂O, H₂, O₂, smoke and temperature produced in standard fires of the UL and EN type. Additional measurements just above the heat release zone are suggested to get a more complete footprint of each standard fire, and the concept of a universal fire emulator/detector evaluator (FE/DE) is introduced. The objective of the emulator is to produce more well controlled environments that eliminate the unavoidable run-to-run variations associated with full-scale tests. Numerical fluid dynamic computations are recommended to insert the fire source into the space being protected as a guide for detector placement and to predict system performance under realistic conditions.

Introduction and Background

The current generation of fire detection systems is designed to respond to the smoke, heat, or the electromagnetic radiation generated during smoldering and flaming combustion. Future developments in early warning fire detection are incumbent upon knowing what is unique about a fire as well as the means to measure those characteristics. The concept of a "fire signature" was defined by Custer and Bright [1] in their description of the state of fire detection in the early 1970s. Advances in sensing and signal processing have been many over the last two decades [2], but much remains unknown about what occurs early in an actual fire.

Organic compounds exposed to air will inevitably be converted to an equilibrium state consisting primarily of H₂O and CO₂, accompanied by the liberation of heat. At room temperature, solid phase carbon is predicted to form at equilibrium for fuel/air equivalence ratios greater than 1.3. Methane is the only additional gas phase product in excess of 5 ppmv formed from hydrocarbon combustion. If chlorine and sulfur are present, high levels of Cl₂ and condensed sulfuric acid are produced under lean conditions, SO₂ is plentiful near stoichiometric conditions, and H₂S and HCl are significant products for richer mixtures. Increasing temperature causes the equilibrium concentrations to shift towards smaller gaseous molecules. CO, H₂, and NO are formed in moderate levels only for temperatures in excess of 1500 K [3].

The actual concentration of a particular species in a fire is controlled by the rate of the competing chemical reactions. The kinetics are strongly influenced by the time since ignition

and the boundary conditions surrounding the fire. Even for the major products of combustion the time-dependent amounts cannot be predicted to a high degree of certainty from first principles. For trace species and compounds that are formed or destroyed slowly, one must rely on measurements in model systems to estimate what is likely to be formed in an actual fire. A more detailed discussion of these measurements can be found elsewhere [3].

During the early stages of a fire the chemical reactions controlling the source of heat and combustion products are usually confined to a volume around the point of ignition which is small relative to the room or space in need of protection. Outside of this volume the source of new chemical species can be neglected, and the source of energy is confined to radiation effects which are relatively small compared to conduction and convection. The momentum source is strongly influenced by the gravitational field and pressure gradients imposed at the boundaries, however, and cannot be neglected.

Approximate solutions to the equations governing the conservation of mass, momentum and energy for a limited number of highly restricted fires have been obtained using commercially available, fluid-dynamical partial-differential equation solvers [e.g., 4 and 5]. Increased computational power, a better understanding of turbulence transport, the desire to optimize the investment in fire detection and suppression systems, and the difficulty and expense of conducting full-scale tests will undoubtedly lead to the acceptance of numerical modeling as an integral tool for system design.

Fire Detection Standards

Standard test methods exist to ensure that a detector performs as designed in an actual fire situation. The test methods vary with the operating principle of the detector, and are generally classified as smoke detector standards, heat detector standards, carbon monoxide detector standards, and flame (or radiation) detector standards. Independent standards have been established by Underwriters Laboratory, Factory Mutual, and the European Committee for Standardization.

Underwriters Laboratory evaluates the performance of smoke detectors in reduced and full-scale chambers [6-8]. UL 217 and UL 268 utilize a 1.7 m long, 0.5 m wide and 0.5 m high test chamber into which smoke from a cotton lamp wick ("gray" smoke) and smoke from a kerosene lamp ("black" smoke) are introduced. The detector is mounted at the top of the chamber and a fan causes the smoke-laden air to flow past the detector at about 0.16 m/s. The concentration of smoke is controlled to produce an extinction coefficient between 0.007 and 0.15 m⁻¹. A wind tunnel is used for UL 268A to simulate flow through a 0.3 m square duct

at speeds between 0.1 and 1.7 m/s. Smoke is created by heating ponderosa pine sticks on a hot plate and by burning a small pool of heptane.

Five different sources are used to represent fires in a room which is 11 m long, 7 m wide and 3 m high, according to UL 217 and UL 268 (UL 268A does not require this test). The fire is located 1 m off the floor and the detectors are placed near the ceiling about 5.4 m from the centerline of the fire. In test A, 42 g of shredded newsprint is ignited in a metal container; test B is a flaming fire of douglas fir strips in a crib orientation with overall dimensions of 0.15 m by 0.15 m by 62 mm high; 30 ml of gasoline in a small pan is used in test C; a wire mesh cylinder is used to hold 28 g of flaming polystyrene foam packing in test D. The maximum allowed time for the detector to respond in each of these flaming tests varies from four minutes for fire A to two minutes for D. Test E is a smoldering fire, created by placing ten ponderosa pine sticks on a hot plate. Seventy minutes is the allowed response time for this threat.

Sensitivity to typical aerosols formed during cooking is checked in UL 217 by exposing the detector in a 0.9 m high by 0.4 m square chamber to the emissions from 50 g of animal fat, 50 g of vegetable fat and 100 g of beef gravy vaporizing on a hot plate. The smoke detector is not to activate in this situation.

The Factory Mutual smoke detector standard [9] does not specify a fire test. In this test series, smoldering cotton rope is the smoke source. The requirement is that the detector must activate before the extinction coefficient of the smoke reaches 0.13 m^{-1} .

The European standard, EN 54 Part 7 [12], subjects smoke detectors to fires within a full-scale room and to a prescribed paraffin oil aerosol in a wind tunnel. The room is 9 to 11 m in length, 6 to 8 m in width, and about 4 m high. Different test fires (described in EN 54 Part 9 [14]) are located at the center of the room near the floor, and the detectors are placed on the flat ceiling, 3 m from the centerline of the fire. A smoldering pyrolysis fire (TF 2) is created by heating 24 beechwood sticks (10 mm x 20 mm x 3.5 mm) on a hot plate which is capable of attaining 600 °C within 11 minutes after the power is turned on. The test is terminated after flaming begins. A second smoldering fire test (TF 3) consists of 90 pieces of cotton wick 0.8 m long, with a total mass of 270 g. Three sheets of polyurethane foam, each 0.5 m x 0.5 m x 20 mm, are placed on top of each other and ignited with 5 ml of alcohol in TF 4. The final test (TF 5) uses 650 g of a heptane/toluene mixture which is ignited in a 0.33 m square pool. In each fire test the detector must respond before 60 to 80% of the fuel has been consumed.

The response threshold level of the smoke detector is measured in a wind tunnel as

specified in EN 54 Part 7. The velocity is set at 0.2 m/s, and a mist of paraffin oil (index of refraction equal to about 1.4) is introduced to produce a polydisperse aerosol with maximum size droplets between 0.5 and 1.0 μm in diameter.

UL 521 [15] applies to heat detectors for fire protective signaling systems intended to be installed in ordinary indoor and outdoor locations. UL 539 [16] applies to heat activated, mechanically or gas operated heat detectors intended for indoor installation. It does not cover electrically operated heat detectors. The equipment in both standards is exposed to a heat bath and a fire in a standard room. Fixed temperature heat detectors are submerged in a temperature controlled oven filled with water, oil or air. The bath temperature is then increased in 0.6 $^{\circ}\text{C}$ increments until the detector activates. The temperature of the bath at the time of detector operation must be within the rated operating limits. Heat detectors are also tested in a chamber 0.8 m long, 0.25 m wide and 0.4 m high in which the air flow is maintained at about 1.2 m/s and the temperature is increased at a prescribed rate. Rate-of-rise heat detectors must respond when exposed to their designed gradient, and should not activate when exposed to a change in temperature at a rate less than 0.11 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ until a temperature of 55 $^{\circ}\text{C}$ is reached.

The UL fire test occurs in a room 18 m on a side with a smooth ceiling 4.8 m high. The test fire is located in the center of the room, and the detectors are spaced at 3 m intervals beginning 6 m from the fire centerline. The fuel is ethanol which is placed in a metal pan. The amount used is varied to control the temperature gradient. The minimum performance criterion is tied to the operating time of a sprinkler which would be used to protect the same space. The detector must activate within 130 s after ignition.

FM 3210 [17] does not require a specific oven or fire test. It does require that all fixed temperature heat detectors operate within 3% of their intended activation temperature, and at least as quickly as comparably rated sprinklers under similar conditions. All rate-of-rise heat detectors are required to operate at rates between 0.14 and 0.23 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$.

Independent of the heat sensing element design, the same test facility is used in EN 54 Parts 5, 6, and 8 [10, 11, 13]. A wind tunnel produces an average air velocity of 0.8 m/s across a square cross-sectional area 0.25 to 0.30 m on a side. The detector being evaluated is mounted on the inner top surface of the test section and the temperature of the air is increased (with an electric heater) at a specified rate controllable between 0.017 and 0.50 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$, with the capability of reaching a maximum temperature of 170 $^{\circ}\text{C}$ while maintaining a constant air velocity. The detector is classified according to a response grade and activation period within the tunnel test.

Only one CO standard was uncovered in this review, UL 2034 [18]. The intent of this

standard is to cover electrically operated devices designed to protect ordinary locations of family living units, including recreational vehicles and mobile homes, from excessive levels of CO produced in combustion engine exhausts, fireplaces, and abnormal operation of fuel-fired appliances. Carbon monoxide produced in an unwanted fire is not an excluded source, but fire detection is not specifically mentioned as an intended use.

The detector is tested in a 0.75 m³ chamber in which the air temperature, humidity, oxygen and CO concentrations can be monitored. Carbon monoxide is piped into the chamber and slowly circulated to give a uniform concentration of 100 ppm. This concentration must be established within ten minutes after the start of the test. Additional tests are run with concentrations of 200 and 400 ppm. The selectivity is checked by exposing the CO detector to various concentrations of other gases. In addition, the response of the CO detector to smoke is checked using the chamber described in UL 217. At no time during any of the selectivity tests should the CO detector activate.

The detection of the build up of gaseous fuel vapors is used for explosion protection systems, but no UL standard exists for evaluating the performance of fuel gas detectors for fire detection purposes. NFPA Standard 72 [19] does recognize a role for these types of devices but provides no guidance for testing them in a fire situation. The same statement can be made about other gaseous products of combustion (including CO).

Guidelines are being written by the European standards technical committee for the use of flame detectors in buildings. Testing is to be based upon the same series of fires as is used for smoke detectors (TF1 through TF5).

Chapter 5 of NFPA Standard 72 covers radiation detectors as a category, which includes systems designed to monitor sparks, embers and flames. NFPA states that the detector must be chosen according to the application intended, and refers to parameters such as source wavelength, intensity, and distance from the sensing element. No standard fires to evaluate the performance of the detectors are specified. Radiation-type fire detection devices are not included in Underwriters Laboratories Standards for Safety. Factory Mutual approves these devices based upon standard procedure 3260 [20].

Standard Fire Signatures

The products of combustion formed in the different testing arrangements discussed above encompass most of what is likely to be emitted in the early stages of a fire. Because no two unwanted fires are alike in all aspects, the quantities and rates of production of heat and chemical species vary significantly, making generalization difficult. Added to this is a

randomness associated with detector placement vis a vis the source of ignition and initial fire growth. The deterministic aspects of fire generated products needs to be separated from stochastic, geometric vagaries.

The fires prescribed in the UL and EN standards have been chosen ad hoc to produce a range of conditions over which current smoke and heat detectors are likely to be exposed. The fires have not been scientifically established as representing any actual event, but are accepted by consensus as being reasonable models. While the fuel, ignition and duration of the fire is specified, the heat release rate and the products of combustion are variables which are not independently controlled, but which define the unique signature of any one of them.

A limited amount of data has been taken to characterize these fires. Pfister [21] examined the time-varying composition at the ceiling above the center of five fires ignited in a standard EN 54 room. An open wood fire, a non-flaming wood fire (TF2), a smoldering cotton wick (TF3), a nonflaming paper fire (UL 217), and an overheated transformer test developed by Cerberus were chosen for the investigation. The open wood fire was designed after TF1 in EN54 Part 9 [14]. Measurements were made of CO, CO₂, H₂, and total hydrocarbons in each of these fires, and the alarm points of radiation, ionization, thermal, and light scattering detectors were noted.

Peak CO levels exceeded the maximum range of the measuring instrument (100 ppmv) in all cases, CO₂ was of the order of 1000 ppmv, and the hydrogen and hydrocarbon levels each averaged close to 45 ppmv in these tests. The average times required to reach the maxima varied with the test, ranging from around 180 s for the overheated transformer to over 600 s for the pyrolyzing wood. In some cases the test was terminated before the peak was reached either because the specified mass of fuel had been consumed or the mode of combustion changed (i.e., from smoldering to flaming). No radiation nor temperature measurements were reported; however, the thermal detector responded only for the flaming wood test, and the radiation detector reached the alarm state in all but the smoldering cotton test.

Jackson and Robins [22] recently reported measurements that they made in the standard EN fires, including an ethanol pool fire designated as TF6. Gases were sampled at the ceiling, 3 m from the centerline of the fire, which is where the detector is located using the standard EN method. In addition to CO, they measured the change in relative humidity, oxygen level and gas temperature as a function of time after ignition, and also kept track of the fuel which was consumed. Optical and ionization detectors were used to monitor the smoke density. The flaming fires produced between 16 and 46 ppmv CO, and the smoldering fires produced about eight times more. Only the smoldering cotton and flaming wood formed measurable amounts

Table 1. Approximate fuel loss and heat release rates of standard fire tests.

Test Fire	Fuel (density, kg/m ³)	Enthalpy of Combustion	Initial Mass	Consumption Rate	Average Heat Release Rate	Max. Heat Release Rate
TF 1	beechwood (80)	20.7 MJ/kg	2.8 kg	2.7 g/s	56 kW	145 kW
TF 2	beechwood (80)	20.7 MJ/kg	0.13 kg	0.11 g/s	2.3 kW	3.8 kW
TF 3	cotton	16.7 MJ/kg	0.27 kg	0.19 g/s	3.2 kW	3.6 kW
TF 4	polyurethane (20)	25.6 MJ/kg	0.30 kg	1.2 g/s	30 kW	84 kW
TF 5	heptane	48.5 MJ/kg	0.65 kg	3.1 g/s	150 kW	214 kW
TF 6	ethanol	29.7 MJ/kg	2.0 kg	4.0 g/s	120 kW	125 kW
UL A	newsprint	17.5 MJ/kg	0.043 kg	0.18 g/s	3.2 kW	--
UL B	dry firwood	21 MJ/kg	0.593 kg	2.5 g/s	52 kW	--
UL C	gasoline	47.7 MJ/kg	0.025 kg	0.13 g/s	6.2 kW	--
UL D	polystyrene (30)	25.5 MJ/kg	0.025 kg	0.20 g.s	5.1 kW	--

of H₂. No significant changes in temperature, relative humidity or oxygen levels were measured in the wood pyrolysis and smoldering cotton tests. The highest extinction coefficient was measured in the smoldering fires and the minimum in the alcohol fire. Polyurethane was consumed fastest (1.1%/s); the smoldering fuels were gasified at a rate about ten times slower.

By examining the values measured in the above experiments, one gets a feel for the wide range of conditions to which a fire detector is expected to respond [3]. The concentration of CO often exceeds 100 ppmv, and in no case does it not exceed 20 ppmv; however, the times required to attain this threshold vary from 20 s to 500 s. Hydrogen levels are more difficult to predict. Some fires produce no measurable H₂, while in one test more than 100 ppmv was measured. The high rates of temperature rise exhibited by the polyurethane and liquid pool fires are due to the much greater heat release rates when compared to TF1-TF3.

Heat release rates can be calculated from the mass loss data once the initial mass and an energy density are known. Table 1 includes an estimate of the initial mass based upon the description of the test fires in EN 54. Also included are estimates of the mass of fuel and average heat release rates for the UL test fires. The UL fires can be seen to involve considerably less fuel than the EN fires. The average heat release rates over the duration of the tests vary between 2.3 kW for the smoldering wood (TF 2) and 130 kW for the heptane pool fire, TF 5. The heat release rate reaches its peak near the end of each test, which, for the

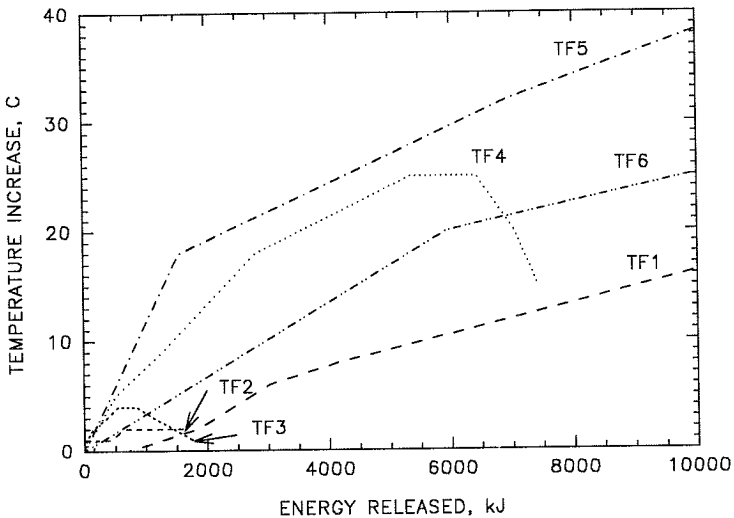


Figure 1. Temperature increases measured in test fires of [22] vs energy released.

polyurethane fire, was almost three times higher than the average.

Voigt and Avlund [23] reported the mass consumed in fires designed after the TF series but run in a room of different geometry, and reported the time required to consume the prescribed amount of fuel to be higher than that found by Jackson and Robins [22]. An exception was the polyurethane, which has been attributed to differences in composition and the point of ignition. The average heat release rates in this earlier study were 48, 1.1, 1.4, 44, 131, and 119 kW, respectively, for the TF 1 through TF 6 fires.

Grosshandler [3] plotted the mass loss as a function of time for the EN fires of Jackson and Robins [22]. Using these instantaneous consumption rates and the heating value of the fuel, the temperature increase as a function of the energy released is shown in Fig. 1. Note that TF 1 and TF 4 have been corrected for the energy content in the 5 ml of ethanol used for ignition purposes. The spread in temperatures is greatly reduced by using energy scaling, with the early stages of the smoldering fires behaving similarly to the liquid and plastic flaming fires. The temperature increases much less steeply in the flaming wood fire, which might be attributable to water loss and endothermic reactions early in the heating.

Figures 2 and 3 compare the CO and H₂ concentrations as a function of the mass of C

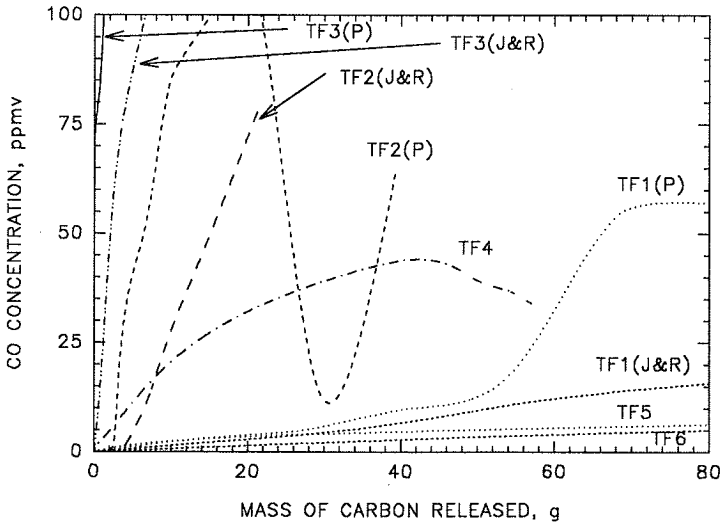


Figure 2. CO emissions measured in [21] and [22] vs estimated mass of carbon consumed.

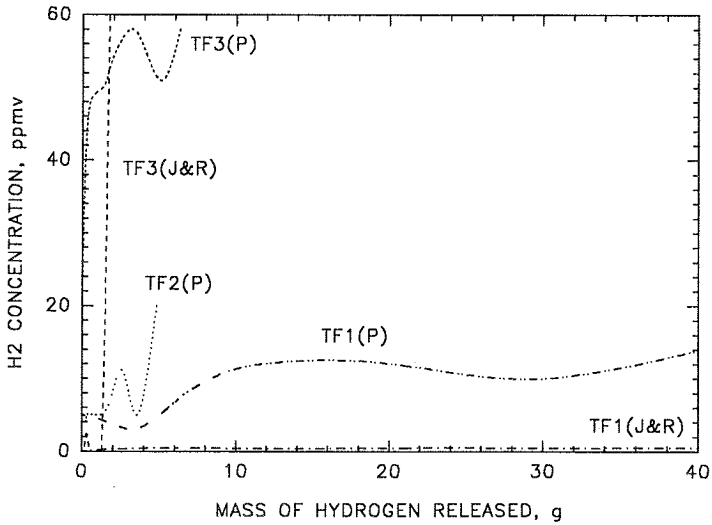


Figure 3. H₂ emissions measured in [21] and [22] vs estimated mass of hydrogen consumed.

or H released. This is estimated from the mass loss assuming the following weight percentages in the different nonhomogeneous fuels: wood - 49% C, 6% H, 44% O, 0.7% N; cotton - 44% C, 6% H, 49% O; and polyurethane - 20% C, 2% H, 54% O, 24% N. The grouping of the smoldering fires and the flaming fires is more evident when scaled with mass loss rather than when plotted versus time [3]. The flaming wood and liquid fires produce approximately the same amount of CO during the early portion of the event. The polyurethane is in between, producing early CO levels similar to the smoldering situation and later levels closer to the less sooty flaming fuels.

The concentrations measured by Pfister [21] (indicated with a "P" in Figs. 2 and 3) are considerably higher than the values measured by Jackson and Robins [22] (J&R). The latter authors attribute this to the increased distance from the fire that their sampling probe was located. Taking 20 ppmv as a threshold for CO, the additional time required to reach the probe located 3 m off of the centerline ranges between 85 and 150 s. It takes about 180 s for similar amounts of H₂ to be detected in TF 3. If convection can explain the differences, then the velocities at the ceiling must be between 0.017 and 0.035 m/s.

A difference in position can not explain all the observed behavior because the hotter flaming wood fire generates a much higher buoyant flow, but the time lag in the TF 1 fire is greater than in the cooler smoldering cotton fire, TF 3. Also one would expect the velocity of the hydrogen to be, on average, higher than the CO because of the buoyant forces on the very light molecules. But the H₂ time lag is larger than the CO time lag. If, on the other hand, the sampling volume in Pfister's experiments was closer to the ceiling, the structure of the boundary layer would suggest that the local concentration of combustion products would be higher. The strong tendency for hydrogen to diffuse laterally as well as in the streamwise direction would contribute to the lower readings experienced by Jackson and Robins. It could also be that the differences are due almost entirely to experimental variation. There were no replicates reported in either article so that it is not possible to assess the magnitude of this effect.

Future Directions

The choice of candidate chemical species and physical responses to detect a fire in an early stage is large. The measurements made over the past decades indicate where one should be looking. Temperature rise, infrared radiation, CO₂ and H₂O always accompany the fire in abundance. Carbon monoxide and smoke can also be counted upon, but the quantities vary considerably with fire type. Hydrogen, a number of low and high molecular weight organics, NO, HCl, and SO₂ will be present in many situations in detectable levels, but are strongly fuel

and fire dependent. The visible and uv portions of the electromagnetic spectrum and acoustic radiation may provide useful auxiliary signatures for specialized detection situations.

What is needed is a test protocol which will permit fire sensor designs to be evaluated and compared in a uniform manner. The relevant aspects of the test must be tightly controlled and highly repeatable, and not restrict new technologies or innovation. The procedures must be thoroughly documented to allow any interested laboratory to duplicate a test with no change in outcome. The following critical milestones can be identified on the way to developing an appropriate protocol:

1. Characterize the types of fires one wishes to detect.
2. Develop a suite of laboratory fires which captures the essence of the threats.
3. Measure all significant physical and chemical parameters in these laboratory fires and quantify the mean, standard deviation, and frequency response of each as a function of time.
4. Design a facility to generate the key chemical and physical responses to emulate the suite of fires.
5. Mathematically model the space to be protected to determine the stimulus created by the fire at the desired site of detector placement.
6. Measure the response of the detector to the fire emulator which has been programmed to simulate the stimulus at the detector site.

Step 1 may vary with one's perspective, but general consensus has been obtained within the European Community that the six fires described in EN 54 part 9 do capture the essence of many expected threats. The test fires include synthetic and natural fuels, liquid and solid fuels, smoldering and flaming conditions, heavy and light smoke levels, and a variety of heat release rates. Additional tests are required to simulate fires in electrical equipment, and fuels which contain elements other than C, H, O, and N (e.g., F, Cl, Br, and S).

The published measurements of species concentration and temperatures in the EN 54 test fires [21, 22] are a valuable step towards milestone 3. Additional measurements should focus in the region close to the fire origin but outside the exothermic reaction zone. The hypothesis is that each fire can be considered a source of momentum, heat and chemical species which grows in a unique manner, and that no further chemical reactions occur among the gases or condensed matter beyond a well defined point in the plume. This implies that the species, velocity and energy fields can be predicted throughout the room using conventional computational fluid dynamics.

For the pool fires (TF 4 through 6), the well defined point lies between two and five

pool diameters above the surface. The fires with wood and cotton will need to be examined closer to the source. Care is necessary to maintain a consistent ignition sequence, fuel source (especially density and water content), and to eliminate external air currents and wall effects. There is no advantage to conduct the experiments in the EN 54 standard room. For each fire configuration the following parameters need to be measured in order to properly specify the source: fuel weight loss; temperature; vertical and horizontal components of velocity; CO₂, H₂O, CO, H₂, unburnt hydrocarbons, NO and O₂; scattering coefficient, absorption coefficient, and particle size distribution; uv, visible and ir intensity distribution; and acoustic intensity distribution. The measurements should be repeated enough times to generate meaningful uncertainty statistics.

With the signature of each designer fire established, the range of composition, temperature, radiation levels, and velocities likely to be encountered in the field can be determined with the aid of computational fluid dynamics. The task of actually designing the fire emulator can then begin. Two basic units are envisioned: one for point detectors which builds upon the closed circuit wind tunnel designs described in EN 54 parts 5 through 8; and a second for line or volume detectors which uses a buoyant, free jet.

To be complete, similar measurements of non-fire nuisance sources are required in order to discriminate between a fire and non-threatening situation with a high degree of certainty. Once developed, a universal fire emulator/detector evaluator (FE/DE) could be programmed to emulate either a fire or interfering signal. This would then provide a reliable test bed for signal processing algorithms as well as system hardware. Support for such a facility and the general approach is sought from the fire protection industry and regulating organizations.

References

1. Custer, R.L.P., and Bright, R.G., *Fire Detection: The State-of-the-Art*, NBS Technical Note 839, U.S. Department of Commerce, June 1974.
2. Grosshandler, W.L., "An Assessment of Technologies for Advanced Fire Detection," *Heat and Mass Transfer in Fire and Combustion Systems*, HTD-vol. 223, pp. 1-10, ASME, Dec. '92.
3. Grosshandler, W.L., "A Review of Measurements and Candidate Signatures for Early Fire Detection," NISTIR 5555, Nat. Inst. of Stand. and Tech., Gaithersburg, MD, January 1995.
4. Satoh, K., "Study of Early and Reliable Fire Detection in Air-conditioned Rooms," *Fire Safety Science - Proceeding of the Fourth International Symposium*, T. Kashiwagi, ed., IAFSS, USA, pp. 173-184, 1994.
5. Forney, G.P., Bukowski, R.W., and Davis, W.D., *International Fire Detection Research*

- Project - Field Modeling: Effects of Flat Beamed Ceilings on Detector and Sprinkler Response*, Technical Report Year 1, National Fire Protection Research Foundation, Quincy, MA, Oct. '93.
6. *UL 217: Standard for Single and Multiple Station Smoke Detectors*, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook IL, 1993.
 7. *UL 268: Standard for Smoke Detectors for Fire Protective Signaling Systems*, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook IL, 1989.
 8. *UL 268A: Standard for Smoke Detectors for Duct Application*, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook IL, 1993.
 9. Factory Mutual Research, *Smoke Actuated Detection for Automatic Fire Alarm Signalling, Class Numbers 3230 to 3250*.
 10. *EN 54: Components of Automatic Fire Detection Systems*, European Committee for Standardization, Part 5, 1977.
 11. *ibid*, Part 6, 1982.
 12. *ibid*, Part 7, 1988.
 13. *ibid*, Part 8, 1988.
 14. *ibid*, Part 9, 1982.
 15. *UL 521: Heat Detection for Fire Protective Signaling Systems*, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook IL, 1993.
 16. *UL 539: Single and Multiple Station Heat Detectors*, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook IL, 1991.
 17. Factory Mutual Research, *Thermostats for Automatic Fire Detection, Class Number 3210*.
 18. *UL 2034: Single and Multiple Station Carbon Monoxide Detectors*, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook IL, April 1992.
 19. *National Fire Codes*, vol. 4, Section 72, Chapter 5, "Initiating Devices," National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1994.
 20. Factory Mutual Research, *Flame Radiation Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling, Class Number 3260*, February 1977.
 21. Pfister, G., *Fire Safety Journal* 6, 165-174 (1983).
 22. Jackson, M.A., and Robins, I., *Fire Safety Journal* 22, 181-205 (1994).
 23. Voigt, H., and Avlund, M., *Standardized Smoke: Problems Related to Generation of Smoke with Properties as Specified in New European Draft Standards for Automatic Smoke Detectors, prEN54 Part 7 and 9*, Report #ECR-94, Danish Research Center for Applied Electronics, Hoersholm, June 1980.

G. MOLIERE

CENTRE NATIONAL DE PREVENTION ET DE PROTECTION
(CNPP) - VERNON - FRANCE

**LES GENERATEURS D'AEROSOLS UTILISES POUR LA RECEPTION DES
INSTALLATIONS DE DETECTION INCENDIE**

**THE AEROSOL GENERATORS USED FOR THE RECEPTION OF FIRE
DETECTION INSTALLATIONS**

ABSTRACT

Fire detection installations have always been tested and accepted in France, according to standard fires defined in texts elaborated by the insurers or for public markets.

Though we are undoubtedly sure that using approved fire detectors well adapted to the risks is a guarantee of their efficiency, several examples have revealed that the environment of these detectors can improve or disturb their functioning.

Without going against this principle, the use of test fires bring some difficulties in the carrying out and meet in certain cases important disadvantages (air pollution - a danger for the health of technicians). For many years we have been searching for a substitution to these test fires. Studies on these generators for 5 years have led to select appliances whose characteristics allow a satisfying duplication of the test fires without the above quoted disadvantages.

The aim of this publication is to give you the outcomes obtained in the laboratories as well as in the in-situ (systematic use of this generator by important companies)

INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années on assiste à un fort développement des techniques permettant d'assurer la sécurité incendie des bâtiments. La détection incendie participe à cette croissance notamment dans les établissements recevant du public où la découverte précoce d'un feu concourt à assurer la sauvegarde des vies humaines.

Sans vouloir polémiquer sur la dualité des techniques de détection et d'extinction automatique à eau où le choix est souvent le facteur économique ; il faut, cependant apprécier et sélectionner la détection chaque fois que la précocité d'efficacité est recherchée.

La précocité se caractérise par deux paramètres complémentaires :

- la capacité des détecteurs à réagir à un ou plusieurs phénomènes qui accompagne l'incendie (chaleur, types de fumée, type de flammes),
- la sensibilité des détecteurs en fonction de l'importance du phénomène source.

En d'autre terme la précocité est une mesure de niveau de performance de toute installation de détection incendie pour une quantité déterminée de matière brûlée (nombre, volume, masse, etc...).

La caractérisation de la précocité est essentielle car elle justifie tout l'intérêt de cette technique par rapport aux autres moyens de sécurité. En effet la détection d'un feu, dans sa phase préliminaire, provoque efficacement l'évacuation des personnes, déclenche la mise en sécurité du bâtiment (compartimentage et désenfumage) et facilite l'intervention par repérage du lieu du sinistre et, tout en mettant en oeuvre de moyens d'extinction adéquats.

Pour atteindre cet objectif les installations de détection incendie doivent être réalisées selon des règles pour la plupart d'origine Assurance. En fonction du types de détection, elles définissent des exigences d'implantation selon la géométrie des plafonds et le nombre de détecteurs par unité de surface de

base. Cette surface est elle-même déterminée en fonction de la géométrie des locaux et surtout par rapport au niveau de risque acceptable pour un local caractérisé.

Cependant ces règles ne peuvent prétendre s'appliquer à toutes les situations. En effet, les géomètres de locaux et les ambiances décrites par les règles ne sont pas exhaustives et exclusives. Il est parfois difficile de se référer aux règles d'autant plus que les éléments intérieurs et les modes d'exploitation des locaux peuvent également influencer fortement sur la répartition des détecteurs dans les locaux.

Dans ces cas particuliers il appartient à l'installateur de définir la position et le nombre de détecteurs dans les locaux et de faire la preuve d'efficacité de sa réalisation. Pour cela les règles définissent des foyers types de contrôle qui permettront de s'assurer du fonctionnement de l'installation pour un niveau de précocité défini au préalable.

La réalisation de foyers types est fréquente en France lors de la réception des installations d'autant que les installateurs ne respectent pas la condition de surface maximale surveillée par détecteur définie par les règles.

Toute dérogation implique donc la réalisation de foyers types de vérification du niveau de performance des installations.

I - FOYERS TYPES

Les règles d'installation proposent différents foyers types dont l'emploi sera en adéquation avec les types de détecteurs installés dans les locaux. Par exemple, toute installation dotée de détecteurs à ionisation sera vérifiée pour un foyer type constituée de plaques de mousse de polyuréthane.

Les quantités de matière combustible sera définie en fonction du niveau de performance recherchée pour la détection d'un feu.

Dans la pratique, l'emploi de foyers types s'accompagne de quelques difficultés qui parfois rendent réhibitoires leur mise en oeuvre :

- 1) Certains locaux ne peuvent accepter dans leur ambiance des particules de fumée qui pourraient provoquer des défaillances ou des pollutions néfastes de l'activité.
- 2) La mise en oeuvre des foyers types n'est pas toujours aisée. Elle implique des précautions parfois draconiennes, pour éviter des dégâts entraînés par la combustion.
La configuration exigüe de certains lieux et de type de matière entreposée interdisent parfois l'emploi de foyers types.
- 3) La reproductibilité des foyers types qui dépend de leur mise en oeuvre et de la qualité des combustibles ne peut être garantie.
Nous avons constaté que le vieillissement des plaques de mousse de polyuréthane modifiait particulièrement leur comportement au feu. Il était parfois nécessaire de doubler les quantités de matière pour obtenir les paramètres du feu (m/y) selon la norme **EN partie 9 « Essais de sensibilité sur foyers types »** (1).
- 4) Certains organismes chargés de la santé des personnes au travail s'interrogent sur la nocivité de certains foyers vis à vis du personnel qui assure, de façon répétitive leur mise en oeuvre.

II - SUBSTITUTION DES FOYERS TYPES

Les difficultés engendrées par la mise en oeuvre de combustibles pour valider l'implantation des détecteurs ont amenés une entreprise, avec le soutien du laboratoire d'aérologie de l'Université de Toulouse, à développer un générateur d'aérosols artificiels de combustion capable de remplacer les foyers types applicables pour les détecteurs de fumée.

Compte tenu de l'utilisation in situ de ce générateur, les professionnels de la détection d'incendie élaborèrent un cahier des charges de validation de cet appareil caractérisé par trois exigences :

- 1) l'aérosol ne doit pas présenter de nuisances pour la santé des personnes, ainsi que pour les équipements et activités,
- 2) la répartition granulométrique des aérosols émis doit se situer dans le même domaine que ceux produits par les foyers types,
- 3) les paramètres « m et y » décrits par la norme **EN 54 partie 9** pour différents foyers soient obtenus (1).

II A - Caractérisation du produit de substitution

Le produit utilisé, huile de paraffine dont les caractéristiques sont fournies en annexe couramment utilisé dans le domaine alimentaire, ne présente aucun risque pour les personnes et l'environnement.

II B - Caractérisation de l'aérosol

L'Université de Toulouse procéda aux mesures de spectres granulométriques des aérosols produits par pulvérisation du fluide à partir d'un générateur disposant de moyens permettant de modifier les caractéristiques des particules en nombre par unité de volume et en taille.

La description des aérosols ne peut se faire que d'un point de vue statistique et les appareils de mesure permettent d'établir des courbes granulométriques exprimées :

- en nombre $f(D) = \Delta N (\Delta \log D)^{-1}$

- en surface $f(D) = \Delta S (\Delta \log D)^{-1}$

N nombre de particules par cm^3 se situant dans l'intervalle $\Delta \log D$.

S surface de particule par cm^3 se situant dans l'intervalle $\Delta \log D$.

De la répartition granulométrique des aérosols on peut déduire :

- le ϕ moyen en nombre surfacique,
- la concentration totale de particules (cm^{-3}),
- la surface totale de l'aérosol ($\mu\text{m}^2 \cdot \text{cm}^{-3}$).

Sur la base, notamment, des études menées en 1978 sur les aérosols de combustion (2-3-4) aboutissant à la définition d'une courbe enveloppe (figure 1) à l'intérieur de laquelle toute distribution d'aérosols issus de

combustion doit se situer, les travaux de recherche ont consisté à produire des aérosols compatibles avec cette courbe.

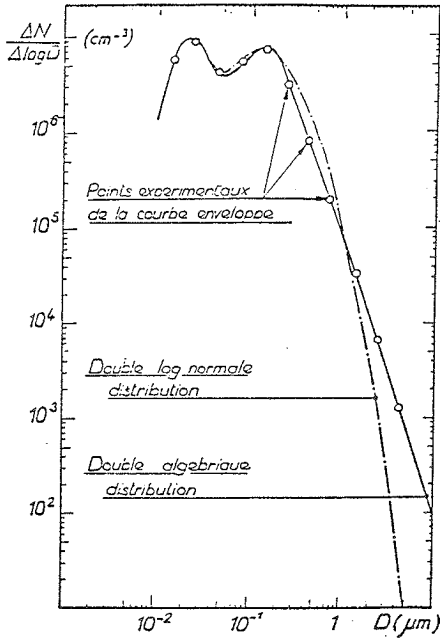


Figure 1 - Courbe enveloppe

Le générateur de base est constitué d'un réservoir contenant l'huile de paraffine, d'un propulseur à CO_2 et d'un élément chauffant de l'huile afin de créer une nébulisation du produit à partir d'un tube capillaire. L'aérosol ainsi généré passe à travers un serpentin thermostaté qui se termine par un gicleur de diamètre variable (figure 2).

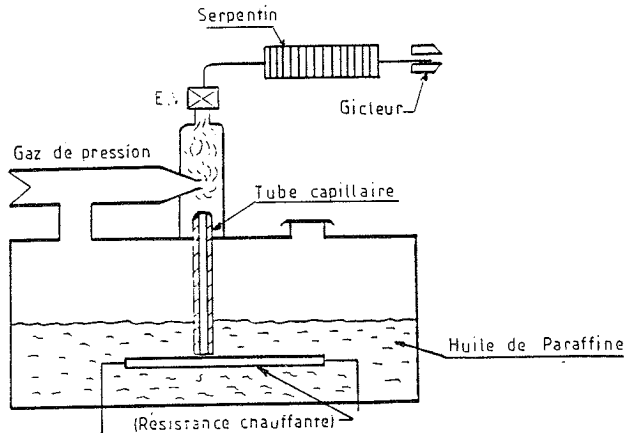


Figure 2

Les résultats des travaux montrent que le spectre granulométrique obtenu s'inscrit dans la courbe enveloppe et correspond sensiblement à une fonction log-normale. Seul le diamètre du gicleur a par contre une influence sur la distribution granulométrique (5).

II C - Caractérisation du générateur

Suite à l'étude préliminaire de sélection du type de fluide pour générer les aérosols il a été nécessaire de vérifier l'efficacité du générateur en corrélation avec les foyers types décrits par les règles d'installation.

Diverses séries d'essais de simulation de foyers types ont été effectués en vue de caractériser l'évolution des paramètres m et y en fonction du temps dans un local répondant à la norme EN 54 partie 9 (1).

Le générateur final (photos 1 et 2) dispose d'une cheminée pour propulser les aérosols jusqu'à la hauteur sous plafond de 4 m et d'un séquenceur pour maintenir la constance du rapport m/y selon les courbes des différents foyers simulés.

On constate que la pression du gaz de propulsion des aérosols à la sortie du tube capillaire n'a pas d'influence sur les résultats et conformément à l'étude préliminaire menée à l'Université, seul le diamètre du gicleur modifie le rapport m/y pour une puissance de chauffe déterminée.

Jusqu'à présent tous les foyers de mousse polyuréthane et bûchettes de hêtres sont correctes ainsi que divers foyers selon la règle d'installation française des Assurances et des règles particulières.

La démarche d'étude consiste à réaliser les foyers types en mesurant les paramètres de feu et rechercher la caractérisation du générateur en adéquation avec ces paramètres.

Par type de foyer simulé le générateur est donc caractérisé selon les critères suivants :

- présence ou non de la cheminée additionnelle,
- diamètre de la buse,
- séquence d'émission de l'aérosol,
- temps de fonctionnement du générateur.

CONCLUSION

Le générateur d'aérosol donne satisfaction pour des locaux dont la hauteur maximale ne dépasse pas 4 m. Actuellement, certains essais tendent à prouver que la hauteur de 6 m pourra être atteinte en apportant quelques modifications à l'appareil.

Bien que certaines améliorations doivent être encore apportées notamment dans la conception d'un séquenceur automatique, cet appareil est déjà utilisé pour des besoins spécifiques.

Par exemple pour la réception des installations de détection dans les avions et compte tenu que la mise en oeuvre de foyers types présentait quelques difficultés évidentes.

La substitution de foyers types par un générateur d'aérosol portable présente également un intérêt indéniable pour caractériser le niveau de performances de

toute installation de détection en équivalent perte de matière entreposée lors d'un sinistre. En effet l'émission d'aérosol répond à l'évolution naturelle d'un feu alors que tout foyer type connaît une phase de progression puis ensuite une phase de régression non représentative de la réalité.

Cet appareil permettra de vérifier périodiquement l'efficacité de la détection lors des opérations de contrôle.

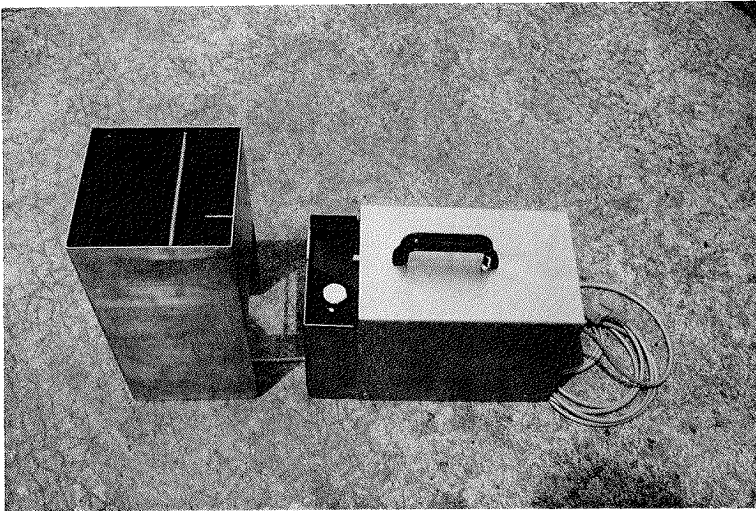


Photo 1

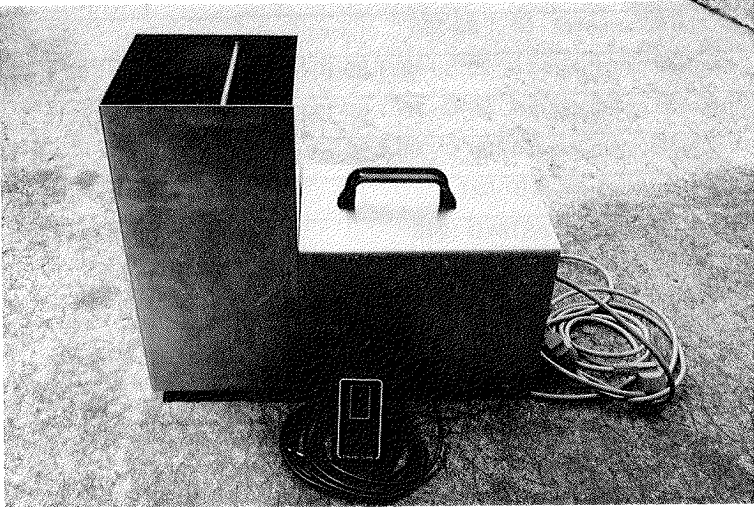


Photo 2

Annexe 1

CARACTERISTIQUES MOYENNES DES HUILES BLANCHES MEDICINALES

		MARCOL 82
Couleur Saybolt		+ 30
Odeur et goût		passee
Masse volumique à 15°C - NF T 60-101	kg/m ³	844
Point d'éclair V.O. - NF T 60-118	°C	184
Point d'écoulement - NF T 60-105	°C	- 12
Viscosité cinématique à 20°C - NF T 60-100	cSt	33,8
Viscosité cinématique à 50°C - NF T 60-100	cSt	11
Viscosité cinématique à 100°C - NF T 60-100	cSt	3,4
Point d'aniline - NF M 07-021	°C	107
Indice de réfraction ASTM D 1218		1,465
Types de carbone ASTM D 2140		
Naphthéniques		30
Paraffiniques		70
Paraffines solides - Méthode Codex Français		passee
Substances carbonisables - Méthode Codex Français		passee
Indice d'acide - Méthode Codex Français		passee
Hydrocarbures aromatiques polycycliques		
Méthode Codex Français		passee
Absorption UV - Méthode DAB 7		
275 µm		0,010
295-300 µm		0,030
300-400 µm		0,030
Absorption UV - Méthode BP 1973		0,016
U.V. DMSO - FDA 121.1146		0,04
Hot Acid test - Méthode BP 1973		2

BIBLIOGRAPHIE

1. Organes Constitutifs des Systèmes de Détection Automatique d'Incendie
Partie 9 : Essais de sensibilité sur foyers types
EN 54 - Partie 9
2. POURPRIX M. - ROUX Guy - Caractéristiques des Aérosols de Combustion - 316 Pages - CNPP, 5, rue Daunou - 75012 PARIS FRANCE
3. POURPRIX M. - BOULAUD D. - KEREVER A. - MADELAINE G.
Size Distribution of Combustion Aerosols - Gesellschaft für Aerosols - FORSCHUNG (GAF) WIEN 26.08.1978
4. MOLIERE G. - POURPRIX M. - ROUX Guy - Caractéristiques des aérosols de combustion FIRE INTERNATIONAL, NO 69 - DEC. 1980
5. "Etude de la Granulométrie des particules émises par un générateur d'aérosols"
Etude réalisée par A. LOPEZ, Maître de Conférence de l'Université Paul SABATIER
31062 TOULOUSE CEDEX - FRANCE

M. Loeffe, P. Ryser, C. Tompkin, D. Wieser
Cerberus AG, CH-8708 Männedorf, Schweiz

Optische Eigenschaften von Brand- und Nichtbrandaerosolen

Abstract

Optical detection principles play an important role in automated smoke detection systems. Significant properties of an aerosol can be determined from angle and polarization dependent light scattering experiments.

A simple instrument was built to continuously monitor the polarized scattering cross sections of air borne aerosols. Two solid state diode lasers with orthogonal polarization vectors serve as light sources. They emit at 690 nm and are modulated with 4 kHz and 5 kHz respectively. 14 receivers are arranged on one half of an annulus of 30 cm in diameter. Each detector measures simultaneously the scattered light intensities for both polarizations. After demodulation and separation of the two signals by a lock-in technique, the signals are filtered, amplified and sampled with a time resolution of one second. The flat and open mechanical outline of the apparatus is best suited for direct measurements on the ceiling of a fire laboratory without interfering the natural aerosol convection.

Comparisons between aerosols from standard fires conforming to the European norm EN54 and aerosols not originating from combustion processes (water vapor, oil mist) were carried out. Back calculation of the aerosol size distribution from measured data will be demonstrated for latex test aerosols.

Einleitung

Neben den Ionisationsbrandmeldern spielen optische Sensoren in der automatischen Branderkennung eine zunehmend wichtigere Rolle. Die optische Branddetektion beruht hauptsächlich auf Streulicht- und Extinktionssensoren. Beim Durchgang eines Lichtstrahls durch ein Aerosol wird ein Teil des Lichtes absorbiert, ein weiterer Teil wird an den Aerosolpartikeln gestreut. Die Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit Partikeln in einem Medium wird beschrieben durch die Maxwell'schen Gleichungen. Bei der Berechnung dieser Wechselwirkung gehen sowohl die Grösse, die Form und der Brechungsindex relativ zum umgebenden Medium als auch die Wellenlänge und die Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes ein. Der zentrale

Parameter bei der Lösung dieses Problems ist das Verhältnis des Umfanges der Partikel zur Wellenlänge. Für kugelförmige Partikel lässt sich das Problem relativ einfach lösen [1].

Zur Charakterisierung der Streuung von Licht an Partikeln wird der auf ein Raumwinkelement $d\Omega$ bezogene differentielle Streuquerschnitt definiert:

$$\frac{d\sigma^i(\theta)}{d\Omega} = \frac{R^2 \cdot I_s^i(\theta)}{I_e^i}$$

R ist die Distanz zwischen Streuzentrum und Detektor und I_e^i die Intensität des einfallenden Lichtes. $I_s^i(\theta)$ bezeichnet die Intensität des unter dem Winkel θ relativ zur Einfallrichtung gestreuten Lichtes, wobei der Index i die Polarisationsrichtung kennzeichnet (senkrecht bzw. parallel zur Streuebene). Diese Intensitätsverteilung ist charakteristisch für ein bestimmtes Aerosol. Aus dem Verhältnis zwischen senkrecht und parallel polarisiertem Streulicht lässt sich der Polarisationsgrad

$$P = \frac{I_s^s - I_s^p}{I_s^s + I_s^p}$$

berechnen, welcher unabhängig von der absoluten Anzahl streuender Teilchen ist.

Unter bestimmten Annahmen können aus dem Polarisationsgrad Rückschlüsse auf die Größenverteilung der Partikel gezogen werden. Kommerzielle optische Partikelmessgeräte benutzen meist das integrale (nicht winkelaufgelöste) Streulicht zur Größenbestimmung der Partikel oder aber besitzen nur einen Detektor, welcher über einen bestimmten Winkelbereich bewegt werden kann. Dabei geht entweder durch die Integration wesentliche Information verloren, oder aber die zeitliche Auflösung reicht nicht aus, um die bei realen Brandversuchen auftretenden zeitlichen Fluktuationen nachzuweisen, da ein bestimmter Winkelbereich abgetastet werden muss. Ein weiterer Nachteil integrierender Partikelmessgeräte besteht darin, dass meist Einzelpartikel gezählt werden, was bei hoher Partikelkonzentration zu Schwierigkeiten führen kann. Im folgenden soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, die winkel- und polarisationsabhängigen Streulichtintensitäten realer Brandaerosole mit hoher zeitlicher Auflösung und bei hohen Partikelkonzentrationen zu bestimmen. Weiter wird an Hand eines Testaerosols gezeigt, dass sich aus den Messdaten des Polarisationsgrades für nur 14 diskrete Winkel die Partikelgröße mit vernünftiger Genauigkeit bestimmen lässt.

Experimentelle Anordnung

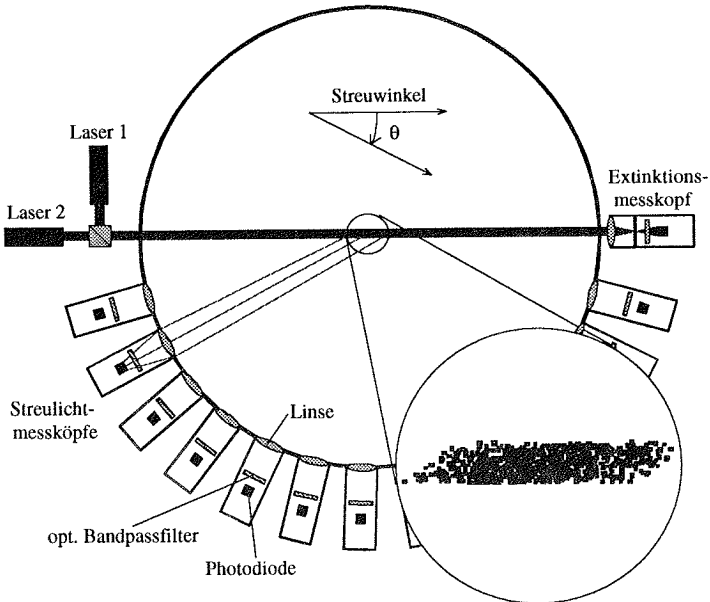


Fig. 1: Schematische Darstellung der Streulichtmessapparatur.

Zur experimentellen Bestimmung des differentiellen Streuquerschnittes wurde die in Figur 1 schematisch dargestellte Messanordnung aufgebaut. Als Lichtquellen dienen zwei zueinander senkrecht polarisierte Diodenlaser mit einer Wellenlänge von 690 nm, welche mit zwei unterschiedlichen Frequenzen moduliert sind. 14 Detektoren sind unter einem Winkel zwischen 15° und 164° auf einem Halbkreis von 30 cm Durchmesser um das Streuvolumen angeordnet. Ein weiterer Detektor dient der Bestimmung der Extinktion. Jeder der Sensoren misst simultan die beiden polarisierten Streulichtintensitäten. Die beiden Signale werden mittels lock-in Technik demoduliert, gefiltert und von einem 16 Bit ADC digitalisiert. Alle Messwerte werden einmal pro Sekunde über eine RS232 Leitung von einem Mikroprozessor ausgegeben. Die geometrischen Korrekturfaktoren für die unter verschiedenen Winkeln unterschiedlich erscheinenden Streuvolumina wurden mit einer Monte-Carlo Simulation kombiniert mit einem real raytracing Verfahren berechnet. Die nach diesem Verfahren simulierten und in die Ebene projizierten Streuzentren für den Winkel 140° sind ebenfalls in Figur 1 im

eingesetzten Bild dargestellt. Um eine möglichst grosse Dynamik zu erreichen, wurden für die einzelnen Sensoren unterschiedliche, dem Experiment angepasste elektronische Verstärkungsfaktoren gewählt. Aufgrund der flachen Bauweise kann das Gerät direkt an der Decke eines Brandlabors montiert werden, ohne dabei die natürliche Aerosolverteilung zu stören.

Bestimmung der Grössenverteilung monodisperser Testaerosole aus dem experimentell bestimmten Polarisationsgrad

Mittels Mie-Theorie [2] lässt sich für kugelförmige Teilchen mit bekanntem Brechungsindex aus der Grössenverteilung der Partikel die Streulichintensität berechnen, während die Umkehrung der Aufgabe, nämlich aus der Streulichintensität die Grössenverteilung zu berechnen, nicht trivial ist, da es sich um ein mathematisch schlecht konditioniertes Problem handelt (siehe z.B. [3]). Trotzdem kann, sphärische Partikel mit bekanntem Brechungsindex vorausgesetzt, mit einem stochastischen Approximationsverfahren [4] aus dem experimentell bestimmten Polarisationsgrad auf die Grössenverteilung der Partikel zurückgerechnet werden. Diese Rücktransformation soll im folgenden an Hand eines Latex-Testaerosols [5] demonstriert werden.

In Figur 2 sind die aus den Messdaten bestimmten Streuquerschnitte für ein Testaerosol als Punkte dargestellt. Als Linien eingezeichnet sind die theoretischen Streuquerschnitte, welche mittels Mie-Rechnung aus der vom Hersteller [6] angegebenen Grössenverteilung der Latexpartikel berechnet wurden (normalverteilte sphärische Polystyrol Partikel, $D_p = 989 \text{ nm}$, $\sigma = 11 \text{ nm}$, $n = 1.586$ bei $\lambda = 690 \text{ nm}$).

Ein Latex-Aerosol wird durch Zerstäuben einer Partikelsuspension in einen Luftstrom hergestellt. Dabei können auch Teilchen entstehen, die aus zwei oder mehr Einzelpartikel zusammengesetzt sind (Aggregate). Dies hat zur Folge, dass die in der Graphik eingezeichnete theoretische Kurve nicht genau mit den experimentellen Daten übereinstimmt. Um diese Diskrepanz zu erklären, wurde mit einer Rücktransformation aus dem experimentell ermittelten Polarisationsgrad (Figur 3, Punkte) die Grössenverteilung des Latex-Aerosols bestimmt (Figur 4a). Bei dieser Rechnung wird nur angenommen, dass es sich um kugelförmige Partikel handelt, und dass der Brechungsindex bekannt ist. Über die Verteilungsfunktion der Partikel wird nichts vorausgesetzt.

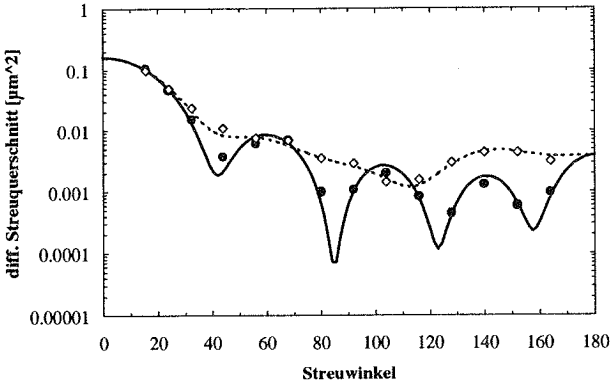


Fig. 2: Differenzieller Streuquerschnitt für sphärische Polystyrol Partikel mit einem Durchmesser von 989 nm. Vergleich zwischen Experiment (senkrecht: • ; parallel: ◊) und Theorie (senkrecht: — ; parallel: ---).

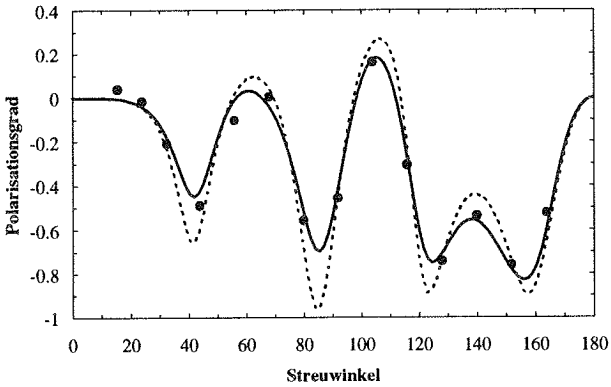


Fig. 3: Polarisationsgrad des 989 nm Latex Aerosols: experimentelle Daten (Punkte), berechnet nach Herstellerangaben (punktierter Linie) und berechnet aus der in Figur 4a angegebenen Größenverteilung (ausgezogene Linie).

Neben dem Hauptpeak bei 980 nm in Figur 4a ist ein zweiter Peak bei 1.65 μm zu erkennen, welcher wahrscheinlich den Aggregaten aus zwei Einzelpartikeln zugeordnet werden kann. Der Peak erscheint nicht etwa bei der doppelten Grösse, wie erwartet werden könnte, sondern bei einem kleineren Wert. Nicht zugeordnet werden konnte der dritte Peak bei 700 nm. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Verunreinigung der Latexsuspension, da ein solcher Peak in einer Vergleichsmessung mit kleineren Partikeln (Figur 4b) nicht auftrat. Es ist erstaunlich, wieviel Information in den 14 Datenpunkten des Polarisationsgrades steckt.

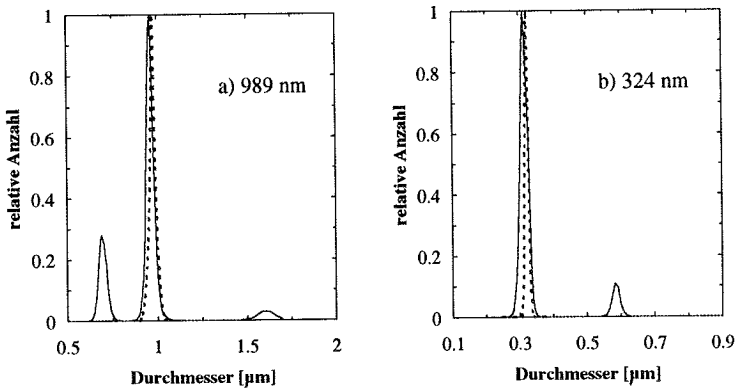


Fig. 4: Grössenverteilung von Latex-Partikeln: nach Herstellerangaben (punktierte Linien) und durch Rücktransformation aus den experimentellen Daten ermittelt (ausgezogene Linien).

EN54 Testfeuer

Die im folgenden gezeigten Daten wurden an den EN54 Testfeuern TF1 bis TF5 gemessen. Die Messapparatur war auf dem 3m-Kreis an der Decke des 10m x 6m x 4m grossen Brandraumes montiert. Es wurden Standard-Testbrände durchgeführt, wobei der Zeitpunkt für die hier wiedergegebenen Daten jeweils so gewählt wurde, dass ein kommerzieller optischer Brandmelder einen Alarm auslöst (Extinktion 4%/m im CEN-Kanal).

Bei realen Brandaerosolen ist der Brechungsindex meist nur ungenau bekannt, ausserdem variiert die Form der Partikel stark in Abhängigkeit von der Verbrennungsart. Während schwelende Brände mit einem hohem Anteil an nicht vollständig verbranntem Material eher stark lichtstreuende Flüssigkeitströpfchen bilden (Schalenstruktur: [7]), entstehen bei offenen Bränden mehr reine Kohlenstoffpartikel, die überdies häufig zu Ketten agglomerieren. Aus diesem Grund wird bei den hier wiedergegebenen Branddaten darauf verzichtet, aus dem gemessenen Polarisationsgrad eine Grössenverteilung zu berechnen. Trotzdem kann tendenziell eine Aussage über die Grössenverteilung gemacht werden.

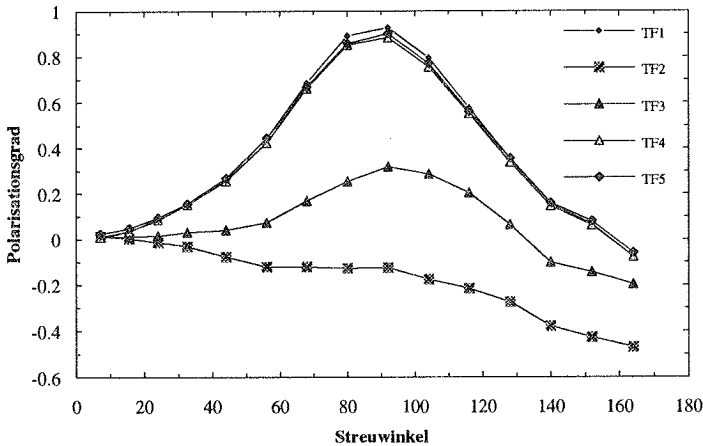


Fig. 5: Polarisationsgrad der EN54-Testfeuer TF1 - TF5.

An Hand der Daten lassen sich grob 3 Typen von Bränden unterscheiden:

1. Der offene Holzbrand (TF1), der Polyurethan-Mattenbrand (TF4) und der Heptan/Toluol-Flüssigkeitsbrand (TF5) unterscheiden sich im Polarisationsgrad nur sehr gering und zeigen alle unter 90° eine sehr hohe Polarisation, was auf relativ kleine Aerosolpartikel schliessen lässt.
2. Das Aerosol eines schwelenden Luntenbrandes (TF3) ergibt einen mittleren Polarisationsgrad, da offensichtlich ein beträchtlicher Anteil an unverbranntem Material vorliegt, welches an den Primärpartikeln kondensiert und deren Durchmesser dadurch vergrössert.

- Der kleinste Polarisationsgrad (unter 90°) wurde für den Holzschwelbrand (TF2) gemessen. Bei diesem Aerosol handelt es sich vorwiegend um leichtflüchtiges organisches Material, welches zu relativ grossen Tröpfchen kondensiert.

Störaerosole

Im Hinblick auf die Anwendung in der Branddetektion ([8],[9]) wurde im folgenden der Polarisationsgrad einiger Störaerosole gemessen (Figur 6). Eine häufige Ursache von Fehlalarmen ist Wasserdampf. Zur Bestimmung der abgebildeten Kurve wurde ein Gefäss mit 100 ml kochendem Wasser 50 cm unterhalb der Messapparatur hingestellt. Um die Fluktuationen einzelner Dampfschwaden auszugleichen, wurden die Messdaten über eine Zeitspanne von 30 Sekunden gemittelt. Ein anderes Störaerosol sind Öldämpfe, die zum Beispiel beim Kochen entstehen können. Nach dem gleichen Verfahren wie oben wurden die Daten für den Ölnebel bestimmt, wobei dazu einige Tropfen Speiseöl auf eine heisse Herdplatte gebracht wurden.

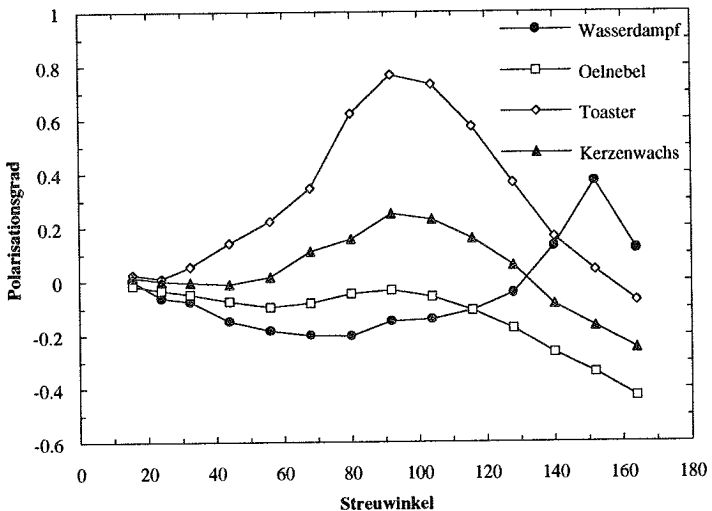


Fig. 6: Polarisationsgrad einiger Störaerosole.

Eine dritte Kurve in Figur 6 zeigt den Polarisationsgrad eines Aerosols, wie es beim Toasten einer Scheibe Brot entstehen kann. Im zeitlichen Verlauf dieser Messung

konnten deutlich drei verschiedenen Arten von Aerosolen festgestellt werden. Zu Beginn der Messung wurde ein feines Aerosol mit hohem Polarisationsgrad produziert, welches wahrscheinlich von den verschmutzten Heizdrähten des Toasters emittiert wurde. Das Aerosol aus dieser Phase ist in der Graphik eingezeichnet. Eine zweite Phase stellte sich ein, als die Brotscheibe langsam braun wurde und dabei vorwiegend Wasser verdampfte. In der dritten Phase, als der Toast anfang zu verkohlen, wurde ein Aerosol mit einem ähnlichen Polarisationsgrad wie bei einem Holzschwelbrand beobachtet. Als letzte Kurve in Figur 6 eingezeichnet ist der Polarisationsgrad eines Aerosols, das von einer eben ausgeblasenen Kerze stammt. Das Aerosol besteht zur Hauptsache aus Paraffin, das auch in Rauchtstkanälen Verwendung findet.

Zusammenfassung und Ausblicke

Aus einer winkel- und polarisationsabhängigen Streulichtmessung können Rückschlüsse auf den Ursprung eines (Brand-) Aerosols gezogen werden. Aerosole von EN54 konformen Testbränden lassen sich aufgrund ihres Polarisationsgrades grob in drei Klassen einteilen:

- TF1, TF4 und TF5 bilden relativ kleine, im Sichtbaren und nahen Infraroten schwach streuende Partikel mit einem hohen Polarisationsgrad $P \approx 0.9$ unter einem Winkel von 90° .
- Das TF3 erzeugt ein mittelgrosses Aerosol mit einem Polarisationsgrad $P \approx 0.3$ unter 90° .
- TF2 erzeugt ein grosses Aerosol mit einem Polarisationsgrad $P \approx -0.1$ unter 90° .

Die Störaerosole Wasserdampf und Ölnebel lassen sich aufgrund ihres Polarisationsgrades von den Brandaerosolen der EN54 Testfeuer unterscheiden, wobei zu einer sicheren Identifikation mehrere Winkel in Betracht gezogen werden müssen.

Es wurde weiter gezeigt, dass sich aus nur 14 Messpunkten des Polarisationsgrades die Grössenverteilung der Partikel mit befriedigender Auflösung bestimmen lässt, wenn man voraussetzt, dass es sich um sphärische Teilchen mit bekanntem Brechungsindex handelt. Geplant sind Untersuchungen hinsichtlich der Bestimmung der Grössenverteilung realer Brandaerosole, wenn der Brechungsindex nur innerhalb gewisser Grenzen bekannt ist und die Partikel Abweichungen von der Kugelgestalt haben.

Referenzen

1. C.F. Bohren, D.R. Huffman, *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*, Wiley-Interscience, New York, (1983).
2. G. Mie, "Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen", *Ann. Phys.* **25**, 377 - 445, (1908).
3. M.R. Jones, B.P. Curry, M.Q. Brewster, and K.H. Leong, "Inversion of light-scattering measurements for particle size and optical constants: theoretical study", *Appl. Opt.* **33**, 4025 - 4034, (1994).
4. S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt, Jr., M.P. Vecchi, "Optimization by Simulated Annealing", *Science* **220**, 671 - 680, (1983).
5. J. Gebhart, J. Heyder, Ch. Roth, W. Stahlhofen, "Herstellung und Eigenschaften von Latex-Aerosolen", *Staub - Reinhaltung der Luft* **40**, 1 - 48, (1980).
6. Polysciences, Inc., Warrington, PA 18976, U.S.A.
7. D. Steiner, H. Burtcher, H. Gross, "Structure and Disposition of Particles from a Spark-Ignition Engine", *Atmospheric Environment* **26A**, 997 - 1003, (1992).
8. Patent CH 0 682 428.
9. Patent JP P 241162/91.

V. Schneider, R. Könnecke

I.S.T. Integrierte Sicherheits-Technik GmbH, Feuerbachstraße 19, D-60325 Frankfurt am Main, Germany

Anwendung des Feldmodells KOBRA-3D zur Simulation von komplexen Brandszenarien auf Fragestellungen der automatischen Brandentdeckung

Abstract

A numerical fire model based on methods of computational fluid dynamics is described. The three-dimensional field model KOBRA-3D is applied to typical fire scenarios, including the ignition of a stack of wooden pallets and a fire inside a large industrial building. Local and dynamical characteristic quantities like temperature, gas velocity and smoke concentration are presented. These quantities are required for the analysis and design of automatic fire detection systems inside complex buildings. As an example, the response of a heat detector system is investigated by calculating the corresponding detector actuation temperature as a function of space and time.

1. Einführung

Sowohl die Auslegung geplanter als auch die Überprüfung existierender Anlagen zur automatischen Brandentdeckung hängt wesentlich von den jeweils definierten Schutzziele ab. Typische Brandkenngrößen, welche die Auslösung einer Brandmeldeanlage bewirken und damit mittelbar oder unmittelbar für die Festlegung solcher Schutzziele herangezogen werden können sind Wärme, Temperatur, Temperaturanstieg, Brandrauch und Flammenschein. Allgemein gilt, daß die auf das Brandrisiko abgestimmten Brandmelder in ausreichender Anzahl und der Raumgeometrie entsprechend so installiert sein müssen, daß die zugeordnete Brandkenngröße den Melder erreichen kann [Remppe 94]. Um diese Forderungen zu erfüllen bleiben dem Betreiber hinsichtlich der Auswahl des Meldertyps und vor allem hinsichtlich der Anzahl und Anordnung der einzusetzenden Melder relativ große Freiräume, vor allem in Fällen, in denen eine Meldeanlage nicht zwingend vom Gesetzgeber gefordert wird. Daher ist es hilfreich, Methoden zu entwickeln bzw. zu verfeinern die, basierend auf gegebenen Schutzziele, quantitative Aussagen bezüglich geeigneter Meldertypen und ihrer optimalen Verteilung (Melderabstände, Überwachungsfläche) machen können. Folglich steht im weiteren das Problem der realitätsnahen, die spezifischen Umgebungsbedingungen berücksichtigende Ermittlung dieser Kenngrößen zur Bestimmung geeigneter Meldertypen sowie Melderabstände bzw. Überwachungsflächen im Vordergrund.

Die oben genannten Brandkenngrößen erfordern eine Kenntnis der zu erwartenden Wärmeströme bzw. der Temperatur- und Konzentrationsverteilungen innerhalb des betroffenen Bereiches, und zwar sowohl als Funktion des Ortes als auch der Zeit. Neben empirischen Analysen bietet sich hier vor allem der Einsatz rechnerischer Methoden zur Vorhersage der sich für ein bestimmtes Brandszenarium ergebenden dynamischen Brandkenngrößen an. Da diese Werte lokal als Funktion der Zeit bestimmt werden müssen, kommen dafür nur entsprechend formulierte, auf empirischen Daten basierende Korrelationsfunktionen (z.B. Relationen zur Beschreibung der Temperaturverteilung und Strömungsgeschwindigkeit in einem ceiling jet [Delichatsios 81, Alpert 82, Beyler 1986]) oder fundamentale Verfahren wie der Feldmodellansatz, ein Verfahren aus dem Gebiet der numerischen Hydrodynamik (computational fluid dynamics), in Betracht.

Ein solches, auf den grundlegenden Arbeiten von Patankar und Spalding [Patankar 72] aufbauendes Feldmodell wurde, teilweise mit Förderung des BMFT [Schneider 1991, 1994], innerhalb der letzten Jahre entwickelt und in zahlreichen sicherheitstechnischen Anwendungsfällen eingesetzt. Dieses Brandsimulationsmodell KOBRA-3D wird im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse von Auslegungsrechnungen für Wärmemaximalmelder, basierend auf der Anwendung empirischer Relationen bzw. numerischer Simulationsrechnungen exemplarisch miteinander verglichen. Im abschließenden Abschnitt 4 wird demonstriert, wie sich mit Hilfe des Feldmodells KOBRA-3D die für die Analyse automatischer Brandentdeckungsanlagen relevanten Brandkenngrößen auch für komplexe geometrische Verhältnisse bzw. andere Meldertypen bestimmen lassen.

2. Das Feldmodell KOBRA-3D

Da, wie in der Einleitung ausgeführt, das Verhalten der eingesetzten Detektoren von dem lokalen und zeitabhängigen Verlauf der Brandkenngrößen abhängt, ist für Auslegungsrechnungen ein mathematisch-physikalisches Modell nötig, welches diese Größen unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden spezifischen baulichen Gegebenheiten und Lüftungsverhältnisse berechnen kann. Für Fragestellung des baulichen Brandschutzes bislang eingesetzte sogenannte Zonenmodelle sind wenig zur Behandlung solcher Fragestellung geeignet, da sie nicht die notwendigen lokalen Informationen über die relevanten Brandkenngrößen vermitteln und wegen der Vernachlässigung der Impulserhaltung bei der Aufstellung der zu lösenden Bilanzgleichungen auch keine direkten Aussagen über die Strömungsverhältnisse innerhalb der betroffenen Bereiche machen können. Daher benötigen sie eine Kopplung an entsprechende empirische Modelle, etwa zur Beschreibung der Brandfahne oder eines ceiling jets. Diese empirische Korrelationsfunktionen liefern jedoch notwendigerweise oft nur grobe Abschätzungen, da sie entweder auf spe-

zielle Anwendungsfälle zugeschnitten sind oder wesentliche Einflußgrößen in Ermangelung einer entsprechenden empirischen Basis unberücksichtigt bleiben. Diese Problematik wird in Abschnitt 3 näher ausgeführt. Daher bietet sich für die in der Einleitung genannten Fragestellungen der Einsatz von Feldmodellen an, welche den lokalen und zeitlichen Verlauf der benötigten Brandkenngrößen Temperatur, Wärmeströme, Strömungsgeschwindigkeiten, Rauch- oder Gaskonzentrationen etc. mit den Methoden der numerischen Hydrodynamik lösen.

Die hydrodynamischen Erhaltungsgleichungen lassen sich als ein nichtlineares System partieller Differentialgleichungen darstellen. Sie lauten in einer für die Brandmodellierung zweckmäßigen Formulierung

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v}) = \dot{m}''' \quad , \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho e) + \vec{\nabla} \cdot (\rho e \vec{v}) = -p \vec{\nabla} \cdot \vec{v} + \hat{\sigma} : \vec{\nabla} \vec{v} - \vec{\nabla} \cdot \vec{J} + \dot{Q}''' \quad , \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \hat{\sigma} + \rho \vec{g} \quad . \quad (3)$$

Die Gleichungen (1), (2) und (3) sind die Erhaltungsgleichungen für Masse (Kontinuitätsgleichung), Energie und Impuls (Navier-Stokes-Gleichung). Die Größen, für die eine vom Ort $\vec{x} = (x, y, z)$ (kartesischen Koordinaten) und der Zeit t abhängige Lösung gesucht wird, sind die Gesamtdichte des Gasgemisches ρ , der Vektor der Geschwindigkeit $\vec{v} = (u, v, w)$, der Druck p sowie die Temperatur T , welche durch $e = c_p T$ mit der inneren Energie e verknüpft ist. Dabei ist g die als konstant angenommene Gravitationsbeschleunigung und \dot{Q}''' repräsentiert den volumetrischen Quellterm der freigesetzten Wärmeenergie. Das Gleichungssystem (1) bis (3) wird geschlossen durch die Wahl einer geeigneten Zustandsgleichung (bei KOBRA-3D diejenige eines idealen Gases) sowie entsprechender Ansätze für den Wärmestrom \vec{J} (unter Berücksichtigung von Diffusions- und Strahlungsbeiträgen) und den Spannungstensor $\hat{\sigma}$. Mit dieser fundamentalen Vorgehensweise läßt sich also die auftriebsbehaftete Konvektionsströmung innerhalb eines im Prinzip beliebig komplexen Bereiches beschreiben, der durch geeignete Randbedingungen an die Umgebung gekoppelt ist.

Die Gesamtdichte ρ ergibt sich formal aus der Summe der Dichten aller im Brandraum vorkommenden individuellen gasförmigen Stoffe, deren Zahl bei der Verbrennung komplexer Substanzen sehr groß werden kann. In KOBRA-3D wird der Transport wichtiger Komponenten wie Kohlendioxid, Kohlenmonoxid oder des ebenfalls als fluider Bestand-

teil der Gesamtheit der Brandgase aufgefaßten Rauch-Ruß-Gemischs explizit durch Lösung der Konvektions-Diffusionsgleichung (4) behandelt. Dabei kennzeichnet der Index l die individuelle Stoffkomponente. y_l bezeichnet den Anteil der l -ten Komponente an der lokalen Gesamtdichte ρ .

$$\frac{\partial y_l \rho}{\partial t} + \vec{v} \cdot (y_l \rho \vec{v}) = \vec{\nabla} \cdot (\rho D \vec{\nabla} y_l) + \dot{m}_l''' \quad (4)$$

Die volumenspezifische Massenrate \dot{m}_l''' beschreibt die zugehörigen Produktions- bzw. Verlustraten. Die Diffusionskonstante D ist proportional zum Viskositätskoeffizienten des Gasgemischs und damit implizit eine Funktion der Temperatur.

Der Energiequellterm in Gleichung (2) ergibt sich aus der zeitabhängigen Wärmefreisetzungsrates der Brandquelle(n), gegebenenfalls unter Berücksichtigung direkter Brandausbreitung und Sekundärzündungen, sowie aus Verlustermen, hervorgerufen durch die Erwärmung der Umfassungsbauteile, Einbauten oder sonstiger Objekte und Wärmeverluste durch Öffnungen ins Freie. Ebenso kann der Wärmeübertrag auf Flüssigkeitstropfen (Sprinkleranlagen) berücksichtigt werden [Schneider 93B]. Feste Objekte können auch als Wärmequellen wirken, sofern sich, z.B. nach der Beendigung der Wärmefreisetzung durch Brandlasten, die Gase im Inneren des Brandraums entsprechend abgekühlt haben. Zur Berechnung des Wärmeübertrags durch Konvektion und Strahlung benötigt man die lokale Temperatur der Umfassungsbauteile oder der Objekte im Inneren des betroffenen Bereiches, welche man aus der Lösung der Fourierrechnung der Wärmeleitung erhält. An vertikalen oder horizontalen Öffnungen ins Freie werden die zugehörigen Ventilationsraten durch die Lösung der Bernoulli-Gleichung berechnet, welche in Abhängigkeit von den entsprechenden lokalen Größen für Temperatur, Dichte und Druck formuliert ist.

Die hydrodynamischen Erhaltungsgleichungen (1) - (4) werden durch ein Finite-Differenzen-Verfahren, welches eine Weiterentwicklung des SIMPLER-Algorithmus von Patankar und Spalding [Patankar 72] darstellt, numerisch auf einem dreidimensionalen Rechengitter gelöst. Dabei konnte insbesondere durch die Einführung einer die globale Massenerhaltung sicherstellenden Korrekturmethode die Konvergenzgeschwindigkeit des iterativen Lösungsverfahrens bei erhöhter Rechengenauigkeit stark vergrößert werden, so daß auch Rechnungen mit umfangreichen, aus mehreren zehntausend Zellen bestehenden Gittern in einer auch für Praxisanwendungen vertretbaren Rechenzeit auf einem Personalcomputer behandelt werden können. Zugleich erhöht sich durch diese Methode auch die numerische Stabilität, so daß auch steile Gradienten z.B. in der Wärmefreisetzungsrates oder abrupte Änderungen der Randbedingungen, etwa durch sich öffnende

RWAs oder berstende Fenster, ohne Probleme behandelt werden können. Die Zellen des Rechengitters, dessen Gitterabstände in den drei Raumrichtungen frei gewählt werden können, sind beliebig als Wand- oder Objektzellen adressierbar, so daß auch komplexe Mehrraumssysteme dargestellt werden können. Damit lassen sich also die eingangs beschriebenen Brandkenngrößen in Abhängigkeit von den tatsächlichen räumlichen Gegebenheiten ermitteln, was für zuverlässige Auslegungsrechnungen von großer Bedeutung ist, wie in den folgenden Abschnitten demonstriert wird.

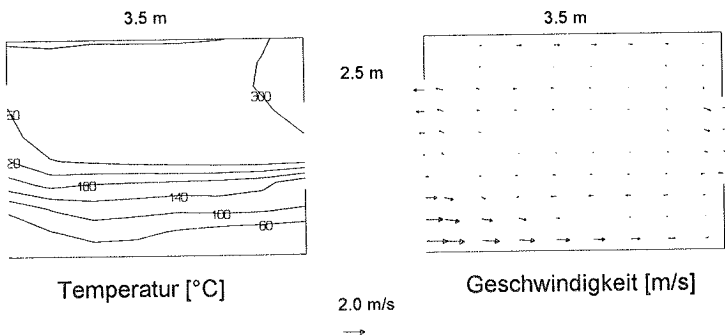


Abbildung 1: Temperaturverteilung und Geschwindigkeitsprofil für einen Längsschnitt durch einen Brandraum nach einer Branddauer von 6 Minuten

Die Möglichkeiten, lokale Brandkenngrößen mit Hilfe des Feldmodellansatzes zu berechnen und darzustellen illustriert Abbildung 1 anhand des Beispiels eines Wohnraumbrandes. Der Raum mit einer Grundfläche von $3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$ und einer Höhe von $2,5 \text{ m}$ besitzt zwei gegenüberliegende, ins Freie führende Öffnungen. Der Schnitt liegt im hinteren Bereich des Raumes bei einer Tiefe von $2,5 \text{ m}$. Die Brandquelle, ein ohne Brandbeschleuniger in Brand gesetzter Sessel im vorderen Bereich des Raumes, entwickelt nach 6 Minuten eine Wärmefreisetzungsrate von etwa 720 kW , wobei eine von Babrauskas entwickelte Korrelationsfunktion zur Abschätzung von Wärmefreisetzungsrate für Polstermöbel [Babrauskas 88] angewandt wurde. Die so für dieses Szenarium berechneten dynamischen Brandraumtemperaturen stimmen gut mit Messungen von entsprechenden, in Braunschweig durchgeführten Brandversuchen überein [Schneider 93]. Weiterhin erkennt man deutlich, wie durch die rechnerische Behandlung der freien Randbedingungen in KOBRA-3D das aus Messungen bekannte typische Strömungsprofil an vertikalen Öffnungen reproduziert wird.

Die Aussagefähigkeit des Feldmodells wurde durch Nachrechnungen von Brandexperimenten unter Beweis gestellt [Schneider 90, 93, 93A, 93B]. Die dabei erzielte gute Übereinstimmung sowohl globaler als auch lokaler dynamischer Brandkenngrößen wird exemplarisch durch Vergleich mit einem Brandexperiment, durchgeführt im Norwegischen Brandforschungszentrum (NBL) der SINTEF in Trondheim [Opstad 91] (Abbildungen 2 und 3) demonstriert. Als Brandraum diente ein in der Testhalle des NBL im Maßstab 1:4 nachgebautes Offshore-Modul (Grundfläche 2.5 m × 5 m, Höhe 2.5 m). Der Raum war mit einer Auslaßöffnung (Länge 3 m, Breite 0.23 m) direkt unterhalb der Decke und einer Einlaßöffnung (Länge 5 m, Breite 0.35 m) in der gegenüberliegenden Wandseite auf Bodenhöhe ausgestattet. In den Experimenten wurden die Brennstoffart, die Ausdehnung der Wärmequelle sowie die Massenrate der Luftzufuhr (natürliche und erzwungene Ventilation) variiert.

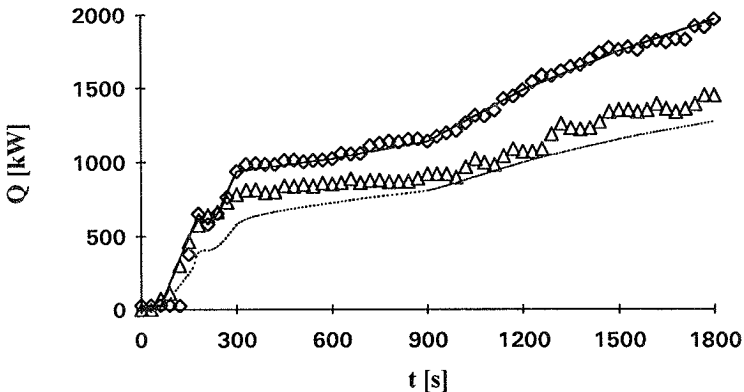


Abbildung 2: Für die Simulation mit KOBRA-3D vorgegebene Wärmefreisetzungsrate (durchgezogene Linie) sowie die berechnete Wärmeverlustrate an der Auslaßöffnung (gestrichelte Linie). Die Quadrate bezeichnen den aus dem Brennstoffverbrauch experimentell bestimmten (Experiment M880415) Verlauf der Wärmefreisetzungsrate, die Dreiecke die gemessene Wärmeverlustrate an der Auslaßöffnung.

Die hier dargestellten Ergebnisse gehören zu einem Experiment mit einer erzwungenen konstanten Ventilationsrate von 1 kg/s. Die experimentell ermittelte Wärmefreisetzungsrate wurde als Funktion der Zeit, wie in Abbildung 2 gezeigt, als Polygonzug vorgegeben. Außerdem waren die thermophysikalischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile bekannt, so daß die Abweichungen der Simulationsergebnisse von

den Meßwerten ein Test für das Feldmodell darstellen, ohne wesentliche Beeinflussung durch externe Anfangs- und Randbedingungen. Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der berechneten und gemessenen mittleren globalen Gastemperatur (Mittelwert über alle Zellen des Rechengitters bzw. alle 41 im Inneren des Moduls angebrachten Temperatursensoren [Opstad 91A]). Die zugehörigen Wärmeverluste durch die Auslaßöffnung lassen sich Abbildung 3 entnehmen. Da die Massenrate an den Öffnungen vorgegeben war, ist diese Wärmeverlustrate im wesentlichen ein Maß für die lokale Temperatur und den lokalen Druckgradienten im Bereich der Öffnung. Auch hier ergibt sich eine zufriedenstellende Übereinstimmung mit den Meßwerten.

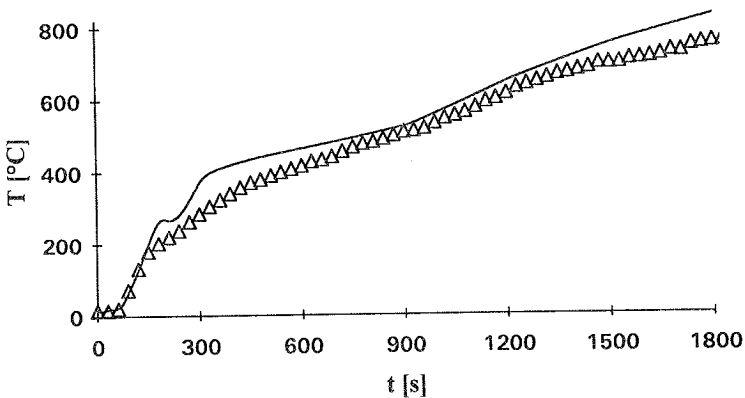


Abbildung 3: Mit KOBRA-3D berechnete mittlere Brandraumtemperatur als Funktion der Zeit (durchgezogene Linie). Die Dreiecke bezeichnen den experimentell ermittelten (Experiment M880415) Verlauf der mittleren Temperatur.

3. Rechnerische Auslegung eines Systems von Wärmemaximalmeldern

Die Auswahl und vor allem die räumliche Anordnung von Branddetektoren hängt wesentlich von den im Vorfeld definierten Schutzziele ab. Daher ist es wünschenswert, Rechenverfahren aufzustellen und fortzuentwickeln, die den Anwender bei dieser Aufgabe unterstützen. So wird zum Beispiel in [Schiffliti 88] eine Methode zur Berechnung der Auslösetemperatur von Wärmemaximalmeldern vorgestellt. Man benötigt dabei Aussagen zur Zeit- und Ortsabhängigkeit der Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit der sich ausbreitenden Brandgase sowie die Kenntnis des "response time index" (RTI) des verwendeten Meldertyps. Nimmt man dabei an, daß die Reaktion des Wärmedetek-

tors durch seine thermophysikalischen Materialeigenschaften und seine Masse hinreichend charakterisiert ist, erhält man die folgenden Differentialgleichung zur Bestimmung der zeitabhängigen Detektor-Temperatur T_d ,

$$\frac{T_d}{dt} = (T_g - T_d) \frac{\sqrt{u}}{RTI} \quad (5)$$

T_g ist die lokale Gastemperatur und u die lokale Strömungsgeschwindigkeit. Diese Gleichung kann man formal als Definitionsgleichung der näherungsweise konstanten Größe RTI auffassen. Sie leitet sich her aus der Berechnung des konvektiven Wärmeübertrags auf das von den Brandgasen umströmte Detektorelement, wobei die zugehörige Wärmeübergangszahl für typische Detektorformen näherungsweise proportional zur Quadratwurzel der Reynoldszahl ist.

Um aus (5) die für das Auslöseverhalten relevante Detektor-Temperatur berechnen zu können (Auslösetemperatur), benötigt man also T_g und u als Funktion des Ortes und der Zeit. In [Schiffliti 88] werden für Auslegungsrechnungen Korrelationsfunktionen von Heskestad und Delichatsios zur Berechnung des radialen Temperatur- und Geschwindigkeitsprofils eines ceiling jet eingesetzt. Diese Relationen gehen von einer Brandquelle aus, deren Wärmefreisetzungsrate einen für die Frühphase vieler Brennstoffe typischen parabelförmigen Anstieg

$$\dot{Q} = \alpha t^2 \quad (6)$$

aufweist. $T_g(r,t)$ und $u(r,t)$ hängen dabei außer von den spezifischen Umgebungsbedingungen noch vom vertikalen Abstand H der Brandquelle zur Decke und der die Stärke des Brandanstiegs beschreibenden Konstante α ab. Die Variable r ist der radiale Abstand von der Zentralachse der Brandfahne.

Das folgende Beispiel soll diese Vorgehensweise erläutern. Ausgangspunkt dieses Szenariums ist ein Brand von 1.5 m hoch gestapelten Holzpaletten in einer Lagerhalle (Höhe 3 m, Umgebungstemperatur 18°C). Experimentell wurde gezeigt [Schiffliti 88], daß ein solcher Brand sich durch Relation (6) mit $\alpha = 0.047$ beschreiben läßt. Dies entspricht einer für Holz typischen flächenspezifischen Abbrandrate von etwa 40 kg/m²h bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 0.5 m/min. Nimmt man als Schutzkriterium ein Entdecken des Brandes nach spätestens 3 Minuten an (gerechnet ab dem Zeitpunkt einer merklichen Wärmefreisetzung entsprechend Relation (6)), so kann man mit Hilfe von Gleichung (5) und den analytischen Korrelationsfunktionen für $T_g(r,t)$ und $u(r,t)$ von Heskestad und Delichatsios das radiale Detektor-Temperaturprofil $T_d(r)$ berechnet wer-

den. Mit Hilfe dieser Information kann man den geeigneten Detektortyp (Auslösetemperatur, RTI-Wert) sowie den erforderlichen Mindestabstand der Detektoren ermitteln, um das aufgestellte Schutzziel zu erfüllen. Für die nachfolgenden Rechnungen wurde ein Wärmemaximalmelder mit einem RTI-Wert von $98 \text{ m}^{1/2}\text{s}^{1/2}$ angenommen.

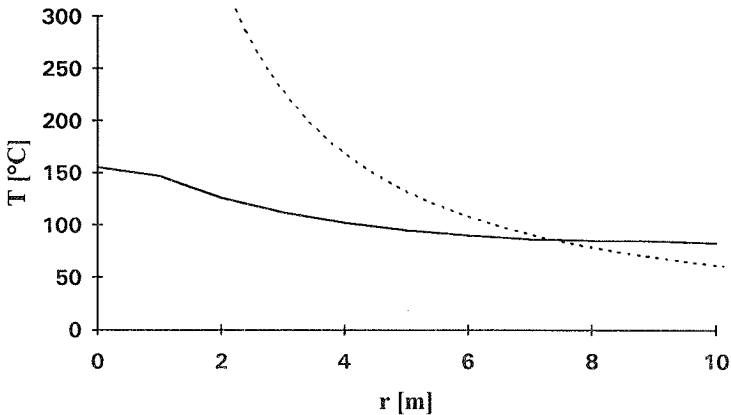


Abbildung 4: Radialprofil der mit den Korrelationen von Heskestad und Delichatsios berechneten ceiling jet-Temperatur (gestrichelte Linie) und ein entsprechendes, mit dem Feldmodell KOBRA-3D berechnetes radiales Temperaturprofil (durchgezogene Linie) des Deckenbereiches für das im Text erläuterte Szenarium nach einer Branddauer von 3 Minuten.

Das zugehörige Radialprofil der Temperatur- und Strömungsgeschwindigkeit des ceiling jets für eine Branddauer von 3 Minuten findet man in den Abbildungen 4 und 5. Ein Problem bei der Anwendung dieser empirischen Korrelationsfunktionen sind die überhöhten Werte von T_g und u bei der Annäherung an die Zentralachse der Brandfahne bei $r = 0$. Da sich der ceiling jet an der Zentralachse auseinanderfaltet, sind dort alle Geschwindigkeitskomponenten gleich Null, so daß sich der Maximalwert der radialen Geschwindigkeitskomponente erst in einem gewissen Abstand von der Achse einstellt (siehe Ergebnis der Feldmodellsimulation in Abbildung 5). Entsprechend erreicht T_g ein Plateau in der Umgebung der Zentralachse, wie man durch Vergleich mit einem entsprechenden, insgesamt wesentlich flacher verlaufenden Temperaturprofil der Feldmodellsimulation sehen kann. Dagegen stimmen die Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich zwischen 2 und 8 Metern sehr gut überein. Dies unterstreicht ein grundsätzliches Problem bei der

Anwendung von Korrelationsfunktionen, deren Gültigkeitsbereich von ihrer jeweiligen empirischen Datenbasis abhängt und nicht ohne weiteres extrapoliert werden kann.

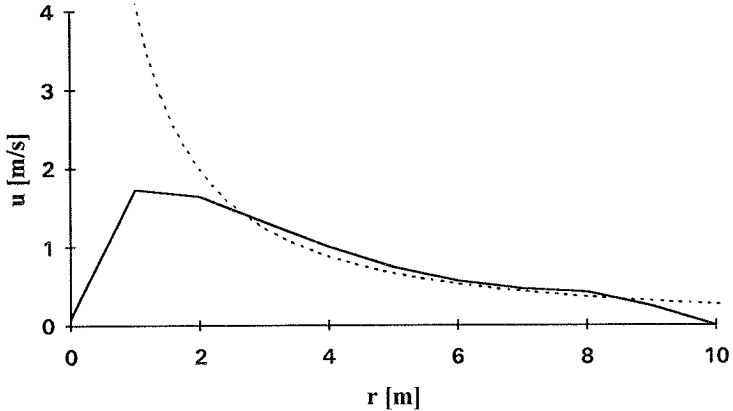


Abbildung 5: Radialprofil der mit dem Korrelationsmodell von Heskestad und Delichatsios berechneten Strömungsgeschwindigkeit des ceiling jet (gestrichelte Linie) und ein entsprechendes, mit dem Feldmodell KOBRA-3D berechnetes radiales Geschwindigkeitsprofil (durchgezogene Linie) nach einer Branddauer von 3 Minuten.

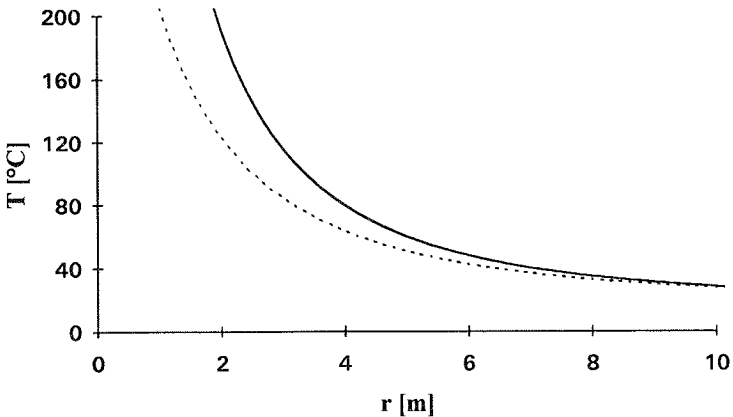


Abbildung 6: Radialprofil der mit dem Korrelationsmodell von Heskestad und Delichatsios berechneten Detektor-Temperatur nach einer Branddauer von 3 Minuten. Die durchgezogene Linie entspricht $H = 1.5$ m (Abstand Palettenstapel - Decke), die gestrichelte Linie $H = 3$ m (Hallenhöhe).

Abbildung 7 zeigt die gemäß Relation (5), jedoch nun mit den mit KOBRA-3D berechneten lokalen und zeitabhängigen Temperatur- und Geschwindigkeitsfeldern des Deckenbereichs ermittelte Detektor-Temperatur nach ebenfalls 3 Minuten. Dabei fällt zunächst auf, daß die Isolinien der Temperatur nicht radialsymmetrisch sind. Dies liegt vor allem an der Änderung des Strömungsverlaufs an den Rändern und Ecken der Decke (Walzenbildung), deren Grundfläche für diese Simulation mit $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ angenommen wurde.

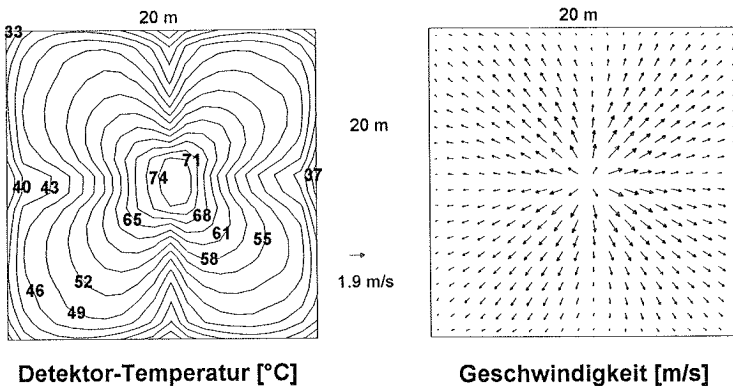


Abbildung 7: Isolinien der Detektor-Temperatur sowie das Geschwindigkeitsfeld unterhalb der Decke einer 3 m hohen Lagerhall nach einer Branddauer von 3 Minuten. Die Brandquelle ist ein Stapel Holzpaletten, dessen Wärmefreisetzungsrate innerhalb dieser Zeitspanne von 0 auf ca. 1500 kW ansteigt.

Die Strömungsgeschwindigkeiten stimmen für $r > 2\text{ m}$ gut mit denjenigen aus Abbildung 5 überein, jedoch ist die Temperatur in Abbildung 7 an entsprechenden Orten in dem für Auslegungsrechnungen relevanten Bereich niedriger als diejenige für $H = 1.5$ gemäß Abbildung 6. Setzt man für diese nur schwer eindeutig zu definierende Größe H anstelle des Abstands des Palettenstapels von der Decke die Hallenhöhe ein (worst case Analyse im Sinne der Auslegung automatischer Brandentdeckungssysteme), erhält man Temperaturen, die ab $r \approx 3\text{ m}$ näher bei den Werten aus Abbildung 7 liegen.

Dieses einfache Beispiel zeigt, daß Korrelationsfunktionen für Auslegungsrechnungen sinnvoll eingesetzt werden können, falls die Beschaffenheit der Decke (glatte Oberfläche) und die Größe der Halle durch die empirische Datenbasis abgedeckt sind und man darauf

achtet, nicht den Gültigkeitsbereich der Modellparameter zu verlassen. Letzteres ist jedoch nicht immer ohne aufwendige Betrachtungen möglich. Liegen jedoch Räumlichkeiten mit komplexerer Geometrie vor oder soll eine unregelmäßige Deckenkonstruktion (Rauchschürzen, Lichthöfe, Kuppelform, etc.) behandelt werden, ist man auf die Anwendung realistischerer Simulationsmodelle angewiesen, wie im folgenden Abschnitt näher ausgeführt wird.

4. Temperaturfelder und Rauchkonzentrationen in komplexen Geometrien

Die für die Auslegung automatischer Brandentdeckungssysteme relevanten Brandkenngrößen lassen sich, insbesondere für komplexe räumliche Gegebenheiten, mit Hilfe des Feldmodellansatzes der Brandmodellierung als Funktion des Ortes und der Zeit bestimmen. Einziger begrenzender Faktor ist dabei die räumliche Auflösung des gewählten Rechengitters, welche im wesentlichen vom verfügbaren Speicherplatz abhängt. Das folgende Anwendungsbeispiel wurde auf einem nicht-äquidistanten Gitter der Dimension $23 \times 22 \times 24$ (12144 Gitterzellen) simuliert. Dabei betrug die Rechenzeit auf einem Personalcomputer mit Pentium-Prozessor (60 MHz, 8 MB Hauptspeicher) etwa 4 Minuten CPU-Zeit für 1 Minute Brandsimulation.

Als Szenarium wurde eine schematisierte, für Produktionsgebäude der chemischen Industrie typische Räumlichkeit [Dargel 92] angenommen. Das Gebäude ist 40 m lang, 20 m breit und 20 m hoch (siehe Gebäudequerschnitt in den Abbildungen 8 - 10). Es besteht aus 3 Hauptgeschossen, welche jeweils 6 m hoch sind. Die massiven Deckenplatten haben als Lichthof angeordnete Öffnungen in der Gebäudemitte, die im Brandfall als Rauch- und Wärmeabzugsschacht wirken können. Es wird weiter angenommen, daß im Erdgeschoß in der Nähe der linken Wand ein Brand ausbricht, dessen Wärmefreisetzungsrate innerhalb von 5 Minuten linear von 0 auf 10 MW ansteigt.

Abbildung 8 zeigt einen Querschnitt durch das Gebäude mit den zugehörigen Temperatur- und Geschwindigkeitsfeldern nach einer Minute Branddauer. In unmittelbarer Umgebung der Brandquelle wird eine Temperatur von ca. 60°C erreicht, wogegen die im Lichthof aufsteigenden Brandgase noch unterhalb 40°C liegen. Das gesamte Mittelgeschoß sowie der dem Brand abgewandte Bereich des Erdgeschoßes sind noch weitgehend unbeeinflusst von den Brandauswirkungen.

Jedoch bereits nach 5 Minuten erreicht oder überschreitet die Temperatur fast überall im Gebäude 60°C (Abbildung 9). Es ist dabei deutlich zu sehen, daß sich innerhalb der Geschoße ein vertikaler Temperaturgradient ausbildet. Im Deckenbereich werden jeweils Temperaturen von etwa 100°C erreicht. Entsprechend breitet sich Rauch innerhalb des Gebäudes aus (Abbildung 10). Bei dieser Simulation wurde eine konstante Rauch-Produktionsrate von 0.1 kg pro kg verbrannten Materials mit einem effektiven Heizwert von

14.6 MJ/kg vorausgesetzt, was zu den berechneten Konzentrationen bis zu 1000 mg/m³ führt.

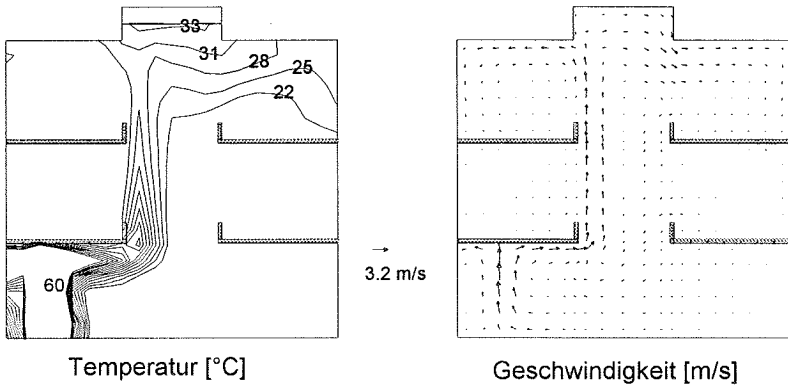


Abbildung 8: Isolinen der Temperatur und Geschwindigkeitsfeld für einen Querschnitt durch ein schematisch dargestelltes typisches Produktionsgebäude der chemischen Industrie. Ein Brand ist im linken Bereich des Erdgeschoßes ausgebrochen. Die Brandgase (1 Minute Branddauer) breiten sich durch den Lichthof zur Gebäudedecke hin aus.

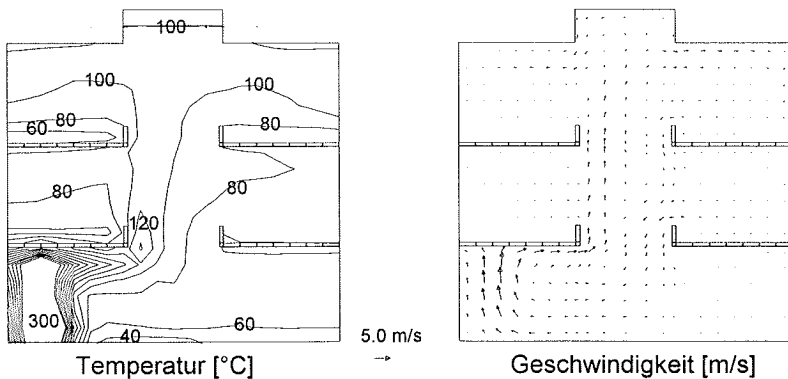


Abbildung 9: Wie Abbildung 8, nun nach 5 Minuten Branddauer. Die Auswirkungen des Brandes haben jetzt sämtliche Geschoße des Gebäudes erfaßt.

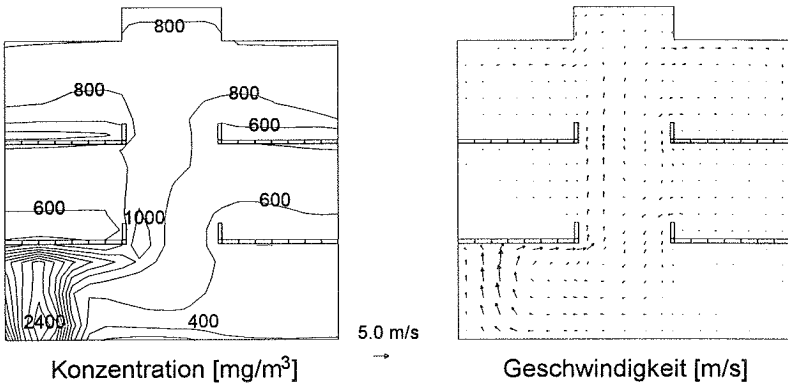


Abbildung 10: Isolinien der Rauchkonzentration und Geschwindigkeitsfeld für den in Abbildung 8 beschriebenen Querschnitt durch ein typisches Produktionsgebäude der chemischen Industrie nach 5 Minuten Branddauer.

Dieses Beispiel veranschaulicht, wie die für die Wirkung automatischer Brandentdeckungsanlagen relevanten Brandkenngrößen Temperatur, Rauch- bzw. Schadstoffkonzentration und Strömungsgeschwindigkeit auch für komplexe räumliche Gegebenheiten, unter Berücksichtigung der tatsächlichen Ventilationsverhältnisse, mit Hilfe numerischer Feldmodellsimulationen als Funktion der Zeit und des Ortes bestimmt werden können. Diese Größen lassen sich, wie in Abschnitt 3 anhand des Beispiels eines Wärmemaximalmelders demonstriert, direkt mit entsprechenden Modellen für die Wirkungsweise des jeweiligen Meldertyps koppeln. Dadurch lassen sich vorhandene Systeme auf die Erfüllung bestimmter Schutzziele hin überprüfen oder gebäudespezifische, auf den jeweiligen Anwendungszweck gezielt zugeschnittene Brandentdeckungssysteme planen, die vorgegebenen Schutzkriterien genügen. Es steht zu erwarten, daß zumindest langfristig solche rechnerischen Nachweisverfahren verstärkt Eingang in entsprechende Genehmigungs- und Bewertungsverfahren halten, wie es etwa die Entwicklung der DIN 18230 im Bereich des baulichen Brandschutzes aktuell vorführt.

Literaturverzeichnis

- R.L. Alpert, E.J. Ward: FMRC J.I. No. 01836.20, Factory Mutual Research Cooperation, 1982
- V. Babrauskas: *Burning Rates*, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, NFPA, Quincy, Massachusetts, 1988
- C.L. Beyler: *Fire Plumes and Ceiling Jets*, Fire Safety Journal 11 (1986) 53
- H.-J. Dargel: *Einfluß des Brandschutzes auf die Konzeption von Produktionsgebäuden der chemischen Industrie*, VDI-Tagung "Brandschutz im Industriebau", Regensburg 1992, VDI-Berichte Nr. 983, 1992
- M.A. Delichatsios: *The Flow of Fire Gases Under a Beamed Ceiling*, Combustion and Flame 43 (1981) 1
- K. Opstadt, R. Wighus, J.Holen, B. Hekkelstrand, J.P. Stensaas: *Modelling of Hydrocarbon Fires Offshore*, SINTEF Report STF25 A91029, 1991
- K. Opstadt, O. Brandt, R. Wighus: *Experimental Modelling of Liquid Pool Fires in an Empty 1:4-scale Offshore Module*, SINTEF Report STF25 A91031, 1991A
- S.V. Patankar, D.B. Spalding: *A Calculation Procedure for Heat, Mass and Momentum Transfer in Three-Dimensional Parabolic Flows*, Int. Journal of Heat and Mass Transfer 15 (1972) 1787
- A. Rempé: *Praxishandbuch für den betrieblichen Brandschutz*, WEKA Fachverlag, Augsburg 1994
- V. Schneider, J. Hofmann: *Modelluntersuchungen von Offshore-Kohlenwasserstoffbränden - Entwicklung eines Feldmodells*, BMFT Abschlußbericht 13 RG 87068, 1990
- V. Schneider, J. Hofmann: *Computer-based Prediction Methods for Fire Hazard Evaluation*, Erdöl & Kohle - Erdgas - Petrochemie - Hydrocarbon Technology 4 (1993A) 156
- V. Schneider, J. Hofmann: *Feldmodell-Simulation von Kohlenwasserstoff-Raumbränden und Sprühnebel-Löschversuchen*, vfdB-Zeitschrift 2 (1993B) 67
- V. Schneider: *Brandsimulation mit dem Feldmodell KOBRA-3D*, aktualisierte Fassung des in den Proceedings des BMFT-Statusseminars "Simulation von Bränden", Bad Neuenahr-Ahrweiler 1993, veröffentlichten Beitrags
- V. Schneider, R. Könnecke, S. Hermann, J. Hofmann: *Brand- und Rauchausbreitung, Evakuierungsmodell*, BMFT Abschlußbericht 13 RG 91141, 1994

W. D. Davis, G. P. Forney, R. W. Bukowski
National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899, USA

Developing Detector Siting Rules from Computational Experiments
in Spaces with Complex Geometries

Abstract

The National Institute of Standards and Technology (NIST) is conducting a four-year research project wherein a computational fluid dynamics (CFD) computer code is utilized to map temperature, flow velocities, and particle densities in spaces with complex ceiling geometries. Through parametric variation of independent variables for the fire and the space, the number and location of smoke or thermal sensors required to assure response prior to a critical fire size is determined. The first year addressed horizontal ceilings with open beams or joists, and the second year adds sloped ceilings.

In addition to the geometric studies, several special studies have been conducted. These include detection of low energy fires (as low as 100 Watts), stratification of fire gases in spaces with a vertical thermocline which exceeds the plume temperature, and obstructions which do not come completely to the ceiling. A unique method of relating the response of detectors to the predicted conditions has been developed which can be utilized with any CFD model or with experimental data. The data analysis is being used to produce siting rules for inclusion directly into existing codes. The paper will review the results of the first two years of the project and present some thoughts on the potential for these techniques to greatly improve the technical basis for the utilization of fire sensors in complex installations.

Introduction

The rapid activation of fire detection and suppression systems in response to a growing fire is one of the important factors required to provide for life safety and property protection. Rapid activation requires that sensors be located at optimal distances both beneath the ceiling and radially from the fire. Ceiling obstructions, such as beams and joists, and ceiling slope can significantly modify the smoke flow and must be taken into consideration when a particular detection system is designed. At present, the standards used to guide the design of these systems contain very little quantitative information concerning the impact of beamed ceilings on sensor placement.

A multiyear, International Fire Detection Research Project sponsored by the National Fire Protection Research Foundation (NFPRF) was initiated to provide quantitative information on the impact of beams, ceiling slope, and forced ventilation on the movement of smoke. During the first year of the project, numerical modeling was validated and additional simulations of level, beamed

ceilings were completed[1]. During the second year, numerical simulations of smoke movement in response to sloped, beamed ceilings were conducted. Based on the projected smoke movement, activation times of smoke and heat sensors were calculated. Recommendations on sensor selection and placement were made based on the activation studies.

During years three and four of this project the effects of HVAC systems on smoke flow and detector response will be studied.

Modeling assumptions

CFDS-FLOW3D[2] was used to perform the numerical simulations. The region of interest was divided into a collection of small rectangular boxes or control volumes. The flow or exchange of mass, momentum and energy between control volumes is determined so that these three quantities are conserved.

The original empirical turbulence parameters proposed by Launder and Spalding[3] (the default in the field model) were used during the first year of this project. A recent analysis given in reference [4] suggests that the parameter set of Nam and Bill[5] may be superior to the default parameters, and were used in year 2.

Because of the short times for contact between the gas and ceiling surfaces solid boundaries were generally assumed to be adiabatic. To test whether the adiabatic assumption was reasonable, both conducting and non-conducting ceiling cases were modeled for sloped ceiling cases where beams were perpendicular to the slope, using the thermal properties for wall board. For both smoke and thermal devices, predicted gas temperatures and sensor activation times were found to be not significantly affected by the adiabatic assumption.

Radiation effects were not included explicitly in the calculation except that only a fraction of the heat release rate was assumed to contribute to convective heating of the smoke and air. The rest of the heat was considered to be radiated away. The radiative fraction was taken to be 35 per cent for all simulations.

The total number of grid cells used to represent the various geometries varied from 13000 to 25000. The fire was centered on two symmetry planes (for flat ceilings) or one symmetry plane (for sloped ceilings) for all cases. For sloped ceiling, the side opposite the symmetry plane was also chosen to be a wall and was located at a distance of 7.3 m (24 ft) from the symmetry plane. The high side of the slope was a combination of wall and open boundary conditions. Ceiling beams were represented by thin surfaces which are mechanisms within the field model for preventing fluid from moving directly from one grid cell to another. The region below the high end of the sloped ceiling and far from the fire did not significantly affect flow either below the ceiling or near the fire. Therefore this region was not included in the calculations in order to save computer time.

The fires used in the simulations were fast, medium and slow growth 't²' fires designed to reach 1.055 MW (1000. Btu/s) in 150, 275, 600 seconds respectively [6, B-2.2.3.2.2, pg 72-159]. In year

2, only the medium growth curve was used since it represents the broadest range of actual fires which might be encountered in practice, and the previous study[1] showed that the results were not sensitive to the fire growth rate.

The fire was modeled by releasing energy over several grid cells. The number of grid cells occupied by the fire was varied during the simulation such that the maximum energy release per volume would be about 2.6 MW/m³ which approximates the heat release rate of a 0.46 m (1.5 ft) high stack of wood pallets[7].

Comparisons between full scale experiments performed by Heskestad and Delichatsios[8, 9] and numerical experiments[1, 10] using the field model[2] show that CFD techniques can be used to predict smoke flow under beamed ceilings.

Case Study

Scope

This study was designed to demonstrate how beam depth, beam spacing, and ceiling height impacted heat and smoke movement. For flat ceilings, beam depths of 0, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.61 m (0-24 in) were studied at spacings of 1.2, 1.5, 1.8, 2.0 and 2.4 m (4-8 ft) with ceiling heights varying from 3.3 to 8.5 m (11-28 ft). Ceiling slopes of 10, 25, and 50 degrees were studied for beams running parallel to the slopes at depths of 0.10, 0.20, 0.30 and 0.61 m (4.0, 8.0, 12., and 24. in), beam spacings of 1.2 m and 2.4 m (4 ft and 8 ft), and ceiling heights of 3.4 m and 4.6 m (11 ft and 15 ft). Beams running perpendicular to a 25 degree slope were studied for beam depths of 0.15, 0.30, and 0.46 m (6.0, 12., and 18. in).

Special cases with gaps between the beam and the ceiling were studied for a ceiling slope of 50 degrees and a beam spacing of 1.22 m (4 ft), for beams parallel to the ceiling and a ceiling slope of 25 degrees and a beam spacing of 2.4 m (8 ft) and for beams perpendicular to the ceiling.

Ceiling slopes of 10, 25 and 50 degrees with no beams, ie smooth ceiling cases, were included and several of the beamed ceiling cases were done with two different venting configurations.

Analysis

Smoke detector activation was calculated by assuming that particle density would correlate with temperature and that smoke detectors would activate when the temperature reached a value of 13° C above ambient [9]. For heat sensors, the activation temperature was chosen to be 57° C (135° F) and the thermal inertia of the sensing element to be represented using the differential equations developed in[11].

$$\frac{dT_L}{dt} = \frac{\sqrt{U(t)}}{RTI} (T_g(t) - T_L(t)),$$

$$T_L(0) = T_g(0)$$

where T_L is the link temperature, RTI is a measure of the sensor's sensitivity to temperature change (thermal inertia) and T_g and U are the gas temperature and flow velocity calculated by the field model. RTI values used in these studies included 50, 100, and 300 (m s)⁻⁵. This model assumes that forced convection is the dominant mode of heat transfer and ignores heat loss due to radiation and conduction.

Observations

Representative observations are given here for the effect of beam depths, spacing, ceiling height, slope on smoke flow and detector response. A more thorough documentation of these observations may be found in [1, 12]

Level Ceilings

When beams are sufficiently deep no flow gets into adjacent channels. This can result in earlier sensor activation times under beamed ceilings than under smooth ceilings provided that a sensor is located in every channel. A related observation is that beams cause flow near the ceiling to slow down and as a result, temperatures are warmer near the ceiling for beam cases than for non-beam cases. Due to the dependence on $\sqrt{\text{flow velocity}}$, heat detectors can be adversely affected by the reduced ceiling jet velocity. The activation time (time normalized to when a fire reaches 1 MW) of sensitive sensors (smoke detectors or RTI=50 heat detectors) is independent of fire growth rate. Figure 1 shows the effect of beam depth on sensor activation.

Conditions in beam channels may be equivalent (in the sense that a sensor will activate in the same time) to conditions under beams.

Beams Parallel to the Ceiling Slope

Many of the observations stemming from calculations involving sloped ceilings occur due to the component of the buoyancy force parallel to the sloped ceiling. This force component produces an asymmetrical flow situation where flow down the sloped ceiling is slowed while flow up the sloped ceiling continues to be accelerated.

Beams trap flow more effectively as the ceiling slope is increased. Beams which may not be deep enough to trap flow on ceilings with only small slopes may be extremely effective in trapping flow as the ceiling slope is increased. Figure 2 illustrates this by comparing the trapping capability for 0.30 m (12 in) beams for 10 and 50 degree sloped ceilings with beams 2.4 m (8 ft) on center at a fire size of 100 kW. For the 25 and 50 degree ceiling slope, the smoke detectors will activate in only the first channel while for the 10 degree ceiling slope, smoke detectors will activate in the

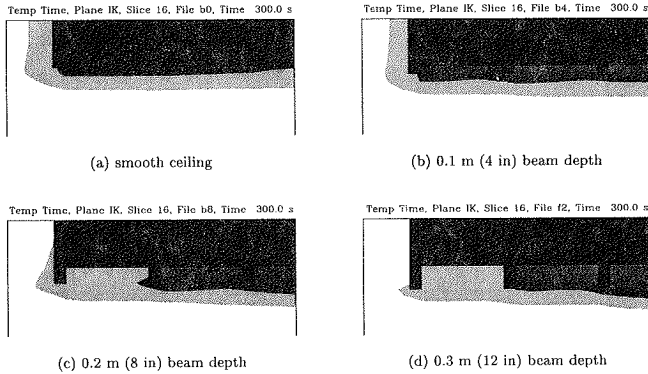


Figure 1: Shaded contour plot of smoke detector response volumes for 1.22 m (4 ft) beam spacings, 3.35 m (11 ft) ceiling height at several beam depths. Dark (light) grey represents 100 kW (1 MW) activation region.

first and second channels since at this slope, the beams are not as effective at constraining the hot gas flow.

Similarly, the greater the ceiling slope, the less the flow penetrates down the slope from the fire center. Figure 2 compares the penetration distance from plume center for a 10 degree slope ceiling and a 50 degree slope ceiling for a ceiling height of 3.4 m (11. ft), beam depth of 0.30 m (12.0 in), beam separation of 2.4 m (8.0 ft), and fire size of 100 kW. For the 10 degree slope, smoke detectors would activate nearly to the back wall. Very little down slope penetration is observed for the 50 degree slope case. For all cases analyzed, only smoke detectors will activate at the 100 kW fire size. Thermal sensor activation has not occurred at either 3.4 m (11.0 ft) or 4.57 m (15.0 ft) ceiling heights at this fire size.

Activation conditions under beams may be equivalent to activation conditions in adjacent beam channels. The speed of the gas decreases as the plume nears the ceiling but then accelerates along the ceiling slope.

Beams Perpendicular to the Ceiling Slope

Perpendicular beams cause the gas flow to be, in part, redirected along the beams. The component of the buoyant force parallel to the ceiling will still be a factor in accelerating the gas along the ceiling slope. Since there is significant flow directed along the beam, the presence of a wall will stop the gas flow along the beam and make it move up over the beam at the wall location.

Perpendicular beams impede the flow up the ceiling. The 0.15 m (6 in) beams permit more flow than the 0.45 m (18 in) beams which tend to channel more flow along the beams as shown in

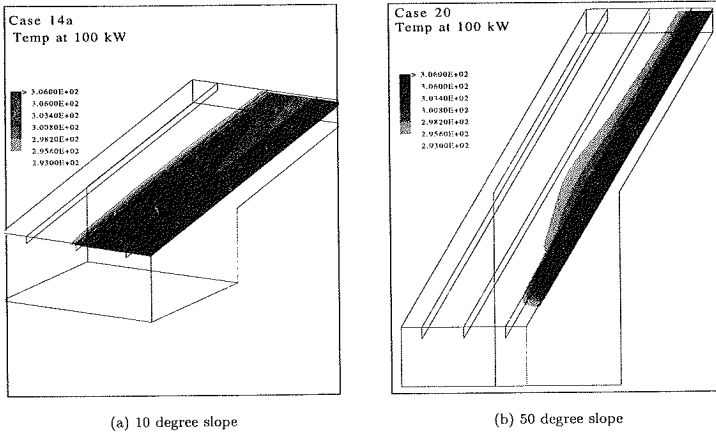


Figure 2: Contour plots of smoke detector response for two slopes with 0.30 m (12 in) deep beams and a t^2 fire that reaches 100 kW in 87 seconds.

Figure 3.

When the upslope flow starts to fill a higher beam channel, conditions for detection 0.076 m (3.0 in) beneath the beam are equivalent to the conditions in the higher channel. Comparison of conducting and non-conducting ceilings (See Figure 4.) demonstrated that the adiabatic assumption was reasonable. Increasing the ceiling slope decreases the effectiveness of the perpendicular beams in impeding the flow of smoke up the ceiling.

Parallel Beams With Gaps

The presence of a gap between the top of the beam and the ceiling should provide some access for gas flow into adjacent beam channels. The simulation used for this study was a 50 degree sloped ceiling with 0.30 m (12. in) beams 1.22 m (4.0 ft) on center with the beams running parallel to the slope. The gap was located next to the ceiling and was 0.076 m (3.0 in) deep. The gap allows the gas flow to reach additional adjacent channels. For each fire size, the presence of the gap allows smoke detectors to activate in an additional adjacent channel. The upslope activation of smoke detectors and heat sensors is decreased when a gap is present. The presence of a gap does not permit activation of heat sensors in additional beam channels for the 1 MW fire size.

Perpendicular Beams With Gaps

The presence of a gap between the top of a beam and the ceiling should permit hot gas flow to move more freely in the upslope direction. The simulation used to study this case was a 25 degree

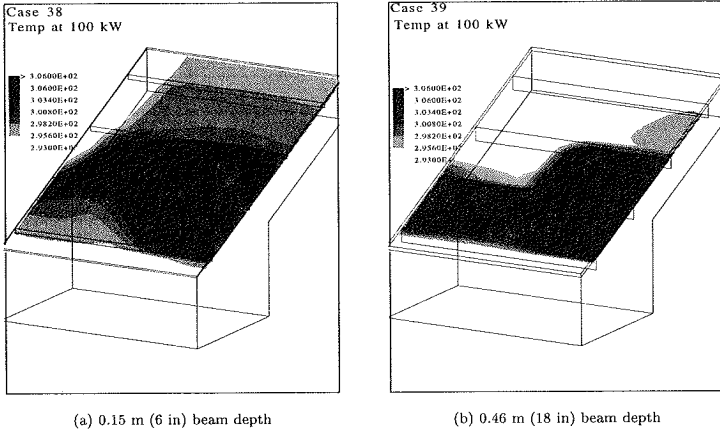


Figure 3: Contour plots of smoke detector response for two beam depths for a 25 degree sloped beamed ceiling and a t^2 fire that reaches 100 kW in 87 seconds.

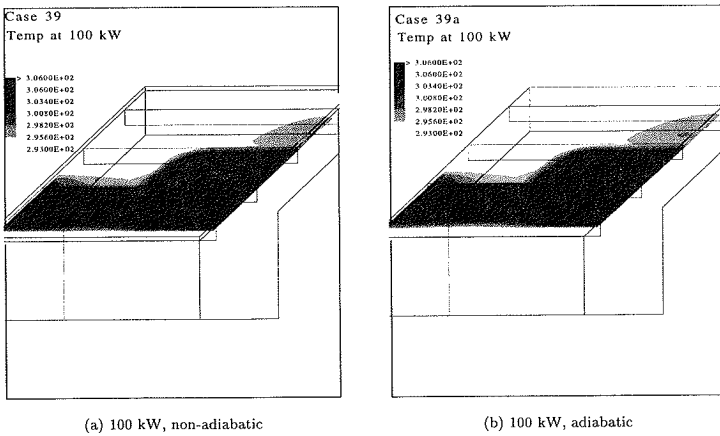


Figure 4: Effect of the non-adiabatic assumption on smoke detector response for a 25 degree sloped beamed ceiling with 0.46 m (18 in) deep beams .

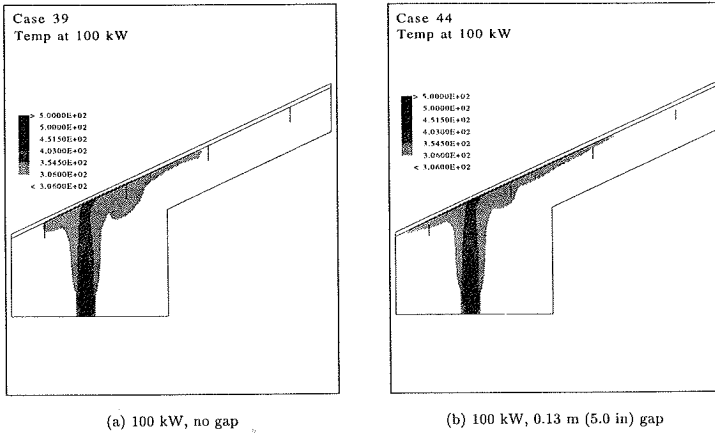


Figure 5: Contour plots illustrating the effect of gaps at the top of a beam on smoke detector response. Each case has a 25 degree sloped beamed ceiling with 0.46 m (18 in) deep beams .

sloped ceiling with a 0.13 m (5 in) gap in an 0.46 m (18 in) beam.

The gap permitted more rapid flow up the ceiling slope. Comparing contour plots in Figure 5 show activation at larger distances from the plume center for smoke detectors.

The gap permitted downslope flow with activation of smoke detectors and heat sensors in beam channels below the plume center as shown in Figure 5(b). The presence of the gap reduces the thickness of the activation region underneath the beams as shown in Figure 5(b).

Conclusions

For level ceilings, siting rules were developed which allow flexibility in locating sensors on either the ceiling or the bottom of beams where the depth of the ceiling layer is sufficient to assure equivalent activation. The effect of deep beams in trapping flow and the existence of “dead air” spaces was shown. For sloped ceilings, it was generally observed that increasing the ceiling slope caused the flow velocity up the slope to increase. When the beams run parallel to (up) the slope, they channel the flow, causing it to accelerate more. The effect is similar to that observed in the first year with horizontal, beamed ceilings for the flow in the direction parallel to the beams, but more pronounced due to the acceleration of the flow up the slope. This increased flow channeling is insensitive to the depth of the beams over the range of beam depths studied. Increasing the slope also decreases the downslope penetration of the flow, so that for slopes greater than 10° the row of sensors at the low end of the sloped ceiling (located half the spacing from the wall) are unlikely

to activate unless the fire is very near the lower wall, and then the accelerated flow would cause the next row up the slope to activate quickly. Thus, in these cases it is felt that this lowest row of sensors may be omitted.

When the beams run perpendicular to (across) the slope they impede the flow and cause it to slow in the up slope direction and spread further across the ceiling within the channel. Again, the effect is similar to the horizontal, beamed ceiling with the flow component perpendicular to the beam direction. Here, the beam depth influences the effect since deeper beams produce more channeling, but the effect of the ceiling slope is reduced as the flow has less chance to accelerate before being turned by the beam.

This work clearly demonstrates the potential of CFD codes as a means of conducting computational experiments to study complex flow phenomena. The detailed results provided by the code exceeds the level of detail possible to measure in physical experiments. The techniques for determining sensor response volumes can be used in both physical and computational experiments as a means to study detector placement. Thus, the techniques demonstrated in this study represent a powerful new tool for providing a better technical basis for detector siting rules in international codes and standards.

References

- [1] Glenn P. Forney, Richard W. Bukowski, and William D. Davis. Simulating the effect of flat beamed ceilings on detector and sprinkler response, 1993. Available from the National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.
- [2] CFD Department, AEA Industrial Technology, Harwell Laboratory, Oxfordshire, United Kingdom. HARWELL-FLOW3D Release 3.2: User Manual, October 1992.
- [3] B.E. Launder and D.B. Spalding. The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3:269-289, 1974.
- [4] Kathy A. Notarianni and William D. Davis. The use of computer models to predict temperature and smoke movement in high bay spaces. Technical Report 5304, National Institute of Standards and Technology, 1993.
- [5] S. Nam and R. G. Bill Jr. Numerical simulation of thermal plumes. *Fire Safety Journal*, 21:231-256, 1993.
- [6] NFPA 72, National Fire Alarm Code, 1993 edition, 1993.
- [7] NFPA 204M, Guide For Smoke and Heat Venting, 1982.
- [8] G. Heskestad and M. A. Delichatsios. Environments of Fire Detectors - Phase II: Effect of Ceiling Configuration. Volume I. Measurements. NBS-GCR-78-128, National Institute of Standards and Technology, 1978.
- [9] G. Heskestad and M. A. Delichatsios. Environments of Fire Detectors - Phase II: Effect of Ceiling Configuration. Volume I. Analysis. NBS-GCR-78-129, National Institute of Standards and Technology, 1978.
- [10] Glenn P. Forney, William D. Davis, and John H. Klote. Simulating the effect of beamed ceilings on smoke flow, Part I. Comparison of numerical and experimental results. NISTIR 4994, National Institute of Standards and Technology, 1992.
- [11] Gunnar Heskestad and Herbert F. Smith. Investigation of a new sprinkler sensitivity approval test: The plunge test. Technical Report Serial No. 22485 2937, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA, 1976. RC 76-T-50.
- [12] William D. Davis, Glenn P. Forney, and Richard W. Bukowski. Simulating the effect of sloped beamed ceilings on detector and sprinkler response, 1994. Available from the National Fire Protection Research Association, Batterymarch Park, Quincy, MA.

P.Andersson, G.Holmstedt
Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Lund, Sweden

CFD-Modelling Applied to Fire Detection - Validation Studies and Influence of Background Heating

Abstract

This paper focuses on the application of Computational Fluid Dynamics Modelling (CFD) to study smoke movement from a fire to a detector in enclosures.

In the first part of the paper experimentally measured time dependent light absorption and gas temperatures in the ceiling of a fire test room for test of automatic smoke detectors are compared with numerical modelling. The test fires considered were the open plastic fire TF4 and the liquid n-heptane fire, TF5 according to EN 54-9 test standard. Measured values of the rate of heat release (kW) and smoke production ($\text{obs}\cdot\text{m}^3/\text{s}$) from hood experiments using oxygen consumption calorimetry and light obscuration measurements were used as the input source term in the numerical simulations using the JASMINE code. In combination with numerical simulation a more rational use of the information obtained in the EN 54-9 sensitivity test standard fires can be obtained.

The second part of the paper presents results from a numerical simulation describing a situation where two heat sources, a growing fire and a radiator in a sleeping room, produce competing flow fields. The heat from the radiator produces a vortex which may prevent the smoke from reaching a detector placed in the centre of the ceiling. Examples are given of simulated gas temperatures and flow fields. Simulated light absorption and CO yields in the room can also be derived by assuming that the CO and smoke yields are proportional to the rate of heat release of the fire.

Introduction

Fire detection has made great progress during the last decades. This development is partly based on increased knowledge regarding fire processes and fire signatures in general, partly on improvements in hardware design and in the processing and analysis of response signals. Detectors detect signals and a fire detector detects some emission from a fire. Thermal radiation is independent of the flow of gases but heat gaseous emission and particulate matter are not. They are carried by the thermally driven plume which becomes established above the fire, provided there is no interference by other currents.

Heat sources present in an enclosure before the fire will have established a flow pattern which is also affected by ventilation and in some buildings by the wind, the effect of which can be transmitted through the building envelope. These flow patterns are the "noise" against which the fire has to be detected and they determine, to an order of magnitude, the size of fire which can be distinguished from the background. It is a property of enclosure design, the heating and ventilation systems etc.

Modelling smoke detector response is not easy. A simple method is to calculate a mean optical density in the gas volume surrounding the detector using experimental smoke production data and assuming well stirred conditions. The optical density required to alarm a particular detector must then be known from some test which takes into account the variation with particle size, complex refractivity index, fuel etc.

The NFPA has suggested that a detector could be regarded as a low temperature heat detector operating when the calculated temperature rise is 20°C. This was recognised as arbitrary but its main significance is that its low value compared with that for a sprinkler. However the response characteristics of smoke detectors vary widely e.g. with particle size distribution, ionisation of smoke particles etc., compared with thermal detectors. In addition less is known about the production, properties and transport of smoke in the early stages of a fire e.g. variation with fuel.

The NFPA suggestion, can be combined with different semi-empirical theories which take the ceiling jet into account [1-4]. However those methods have limitations due to boundary layer effects, and influence of the walls, beams, sloping ceiling, and other obstructions. In addition they do not take account for the influence of "noise" as described above.

These arguments reinforce the need for CFD-modelling of typical initial conditions in rooms and occupancies so that their design values can be ascertained perhaps on a probabilistic basis. In the present paper CFD-calculations have been carried out using Fire Research Station's (UK) JASMINE . Fire tests in the EN-54 room at DELTA Electronics (DK) /5/ have been validated and the influence of "noise" from a radiator have been investigated.

Validation using EN 54-9 test

Rate of heat release and smoke production from EN 54 standard test.

The test fires in EN 54-9 /6/, the open plastic fire, TF4, and the liquid heptane fire, TF5, were ignited and allowed to burn freely with no restriction of air supply under a hood according to Fig.1 . The rate of heat release (RHR) was determined using the oxygen consumption calorimetry /7/. The light obscuration in the exhaust duct was measured with a lamp of incandescent type operating at a colour temperature of 2900 K and a detector with the CIE photopic responsivity curve /7/. The obscuration production rate, R, was calculated according to :

$$R = 10/L \cdot \log I_0/I \cdot V_T \text{ obs} \cdot \text{m}^3 \text{ s}^{-1}.$$

$10/L \cdot \log I_0/I$ is the number of obscura measured in the exhaust duct and V_T is the volume flow of hot gases in the exhaust duct.

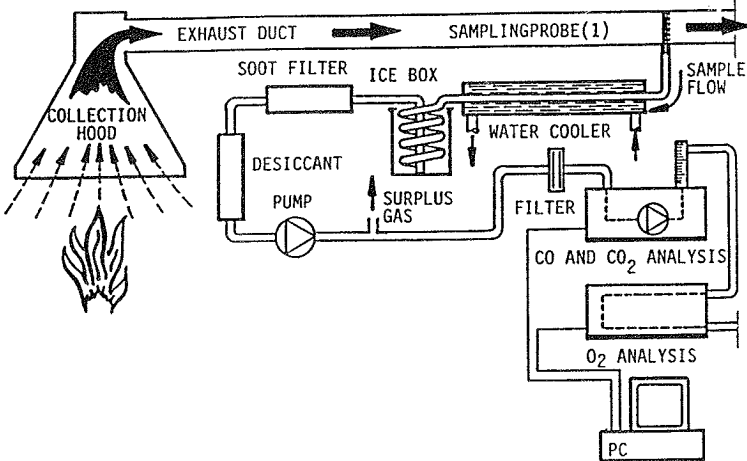


FIGURE 1 Experimental set-up.

In Fig.2 and 3 the measured rate of heat release, kW, and smoke production, R, are shown as a function of time . Information about the rate of heat release and smoke production from the test fires have not been found in the literature. By correcting for the time delay in the RHR measurement, approx. 30s , and dividing the smoke production by the rate of heat release the smoke production per energy released can be calculated. Considering the combustion efficiency the mass optical density, D_m can be derived. D_m is approximately constant for the fires considered, 2 obs·m³/g for TF4 and 3 obs·m³/g for TF5.

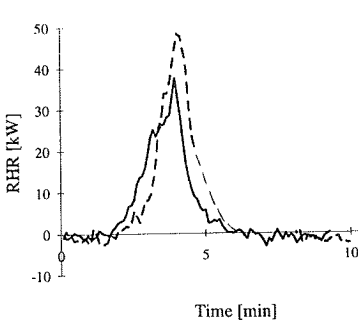


FIGURE 2a RHR from TF4

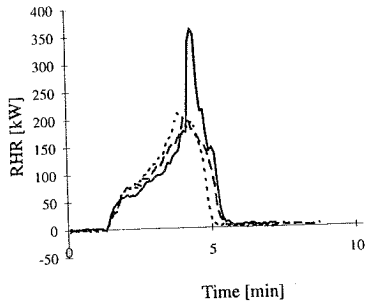


FIGURE 2b RHR from TF5

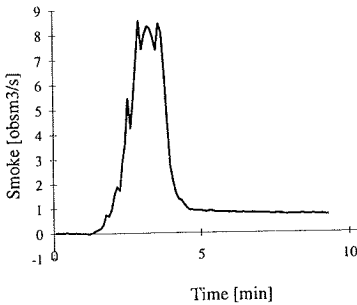


FIGURE 3 Smoke production from TF4

Modelling of the TF4 and TF5 fire in the EN54-9 test room.

In the present simulations, the Fire Research Station's (FRS,UK) JASMINE code, version 1.1 (1988) was used. The simulation of ceiling jet from test fires, TF4 and TF5 in the EN54-9 test room, of length 8 m, width 6 m and height 4 m, has been compared with experimental tests conducted at Delta Electronics (DK)/5/. The combustion of the test fires was approximated to a complete, one step oxidation of gaseous propane using Magnussen's Eddy Dissipation Concept (EDC). The mean value of the heat release rate in the experimental case was modelled as being liberated from the combustion of an equivalent flow rate of propane. The convective heat release was assumed to be 75% of the total energy measured. The mass optical density was taken as constant given above. A small opening close to the floor allowed the gases to expand out of the room and a fixed pressure boundary was used outside, above the room. Wall conduction was modelled and a zero velocity condition was imposed on the walls. Near the wall, the heat and momentum fluxes obeyed the standard wall function relations. Heat losses from the wall boundaries were calculated assuming a lumped heat transfer coefficient which takes account of both radiate and convective effects. In order to save computing time on the Silicon Graphics 4000 computer only 1/4 of the room was simulated assuming two central symmetry planes. The calculations were performed with $23 \cdot 21 \cdot 25$ cells (11550 control volumes). Near the ceiling and fire source smaller control volumes were used in order to obtain better numerical accuracy in the calculations.

Fig.4 shows comparison of experimental results with calculated temperature increase 1 dm below the ceiling at 3 m distance from the fire. Several experimental values from test fires have been incorporated. The scatter in the experiments for TF4 is substantial. Fig.5 shows comparison of experimental results with measured light attenuation, dB/m, at the same measuring point. The attenuation has been calculated from the oxygen depletion ($.232 - \chi_{O_2}$) assuming that only a dilution process take place after the combustion zone.

$$dB/m = D_m \cdot (.232 - \chi_{O_2}) T_0 / (.232 \cdot V_g \cdot T)$$
, where χ_{O_2} is the calculated mass fraction of oxygen, T_0 the initial temperature (K), T the actual temperature (K) and V_g the volume of gas (m^3) produced at T_0 when 1 g of the material is burnt stoichiometricly and considering the combustion efficiency to be .7 for TF4 and .93 for TF5 /8/.

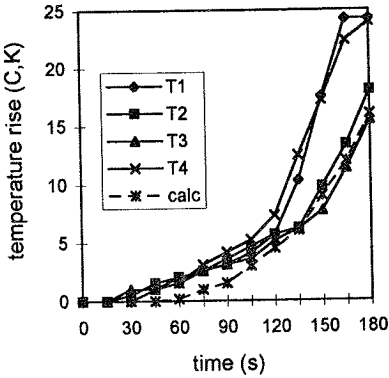


Fig 4a Simulated and measured temperature, TF4

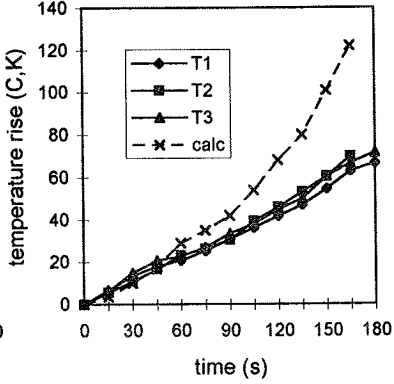


Fig 4b Simulated and measured temperature, TF5

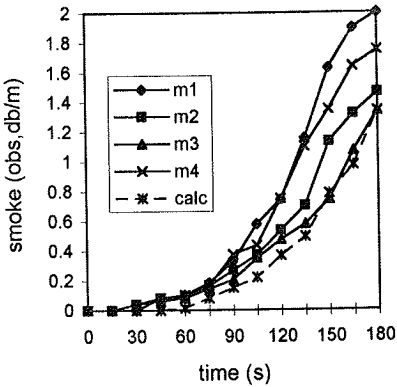


Fig 5a Simulated and measured attenuation, dB/m, TF4

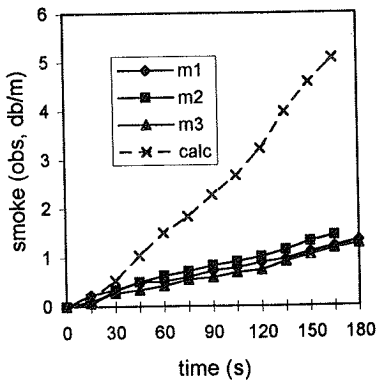


Figure 5b Simulated and measured attenuation, dB/m, TF5

Discussion

The prediction of the gas temperatures as a function of time is good considering both the experimental scatter and the turbulence model used.

It has been reported by several investigators that the standard $k-\epsilon$ model, which was adopted in the present simulations, underestimates the plume width /9-13/, which is a consequence of overestimated centre-line values of plume gas velocities and temperatures. Possibly a modified $k-\epsilon$ model or a full second-order closure should be used instead to take into account non-isotropic effects due to buoyancy.

The prediction of light attenuation as function of time is good for TF4 but is overestimated by a factor of three for TF5. The discrepancy could be attributed to several factors; an overestimation of temperature as described above; non coupling between the temperature and smoke field; smoke coagulation /14/; or the light obscuration measurement. In the EN54 test standard a light source of 860 nm (λ) is used compared to 555 nm used in these tests and usually in fire tests (or 632.8 nm). In the Mie-region the extinction efficiency, $E(\alpha_s, m)$, increases as α_s^4 or α_s for non absorbing or absorbing particles respectively for small values of α_s ($\alpha_s = \pi d/\lambda$, d = particle diameter and m = refractive index). Some of these problems could be sought out by extended light attenuation measurements.

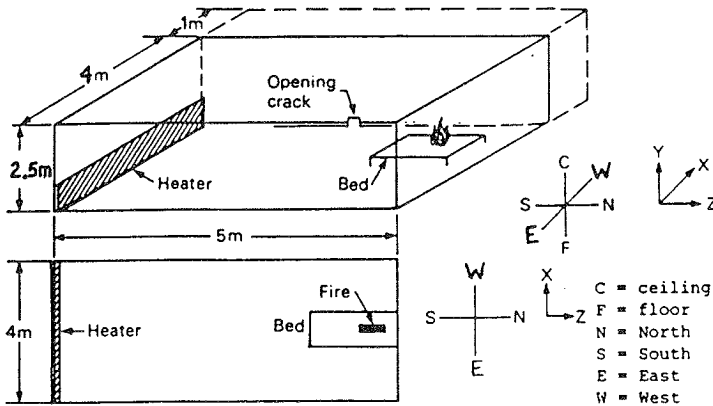
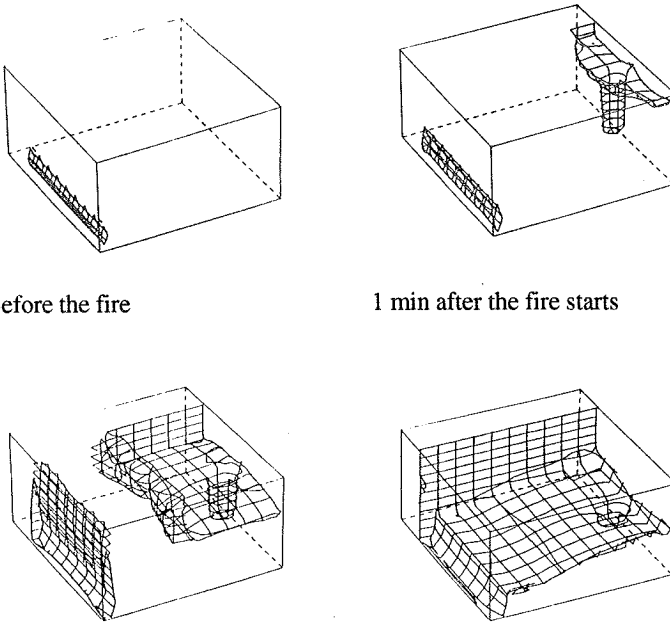


FIGURE 6 Fire scenario

Noise from a radiator

A heat source present in an enclosure before the fire will have established a flow pattern which interferes with the fire plume and may delay detection. An example is given below, Fig.6, a fire in a bedroom with a radiator. The radiator is placed on the south wall close to the floor and has a stationary power of 4 kW. The radiator has been switched on for a long time before the fire starts. The fire in the bed is increasing linearly from 0 to 150 kW in 15 minutes. The initial temperature in the surrounding is 15 °C. Fig.7 shows the predicted temperatures and Fig.8 the predicted velocities in the centre of the room. As shown in Fig. 7-8 the convection from the fire starts to gain over the fire at a time 2 to 3 minutes. At that time the RHR from the fire is about 1.5 times as big as the power from the ventilator.



2 min after the fire starts 3 min after the fire starts
FIGURE 7 Predicted temperatures, 25 °C surface, corresponding to a temperature increase of 10 °

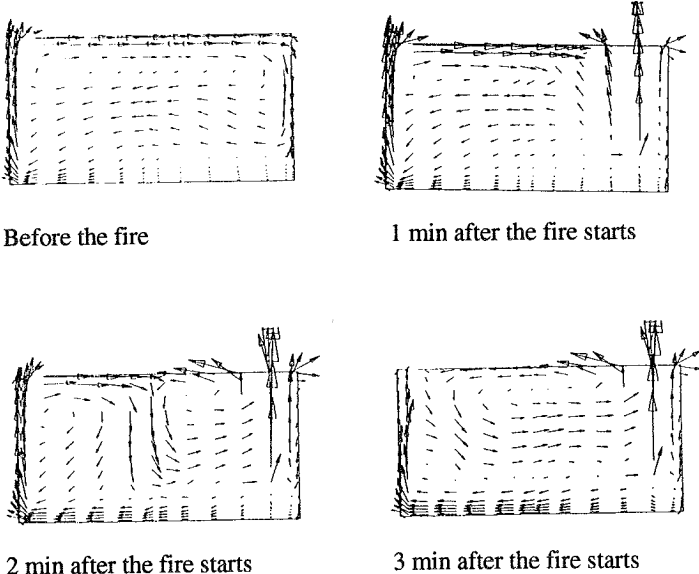


FIGURE 8 Predicted velocities in the centre of the room

Summary

The CFD code JASMINE predicts ceiling jet temperatures and velocities in rooms caused by plumes from unsteady fires with reasonable accuracy. The differences between measured and calculated data, in general, are within 30%.

The prediction of light attenuation is more difficult. More experimental information is needed e.g. where the soot is formed, how attenuation is influenced by particle size distribution and measuring wavelength and ageing of smoke.

The EN54 test procedure cover a wide range of material and fire sizes. However, at present the results from the method can not be used for design purpose .

Acknowledgements

This work was supported by the Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK). Acknowledgements are also given to Delta Electronic Testing, DK, who supplied us with test results from the EN54 test procedure.

References

- 1 Alpert,R., *Fire Technology*, **8** (1972) 181.
- 2 Alpert,R., *Comb.Sci.and Tech.*, **11** (1975) 197
- 3 Heskestad,G.,Delichatsios,M.A.,*NBS-GCR-77-86* and *NBS-GCR-77-95*,1977
- 4 NFPA 72E, *Standard on Automatic Fire Detectors*, Appendix C
- 5 Aulund,M., Delta Electronics Testing, DK, Privat communication
- 6 EN 54, part 9, *Components of automatic fire detection systems*, Part 9. Fire sensitivity test
- 7 NT Fire 032,*Upholstred furniture-Burning behaviour-full scale test*
- 8 Tewarson,A.,*The SFPE handbook of Fire Protection Engineering*, NFPA (1988) 1-179
- 9 Hossain.M.S.,Rodi,M., *Turbulent Buoyant Jets and Plumes*, Pergamon Press, New York,1982
- 10 Davidsson,L.,*Int.J.Heat Mass Transfer*,**33** (1990) 2599
- 11 Shabbir,A.,Taulbee,D.B.,*J.Heat Transfer,ASME*,**112**(1990) 945
- 12 Nam,S.,Bill,R.G.,*Fire Safety Journal*,**21**(1993) 231
- 13 Touvinen,H.,*Simulation of Combustion and Fire Induced Flows in Enclosures*, Thesis to be published in January 1995.
- 14 Yamauchi,Y., *Proc. 1st Int.Symp. on Fire Safety Science*,Springer-Verlag (1985) 719

A. Fischer and C. Müller
Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Germany

A Simulation Technique for the Design of Multi Sensor based Fire Detection Algorithms

Abstract

Detection principles using more than one sensor with "intelligent" signal processing are one of the most important developments in automatic fire detection technology. The motivation for the design of such detection systems is the still unacceptable false alarm behaviour of many automatic fire detection systems and the need of a valid replacement for ionization detectors because of the increasing environmental regulations involved with the necessary radioactive material. The use of more than sensor (i.e. temperature and smoke density) gives more information about the environmental condition to the detector and allows (but does not imply) the distinction between the fire and the non-fire case with less false alarms. Obviously the capabilities of the detector mostly depend on the signal processing applied. In this signal processing digital and statistical signal processing, neural networks and fuzzy logic can be used. The resulting detection algorithm is much more sophisticated and more difficult to design and judge than a simple threshold principle. This paper presents a simulation technique to aid the design of multi sensor based detection principles. The simulation technique is based on the statistical modeling of the detectors sensor signals using a representative set of previously recorded signals. The principal approach of the simulation technique will be discussed and be applied to a new multi sensor based detection algorithm.

1 Introduction

In the past and to great extent even now automatic fire detection systems consist of sensors known to be useful in this area (ionization chamber, optical scattered light smoke sensor and temperature sensor) with more or less simple signal processing and detection principles. These systems have proved their capability to detect fires in practical applications. But with the increasing number of installations the problem of unwanted alarms becomes more and more apparent. In extreme cases fire brigades had to reject any further connections to automatic fire detection systems because they were mainly serving unwanted alarms. An unwanted alarm is any alarm given by a fire detection system when there is no fire. This may be due to failures of some component in the detection system, misuse by personal or a misinterpretation of the

current environmental condition based on the monitored signal(s). To address this problem (especially the case of misinterpretation) Multi Sensor based Fire Detection systems (MSbFD [4]) have emerged. The use of more than one sensor provides additional information on the environmental condition and allows a less erroneous distinction between the fire and no-fire case.

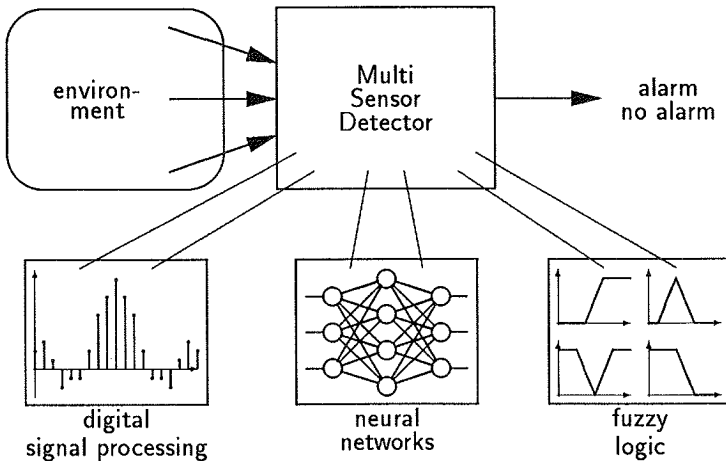


Figure 1: A general Multi Sensor based Fire Detector (MSbFD)

The layout of MSbFDs with signal processings beyond threshold detection and alarm delay offers lots of degrees of freedom. Figure 1 shows a general MSbFD. The MSbFD is a system with n inputs coming from the observations of the environment using different sensors. These sensor signals are then combined and interpreted to safely distinguish between the fire (alarm) and non-fire case (no alarm) as the single output of the system. The processing techniques that are of interest within this respect are: digital signal processing, neural networks and fuzzy logic. All of those are meanwhile applicable in fire detectors due to the technological development and the availability at cheap prices of the necessary micro-electronic devices.

The problem of parameter tuning of sophisticated signal processings or comparative studies between different principles can be carried out practically only in the fire case involving lots of experimental work. So as in many other areas there is the need for a simulation technique for studying MSbFD algorithms. A simulation technique for this purpose will be presented which is based on statistical modeling of the signals observed by the detection algorithm.

The following section introduces the principal approach of the simulation technique and its prerequisites. A new detection algorithm incorporating multiple sensors is presented in section 3. The capabilities of the detection algorithm and the effect of parameter variations are studied in section 4. A short conclusion with further perspectives finishes the paper.

2 The Simulation Concept

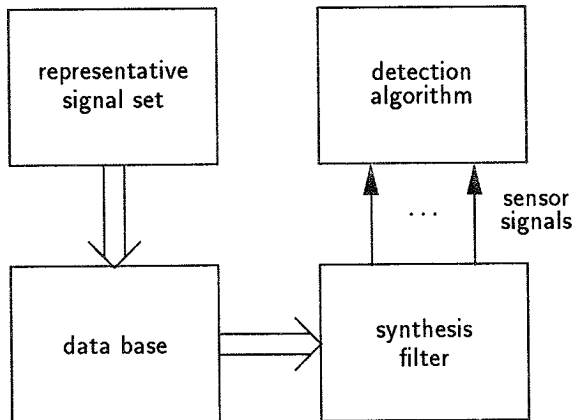


Figure 2: Principal structure of the simulation system

Figure 2 shows the structure of the simulation system. The basic prerequisite of this simulation approach is a so-called *representative signal set*. This signal set has to be recorded with the same sensors as the MSbFD to be studied uses. The recordings should cover a representative set of situations (fires for detection capabilities and non-fire situations for false-alarm behaviour). Through the statistical modeling of the recorded signals the recorded set signal set can be expanded to simulation times of desired length which is especially important for the non-fire case.

In an analysis procedure parameters are extracted (and stored in a data base) from the signal set that describe their statistical properties. The stored parameters allow the specification of a synthesis filter driven by a white noise process to produce simulation signals that are statistically similar to the recorded ones, but different in detail for each run. Furthermore they can be created arbitrary often and at desired

length. The detection algorithm (that has to be implemented as a C function and linked to simulation kit) then is fed with the simulation signals and its output is protocolled. The evaluation of the simulation protocols allows quantitative estimates for detection probabilities and times in the fire case and the false alarm rate in the non-fire case.

The details of the analysis procedure were presented in [2], [3]. The project report [6] additionally contains a full description of the simulation software. The software was written in the programming language C and has been tested on different UNIX operations systems (NeXTstep 2.1, SUN OS 4.1.3, Linux). With these systems (on NeXT 68040/25MHz or PC486DX/33MHz) speedup ratios of ≈ 600 on one computer can be reached.

3 A new Fire Detection Algorithm

This section introduces the principle of a new multi-sensor fire detection algorithm. According to the current situation in automatic fire detection technology, two restrictions were imposed on the design of the new detection algorithm:

1. It should be possible to implement the algorithm on a common 8-bit micro-processor system already used in existing detectors.
2. With respect to the environmental regulations on ionization sensors the new algorithm should monitor optical smoke density and temperature serving as a possible replacement for ionization detectors.

The capabilities of a detection system mostly depend on the signal processing applied. This signal processing can be divided into two subsystems: signal preprocessing (i.e. analog and digital filtering, statistical processing) and a decision network. In a simple threshold detector these subsystems are the analog amplifier and the threshold device, respectively. The decision network of the new detection algorithm is realized by a *fuzzy expert system*. The following figure illustrates the structure of a multi-sensor detector based on the new detection algorithm.

The following subsection will briefly introduce the basic concepts of the fuzzy set theory and then (subsection 3.2) the essentials of a fire detection algorithm using fuzzy logic and taking into account the design restrictions will be presented.

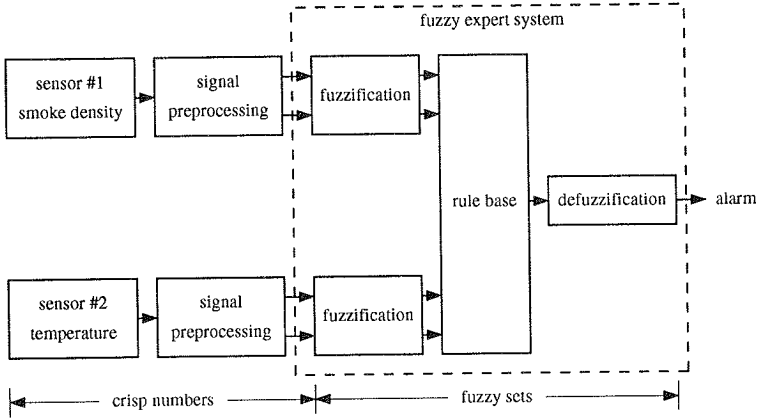


Figure 3: Structure of a multi sensor detector based on the new algorithm

3.1 Introduction to Fuzzy Set Theory

A *classical (crisp) set* usually is defined as a collection of elements or objects $x \in X$ which can be finite, countable, or over-countable. Each element can either belong or not belong to a set A , $A \subseteq X$.

Such a classical set can be described in different ways: one can either enumerate (list) the elements that belong to the set or define the member elements by using the characteristic function, in which 1 indicates membership and 0 non-membership. For a fuzzy set, the characteristic function allows various degrees of membership for the element of a given set.

Similarly, a *fuzzy set* \tilde{A} in a collection X of objects is a set of ordered pairs, each with the first element x from X , and the second element from the interval $[0, 1]$:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\} \tag{1}$$

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ is called the membership function or grade of membership of x in \tilde{A} which maps X to the membership space M . (When M contains only the two points 0 and 1, \tilde{A} is non-fuzzy and $\mu_{\tilde{A}}(x)$ is identical to the characteristic function of a non fuzzy set.) The range of the membership function is a subset of the nonnegative real numbers whose supremum is finite.

For example, the set X represents the range of observed data x of the smoke density,

e.g. $x \in X = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$. The fuzzy set $\tilde{A} = \text{"High"}$ will answer the question "to what degree is the measured smoke density high?". The membership function $\mu_{\tilde{A}}(x)$ assigns a degree of membership to each observed data x of the smoke density and may look like:

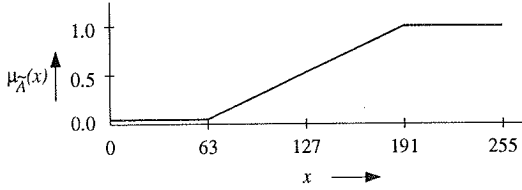


Figure 4: The membership function "high smoke density"

The membership function obviously is the crucial component of a fuzzy set. Therefore the operations with fuzzy sets are defined via their membership functions. The following standard definitions constitute a consistent framework for the theory of fuzzy sets (there are, however, alternative or additional definitions for set theoretic operations):

The membership function $\mu_{\tilde{C}}(x)$ of the *intersection* $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ (fuzzy logic AND) is defined by

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}, \quad x \in X \quad (2)$$

The membership function $\mu_{\tilde{C}}(x)$ of the *union* $\tilde{C} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ (fuzzy logic OR) is defined by

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\}, \quad x \in X \quad (3)$$

The membership function $\mu_{\tilde{C}}(x)$ of the *complement* $\tilde{C} = \overline{\tilde{A}}$ (fuzzy logic NOT) is defined by

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), \quad x \in X \quad (4)$$

A *fuzzy expert system* is an expert system that uses a collection of fuzzy membership functions and *rules*, instead of Boolean logic, to reason about data. The rules in a fuzzy expert system are usually of a form similar to the following:

IF x IS *low* AND y IS *high* THEN z IS *medium*

where $x \in X$ and $y \in Y$ are input variables (name for known data values), $z \in Z$ is an output variable (a name for a data value to be computed), low is a membership

function (fuzzy subset) defined on X , high is a membership function defined on Y , and medium is a membership function defined on Z . The antecedent (the rule's premise) describes to what degree the rule applies, while the conclusion (the rule's consequent) assigns a membership function to the output variable. The set of rules in a fuzzy expert system is known as the *rule-base* or *knowledge base*.

The general reasoning process proceeds in three (or four) steps:

1. During *fuzzyfication* membership functions defined on the input variables are applied to their actual values, to determine the degree of truth for each rule premise.
2. *Interference* is the computation of the truth value for the premise of each rule and its application to the conclusion part. This results in one fuzzy subset to be assigned to each output variable for each rule. In min interfering the output membership function is clipped off at a height corresponding to the rule premise's computed degree of truth (fuzzy logic AND, see above).
3. The *composition* process combines all of the fuzzy subsets assigned to each output variable together to form a single fuzzy subset for each output variable. In max composition the combined output fuzzy subset is constructed by taking the pointwise maximum over all of the fuzzy subsets assigned to the output variable by the inference rule (fuzzy logic OR).
4. *Defuzzyfication* as a last (optional) processing step is used when it is useful to convert the fuzzy output set to a crisp number. Two of the common techniques are the *centroid* and *maximum* methods. In the centroid method, the crisp value of the output variable is computed by finding the variable value of the centre of gravity of the membership function for the fuzzy value. In the maximum method, one of the variable values at which the fuzzy subset has its maximum truth value is chosen as the crisp value for the output variable.

3.2 The Expert System of the Detection Algorithm

An expert system for a fire detector contains expert knowledge for a set of fire parameters like smoke density and temperature. For example, the expert knowledge for a simple smoke detector is stored in a rule base:

IF *smoke density* IS *high* THEN *alarm* IS *yes*

Leaving the theoretical point of view for a moment this rule can be denoted as

if there is smoke then there is fire

Proverbs like this mostly represent a special kind of expert knowledge.

The fuzzy expert system used within the new fire detection algorithm is based on 4 input variables, a rule base containing 5 rules and one output variable. The input variables are the absolute temperature T_a , the differential temperature T_d , the absolute smoke density S_a and the fluctuation of the smoke density S_f . The rule base is:

IF T_a IS *low* AND T_d IS *high* AND S_a IS *low* THEN *alarm* IS *no* (5a)

IF T_a IS *low* AND T_d IS *high* AND S_f IS *low* THEN *alarm* IS *no* (5b)

IF T_a IS *high* THEN *alarm* IS *yes* (5c)

IF T_d IS *high* THEN *alarm* IS *yes* (5d)

IF S_a IS *high* AND S_f IS *high* THEN *alarm* IS *yes* (5e)

Two membership functions (see figure 4) "*high*", "*low*" and "*yes*", "*no*" are defined on each input variable and on the output variable *alarm* respectively. The membership function for rule (5d) is trapezoid and controlled by a parameter d_T representing a maximum temperature increase over a ten minutes time interval. All other membership functions have no parameters.

The detection algorithm resulting from implementation of this rule base in a fuzzy expert system which is then put in a fire detector according to figure 3 was designed and tested with the data collected in the research project [5]. Furthermore the simulation technique of section 2 was used to study parameter influences and to obtain quantitative information about the detection algorithm.

The following subsection shows the behaviour of the detection algorithm to real data in the fire and the non-fire case.

3.3 Experimental results on real data

Example 1 (fire case):

Figure 5 shows two sets of data of length $N = 600$ obtained by sampling the output of a optical scattered light smoke sensor (a) and a temperature sensor (b) at 1 Hz. The output of the fuzzy expert system as defined above is also graphically represented ("decision", c)). Its maximum and minimum are given by the centre of gravity of the membership functions "yes" and "no" respectively. These membership functions are defined on the set $X = \{0, 1, 2, \dots, 31\}$.

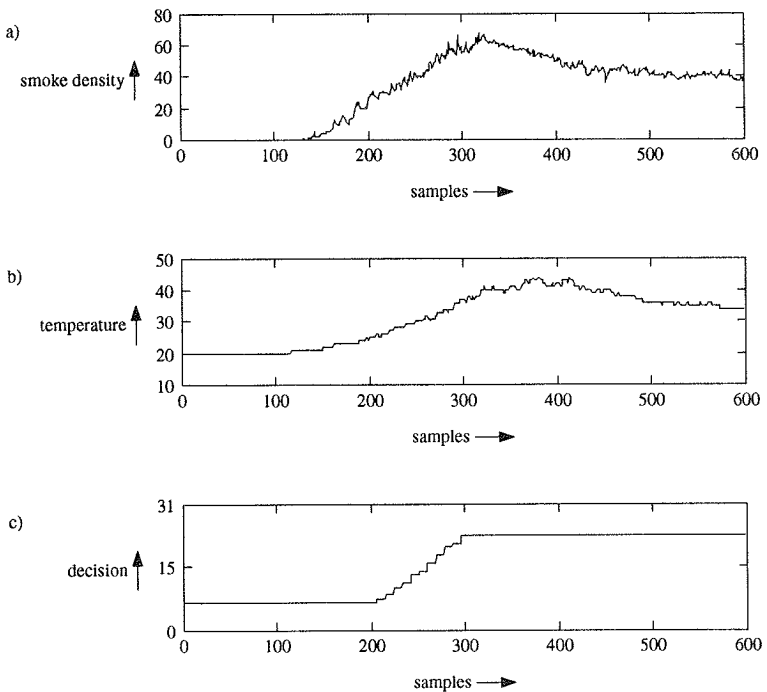


Figure 5: Experimental result in the fire case: open wood fire (wood)

Example 2 (no-fire case):

Figure 6 shows two sets of data of length $N = 3000$ obtained by sampling the output of a optical scattered light smoke sensor (a) and a temperature sensor (b) at 1 Hz. The output of the fuzzy expert system as defined above is also graphically represented ("decision", c)). It equals the centre of gravity of the membership function "no" on the observed time interval.

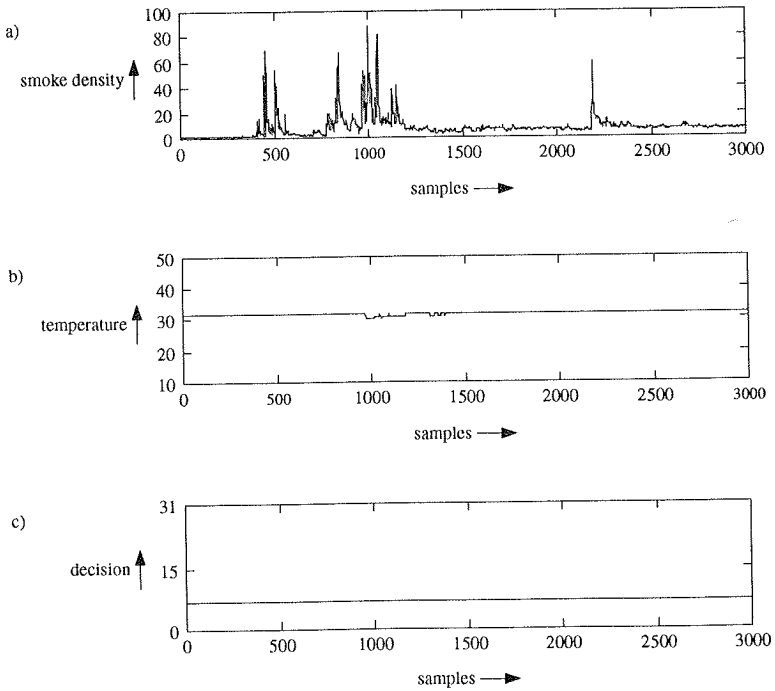


Figure 6: Experimental result in the no-fire case

4 Simulation Results

The detection algorithm presented in the previous section was studied using the simulation technique described in section 2. The points of interest were

- the detection probability and time in the fire-case,
- the false-alarm rate in the non-fire case,
- and the influence of detection threshold and detector parameter on the detection capabilities.

The simulation data base for the fire case consists of recordings of 72 test fires TF1 to TF6 (12 each) according to EN54/9 [1]. The non-fire data base consists of 8.5 years of collected data material at 30 different installations (car port, offices, hospital, steel work) over a total observation time of ≈ 45 years.

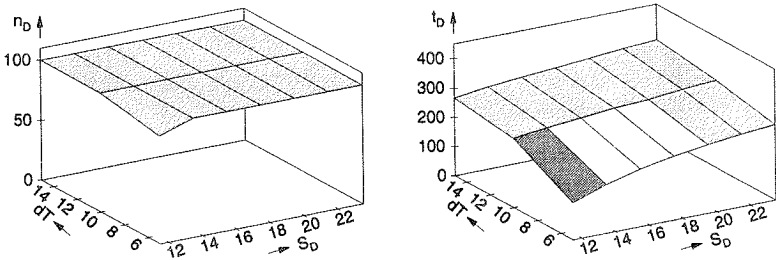


Figure 7: Detection probabilities n_D (in %) and detection times t_D for different combinations of differential temperature parameter d_T and detection threshold S_D (test fire TF1)

Figure 7 shows one result of the fire case study. For EN 54/9 test fire TF1 the dependency of the detection probability n_D and detection time t_D on the detector parameter d_T (5,10,15) and the detection threshold S_D (11.5, 13.5, 15.5, 17.5, 19.5, 21.5, 23.5) is shown. Generalizing this result (which holds for the other fires, too) one can state a very robust behaviour of the algorithm to its parameters. It is possible to adjust the detection time via the detection threshold over a reasonable range.

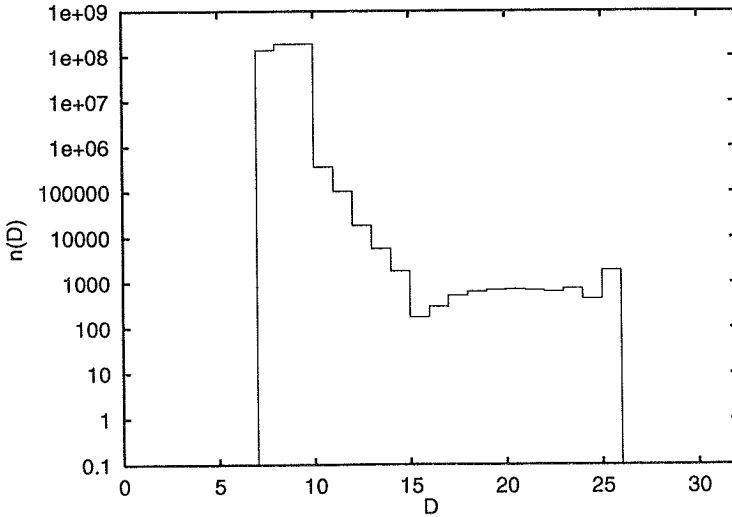


Figure 8: Distribution $n(D)$ of detection quantity $D(t)$ in a 15 year simulation under non-fire conditions

Figure 8 shows the distribution of the detection quantity $D(t)$ under non-fire conditions. First we can see the range of reasonable values for the detection thresholds (11.5 to 23.5) as used in the fire-case simulations. In the second place there are some situations in the non-fire case data material leading to high detection quantity values up to 25, thus resulting in false alarms. These are specific to certain installation environments and for a detection threshold S_D of 15.5 the estimated false alarm rate (obtained in a 27.5 year simulation) is 4.9 per year.

5 Conclusion

The principal approach and concept of a simulation technique for the study and design of Multi Sensor based Fire Detection (MSbFD) algorithms was presented. The technique requires a representative set of signal recordings in the fire and non-fire case with the sensors of the detector to be studied. By statistical modeling of the recorded signals the detector behaviour can be studied by computer simulation with

the advantages of speedup and quantitative estimates for detector parameters. A two sensor (optical smoke density and temperature) fire detection algorithm using fuzzy logic was introduced and studied using the simulation technique. The performance of the algorithm and the capabilities of the simulation technique were exemplified through simulation results.

References

- [1] CEN EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION: *EN 54 part 9, Components of automatic fire detection systems: Fire sensitivity test*, 1984.
- [2] FISCHER, A.: *Performance Studies of Multi Sensor Fire Detection Algorithms by Modelling of Fire Signals*. EUSAS Newsletter, (5):27-47, February 1994.
- [3] FISCHER, A. and H. LUCK: *Vector Autoregressive Modelling of Fire Signals*. In *Fourth International Symposium on Fire Safety Science*, Ottawa, June 1994.
- [4] LUCK, H.: *Introduction to EUSAS workshop "Modeling Techniques as a background for and aimed at Fire Detection"*. EUSAS newsletter, (5):3-4, February 1994.
- [5] SIEBEL, R., J. KLOSE und O. POST: *Schlußbericht zum Forschungsprojekt: Aufnahme und Analyse unterschiedlicher Brandkenngrößenverläufe mit dem Ziel, durch angepaßte Detektionsalgorithmen die Eigenschaften automatischer Brandmeldeanlagen zu verbessern*. gefördert vom Bundesminister für Forschung und Technologie, gemeinschaftlich bearbeitet von der Universität Duisburg (Projektleiter: H. Luck) und der SIEMENS AG (Projektleiter: P. Thilo), Februar 1990.
- [6] SIEBEL, R., C. KRANZ und A. FISCHER: *Schlußbericht zum Forschungsprojekt: Neue Sensoren mit angepaßter Signalverarbeitung in automatischen Brandmeldesystemen*. gefördert vom Bundesminister für Forschung und Technologie, bearbeitet von der Universität Duisburg (Projektleiter: H. Luck), 1994.

R.Pamlitschka, J.Kaiser

Prüfstelle für Brandschutztechnik d. ÖBFV bzw VWA, Wien, Austria

Ansprechverhalten von Ionisationsrauchmeldern
in Abhängigkeit von der Seehöhe

Abstract

According to an Austrian code of practice concerning installation guidelines for fire detection systems the application of ionization chamber smoke detectors is expected to be reliable without further proof only up to heights less than 1300 m above sea level.

Tests in accordance with EN 54 part 9 were performed in a suitable test room at a height of 1720 m above sea level, using TF2 and TF4 of EN 54 part 9.

The results are presented as graphs of the smoke densities measured and discussed. They suggest that concerning the response-behaviour of a smoke detector the performance of a developing fire itself is most essential.

Therefore the relative mass loss due to burning until the response of a smoke detector is a significant parameter for calculating his reliability as to losses by fire damage.

Einleitung

Seit über 22 Jahren gibt es in Österreich eine technische Richtlinie über Brandmeldeanlagen, die TRVB S 123. Es handelt sich nicht um eine nationale Norm sondern hauptsächlich um eine Installationsrichtlinie, die auch Vorschriften über den Betrieb und die Wartung von Brandmeldeanlagen enthält.

Diese Richtlinie wurde einerseits von Experten der vom Verband der Sachversicherer geförderten österreichischen Brandverhütungsstellen und andererseits von Experten des "Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes", der Dachorganisation sämtlicher Feuerwehren Österreichs, ausgearbeitet und wird von diesen Experten laufend dem aktuellen brandschutztechnischen Wissensstand angepaßt.

Deshalb wird diese technische Richtlinie über Brandmeldeanlagen auch österreichweit sowohl von Behördenvertretern als auch von Brandschutzsachverständigen und von Experten der Feuerwehr als Stand und Regel der Technik akzeptiert.

Motivation für die Durchführung von Brandversuchen über das Ansprechverhalten von Ionisationsmeldern in Abhängigkeit von der Seehöhe.

In dieser als Regel der Technik akzeptierten TRVB S 123, wird im Abschnitt "Auswahl der Melderart" das Einsatzgebiet von Rauchmeldern, die nach dem Ionisationsmeßkammerprinzip arbeiten, auf Seehöhen unterhalb 1300 m begrenzt, falls ihre Eignung für einen Einsatz oberhalb von 1300 m Seehöhe nicht eigens durch ein Anerkennungsschreiben einer staatlich autorisierten Prüfanstalt nachgewiesen wird.

Diese Beschränkung beruht auf der Annahme, daß die in größeren Höhen intensiver auftretende ionisierende Höhenstrahlung das Ansprechverhalten einer Ionisationsmeßkammer, die mit definiert ionisierter Luft als Medium arbeitet, unvorhersehbar beeinflussen

könnte, weshalb die auf niedrigen Seehöhen nach EN 54 Teil 9 gewonnenen Ergebnisse über die Klassifizierung der Empfindlichkeit der Melder nicht ohne weiteres auf größere Seehöhen angewendet werden können.

Wegen des Fehlens genereller Nachweise über die Höhentauglichkeit von Ionisationsmeldern und ihres doch nur beschränkten Einsatzes oberhalb 1300 m wurde in der Vergangenheit die Eignung der eingesetzten Melder durch "Testbrände" vor Ort in Einzelfällen festgestellt.

Diese Testbrände wurden nach den Vorstellungen des abnehmenden Prüfinstitutes und nach den örtlichen Gegebenheiten unter größtmöglicher Schonung von Bauwerk und Inventar durchgeführt. Dadurch traten objektive Meßwerte und reproduzierbare Brandverläufe zwangsläufig in den Hintergrund.

Dennoch konnten einige subjektive Erfahrungen über Brandverläufe und das Ansprechverhalten von Ionisationsrauchmeldern gewonnen werden:

Es schien sich zu zeigen, daß:

-) der Einfluß der ionisierenden Höhenstrahlung bis zu den untersuchten Höhen (bis ca 2000 m) für das Ansprechverhalten der Ionisationsmelder im Vergleich zu anderen physikalischen Größen von geringer Bedeutung ist.
-) bei "ähnlichen" Rauchbedingungen auf verschiedenen Seehöhen ein ähnliches Ansprechverhalten der Melder auftritt.
-) der Brandverlauf sehr stark von Luftdruck und Temperatur abhängig ist, weshalb es in größeren Höhen "merklich anders"

brennt.

-) die Zeit wegen der verschiedenen Brandverläufe kein geeigneter Parameter für das Ansprechverhalten von Rauchmeldern in sicherheitstechnischer Hinsicht ist.

Wegen dieser Erfahrungen und nicht zuletzt auch deshalb, weil durch den steigenden Einsatz von Rauchmeldern in Berghotels und Seilbahnstationen auch das Interesse von Industrie und Anwendern an Typenzulassungen von Ionisationsmeldern gestiegen war, haben die beiden staatlich autorisierten Prüfstellen Österreichs, die "Prüfstelle für Brandschutztechnik des Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes" und der "Verein zur Sicherstellung der Wirksamkeit ortsfester Brandmelde- und Löschanlagen - VWA" Anfang der Neunzigerjahre begonnen, gemeinsam reproduzierbare Prüfverfahren und Möglichkeiten für die Durchführung von Tests zu entwickeln, um objektive Höhentauglichkeitsfeststellungen für den Einsatz von Ionisationsmeldern in Seehöhen über 1300 m treffen und attestieren zu können.

Zielsetzung für die Durchführung von Höhentauglichkeitstests von Ionisationsmeldern:

Ziel der Tests war reproduzierbar festzustellen, ob ein signifikanter Unterschied im Ansprechverhalten eines Ionisationsmelders in Seehöhen um die 1700 m gegenüber dem in geringen Seehöhen durchgeführten Erprobungstest nach EN 54 Teil 9 besteht.

Ein Meldertyp wird als ausreichend tauglich für den Einsatz in Seehöhen oberhalb 1300 m (mindestens bis zur Testhöhe) eingestuft, wenn er bei den nach EN 54 Teil 9 in der Testhöhe von 1720 m durchgeführten Testbränden TF2-Pyrolyseschmelzbrand (Holz) und TF4-offener Kunststoffbrand (Polyurethan) vor dem Erreichen der für diese Testbrände als Testende angegebenen charakteristischen Größen anspricht.

(Dies ist für den Testbrand TF2 eine optisch gemessene Rauchdichte $m=2$ dB/m und für TF4 eine nach dem Ionisationsprinzip gemessene Rauchdichte $y=6$)

Weiters wurde aus Gründen der Reproduzierbarkeit darauf geachtet, die nach EN 54 Teil 9 geforderten Brandkenngrößen (m/y und $\Delta G/G_0$) bei Testbränden einzuhalten.

Die beiden Testbrände TF2 und TF4 wurden aufgrund der früher gesammelten Erfahrungen (insbesondere bei Feuerwehreinsätzen) aus praktischen Überlegungen hinsichtlich der Testdurchführung gewählt und für die zu erwartenden Anwendungsgebiete in Berghotels und Seilbahnstationen als besonders charakteristisch erachtet.

Die Höhentauglichkeitstests sollten also in erster Linie reproduzierbare anwendungsorientierte Aussagen über die praktische Eignung des Ansprechverhaltens eines bestimmten Ionisationsmeldertyps in der Testhöhe liefern.

Nicht ausdrücklich beabsichtigt war, wissenschaftliche Untersuchungen über geänderte Aerosoleigenschaften der Rauchgase oder über den aufgrund geänderter physikalischer Randbedingungen geänderten Ansprechmechanismus eines Melders anzustellen,

wenngleich die im folgenden vorgestellten Testergebnisse Überlegungen in dieser Richtung initiierten und weitere bis über die derzeitige Zielsetzung hinausgehende Höhentests nach sich ziehen werden.

Durchführung der Höhentauglichkeitstests von Ionisationsmeldern

Als Testraum wurde eine in Massivbauweise errichtete Einstellhalle für Pistengeräte in Obertauern in einer Seehöhe von 1720 m adaptiert.

Die Maße des Testraumes betragen (Länge*Breite*Höhe) 11,6*6*3,3 m und entsprechen somit (bis auf die geringe Höhenabweichung) nahezu perfekt den Bedingungen der EN 54 Teil 9.

Als Meßinstrumente wurden verwendet:

Meß-Ionisationskammer MIC für die Messung der Rauchdichte nach dem Ionisationsprinzip ("y" lt EN 54 Teil 9)

Extinktionsmeßgerät MIREX für die Messung der (optischen) Rauchdichte nach dem Extinktionsprinzip ("m" lt EN 54 Teil 9)

Die Meßwerte wurden durch ein zugehöriges Steuergerät mit eingebautem Rechner ausgewertet und mittels PC gespeichert.

Die Meßgeräte und vier Ionisationsmelder der zu prüfenden Meldertypen wurden in einer Anordnung gemäß Bild 1 der EN 54 Teil 9 montiert.

Der Testraum wurde nach jedem Test mechanisch mit einem Ringlüfter gelüftet und anschließend auf ca 18-20 °C aufgeheizt.

Die Testbrände TF2 und TF4 wurden gemäß EN 54 Teil 9 durchgeführt, wobei auf die Einhaltung der Brandkenngrößen y/m und $\Delta G/G$ bei Testende laut EN 54 Teil 9 geachtet wurde.

Dabei war es erforderlich, beim offenen Kunststoffbrand-TF4 die Brandlast (Mattenanzahl) zu erhöhen, um die geforderten Endwerte der Brandkenngrößen zu erhalten.

Die Testergebnisse wurden als Graphen des Verlaufes der charakteristischen Größen $m, y, m/y$ und $\Delta G/G$ mit der Zeit ausgewertet und der Ansprechzeitpunkt der Melder eingetragen.

Für die Auswertung der Tests hinsichtlich Ansprechverhalten wird jedoch nicht der Zeitpunkt herangezogen, sondern die gemessenen Rauchdichten m und y zum Ansprechzeitpunkt.

Diese Werte werden mit den entsprechenden Werten die beim Ansprechen des Melders bei Tests in geringeren Seehöhen (100-200 m) erreicht wurden, verglichen.

Ergebnisse der Höhentauglichkeitstests von Ionisationsmeldern

Bisher wurden insgesamt knapp 200 Testbrände durchgeführt.

Die Ergebnisse eines Teils dieser Versuche werden im folgenden anhand von Graphiken vorgestellt, von denen zwei beispielhaft diesem Manuskript angeschlossen sind.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, daß bis zur Testhöhe die Höhenabhängigkeit des Meßsignals der Ionisationskammer (MIC) stärker ausgeprägt

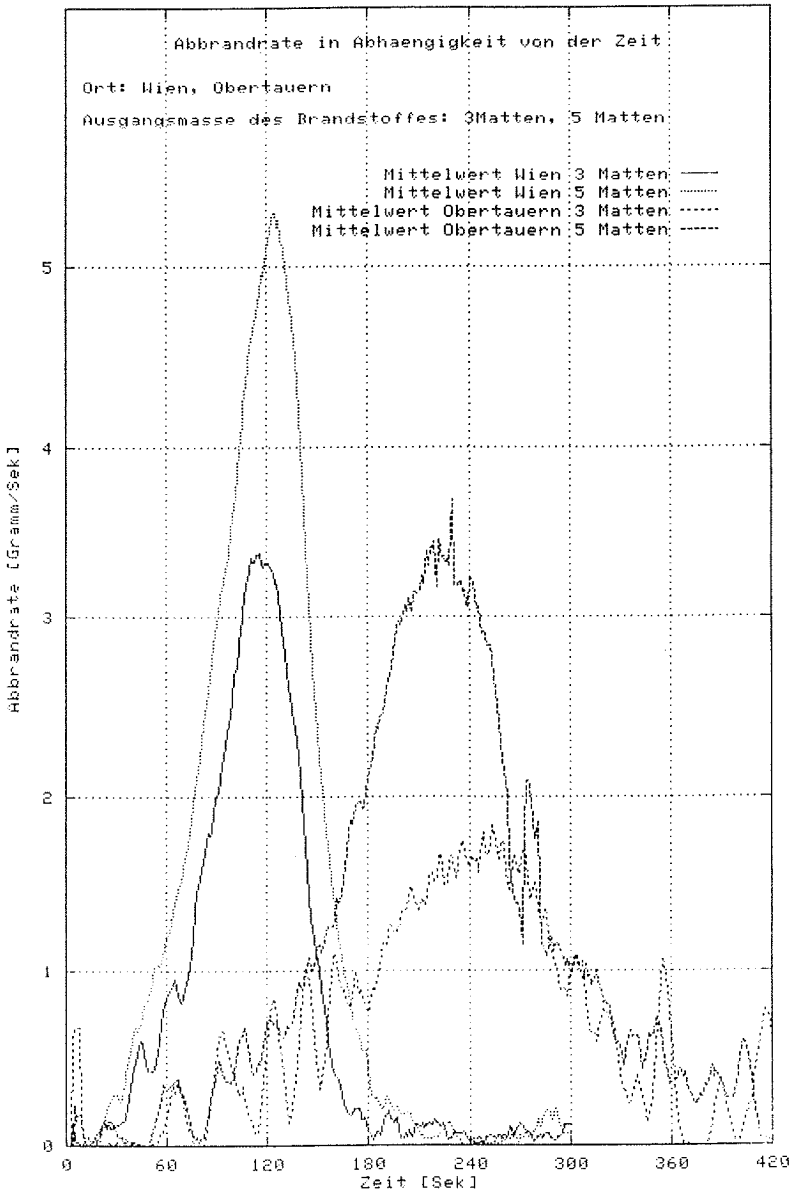
ist als bei der Extinktionsmeßstrecke (MIREX), der Einfluß der Höhenstrahlung aber im Vergleich zu den anderen Umfeldparametern wie Temperatur, Luftdruck und Konvektion im Meßraum (welche auch im praktischen Brandraum ungleich Null sein wird) weniger signifikant ist.

Der Brandverlauf unterscheidet sich mit zunehmender Seehöhe merklich von tieferen Lagen. Die Abbrandgeschwindigkeit und die Rauchentwicklung mit der Zeit nehmen bei gleicher Ausgangsbrandlast in verschiedenen Seehöhen mit steigender Seehöhe stark ab.

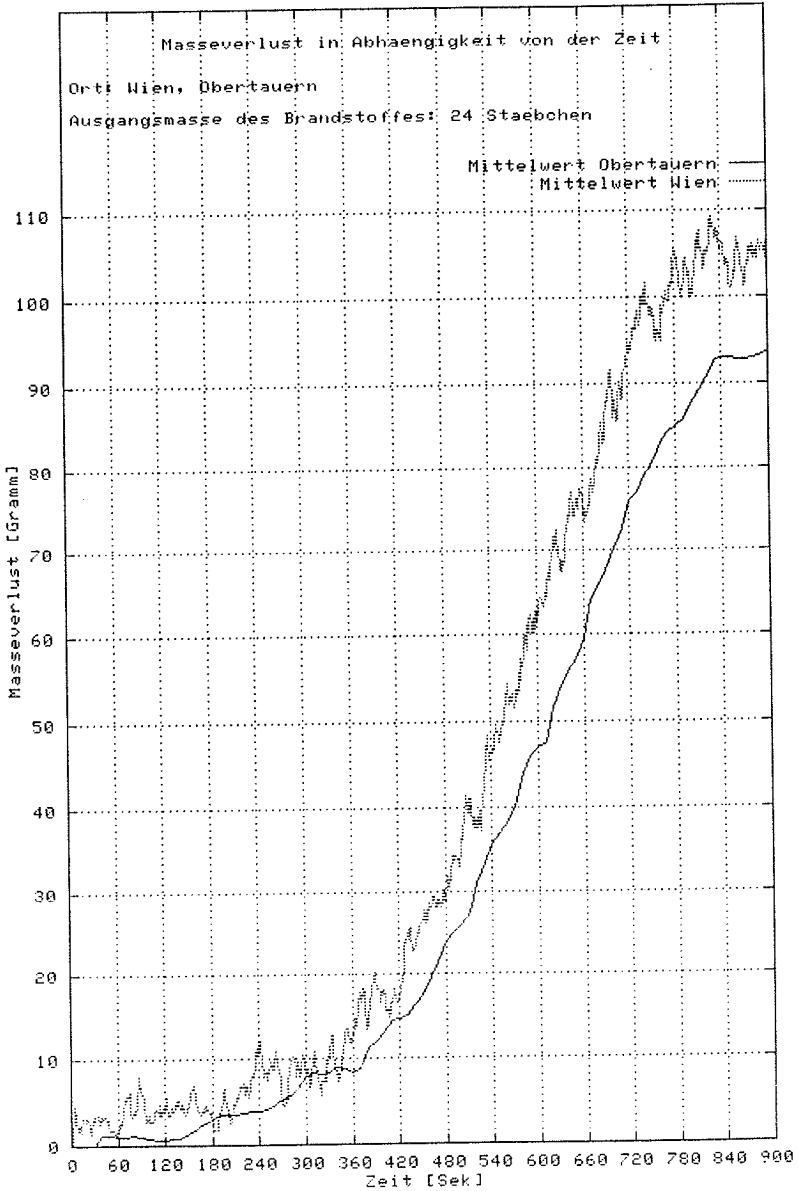
Da aus diesem Grund das Erreichen einer ausreichenden Rauchdichte für die Auslösung eines Melders erst nach längerem Abbrand erfolgen kann, ist die in diesem Zeitintervall verbrannte Brandlast für die Beurteilung der Wirksamkeit eines Rauchmelders ein wesentlicher Parameter.

Für künftige Tests wird deshalb die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen optischer und der nach dem Ionisationskammerprinzip gemessenen Rauchdichte mit der relativen Abbrandmasse eine interessante Aufgabenerweiterung zumindest aus brandschutztechnischer Hinsicht sein.

Testfeuer EN 54/9, TF4



Testfeuer EN 54/9, TF2



D. Wieser, P. Jauch, U. Willi,
Cerberus AG, 8708 Männedorf, Schweiz

Einfluss der Höhenlage des Brandortes auf Brandmelder-Testbrände

Abstract

We have measured the pressure dependence of fires similar to those of the European standard fires at heights above sea level from 400 m (970 mbar) to 3000 m (710 mbar) in a mobile test room of reduced size (6 m × 2.8 m × 2.1 m). We recorded standard parameters m , y and ΔT as well as CO, CO₂ and O₂ concentrations. Our data show a dependence of burning rates on pressure as $\propto p^\alpha$ with $\alpha \approx 1 \dots 1.3$. Whereas maxima of ΔT and change of CO₂ concentration show no significant dependence on pressure, extinction m decreases by a factor of 2.7 ± 0.2 (polyurethane foam fire) or 2.2 ± 0.2 (n-heptane fire) with pressure decreasing from 970 mbar to 710 mbar. Smoke density y is less pressure sensitive than m .

Einleitung

Der Einfluss des atmosphärischen Druckes auf natürliche Brände wird seit längerem untersucht. Im Oktober 1993 in Österreich durchgeführte Brandversuche [1] zeigen, dass auch kleinere Druckunterschiede, wie sie sich z.B. bei Testlabors auf verschiedenen Höhen über Meer ergeben können, für die Sicherheitstechnik, insbesondere für die Hersteller und Anwender von Branddetektoren, von Bedeutung sind.

Diese Versuche [1] wurden zum Anlass genommen, unter möglichst genau kontrollierten, praxisnahen Bedingungen den Einfluss des atmosphärischen Druckes auf das Feuer selbst (Abbrandrate) sowie auf die damit verknüpften Transport-Phänomene (Rauch- und Gasausbreitung) zu untersuchen. Dazu wurden an vier Testorten zwischen 420 und 3000 Meter ü.M. (970 bis 710 mbar Druck) Holzschwel-, Glimmschwel-, Polyurethanschäumstoff- sowie Heptan-Brände durchgeführt. Diese Brände werden im folgenden wegen ihrer Ähnlichkeit mit den entsprechenden in der europäischen Norm EN54, Teil 9, beschriebenen Testbränden mit TF2, TF3, TF4 und TF5 bezeichnet.

Versuchseinrichtungen

Um für die vorliegenden Untersuchungen immer den gleichen Versuchsraum zur Verfügung zu haben, wurde ein Baucontainer zu einem gut isolierten, voll ausgerüsteten Brandlabor umgebaut, das einen Brandraum mit Hohldecke und den Innenabmessungen von $6 \text{ m} \times 2.8 \text{ m} \times 2.1 \text{ m}$ sowie einen Kontrollraum enthielt. Dieser Container wurde nun zuerst mit einem Lastwagen vom ersten Messort auf 420 m ü.M. zum zweiten Messort auf 1000 m transportiert, anschließend mit einem Helikopter zum dritten und vierten Messort auf 1800 m bzw. 3030 m ü.M. geflogen.

Bei allen Brandversuchen wurden folgende Normparameter gemessen, wie sie in der europäischen Norm EN54, Teil 9, beschrieben werden: die Extinktion m (gemessen mit einem MIREX-Extinktionsmessgerät), die „Rauchdichte“ y nach dem Ionisationsstromprinzip (gemessen mit einer immer auf 100 pA abgeglichenen MIC-Kammer), das Abbrandgewicht G sowie die Temperaturerhöhung ΔT (verglichen mit der Raumtemperatur). Zusätzlich wurden bei allen Versuchen mit einem Infrarot-Gasanalysator die CO - und CO_2 -Konzentrationen erfasst. Auf der Referenzhöhe von 400 m sowie auf 3030 m ü.M. wurde ausserdem mit einer elektrochemischen Zelle (City Technology) die O_2 -Konzentration gemessen.

Die Messwerte m , y , und T sowie die CO - und O_2 -Konzentrationen wurden an der Decke auf einem Kreis mit 2.2 m Radius um die Achse durch den Brandherd erfasst. Die O_2 -Konzentration wurde 1.9 m von dieser Achse entfernt 5 cm über Boden gemessen.

Durchgeführte Brände

Den kleineren Innenabmessungen des Versuchsraumes (Volumen nur ca. 1/6 des Volumens des kleinst möglichen EN54-konformen Testraumes) wurde dadurch Rechnung getragen, dass die Brandmenge entsprechend reduziert wurde.

Beim schwelenden Holzpyrolyse-Brand (TF2) wurden 7 Buchenholzstäbchen der Masse $1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} \times 3.5 \text{ cm}$ auf einer Heizplatte bei konstanter Leistung von 1.74 kW verschwelt. Zur Realisierung des glimmenden Zellose-Brandes (TF3) wurden 60

Luntenstücke von 30 cm Länge und ca. 27 Gramm Gesamtgewicht, aufgehängt an einem Ring von 10 cm, abgebrannt. Beim Polyurethanbrand (TF4) wurde jeweils eine 50 cm × 50 cm × 2 cm grosse Matte aus EN54-konformem Material auf einer Aluminiumfolie und einer hochisolierenden Unterlage aus Keramik-Schaumstoff mit Sprit in der Mitte einer Seite gezündet. Beim Flüssigkeitsbrand TF5 wurden 123 Gramm n-Heptan (3% Toluol-Anteil) in einer Schale von 15.5 cm × 15.5 cm × 2 cm elektrisch gezündet. Die Höhe des Brandmaterials über dem Boden des Versuchsraumes betrug beim TF2 25 cm, beim TF3 54 cm (Höhe des Ringes), beim TF4 und TF5 14 cm.

Auf der Referenzhöhe von 420 m ü.M. erreichten so bei den Schwelbränden am Testende (gegeben durch den Extinktionswert von 2 dB/m) die TF2-Brände m/y-Werte von 0.68 ± 0.08 dB/m (Norm EN54 : 1.3 dB/m) und die TF3-Brände m/y-Werte von 0.31 ± 0.014 dB/m (Norm EN54 : 0.5 dB/m). Bei den offenen Bränden erreichten am Testende (gegeben durch den EN54-Wert von $y=6$) die TF4-Brände ein m/y von 0.18 ± 0.02 dB/m, während alle TF5-Brände die Endwerte $m/y=0.18$ dB/m $\pm 15\%$ erreichten.

Der von der Norm EN54 vorgeschriebene Ausgangswert der Raumtemperatur von 23 ± 5 °C konnte an den Testorten auf 1000 m, 1800 m und 3030 m ü.M. eingehalten werden. Auf der Testhöhe von 420 m lag der Mittelwert dieser Temperatur bei 23.6 ± 3.2 °C, bei zwei Versuchen (von 23) lag sie ausserhalb des Normbereiches (28.1 bzw. 29.5 °C).

Insgesamt wurden 104 Brandversuche durchgeführt, die für den vorliegenden Bericht von Bedeutung sind. Bei den Luntenschwelbränden wurden erst die Abbrandraten ausgewertet.

Abbrandrate

Fig. 1 zeigt den typischen Verlauf der Abbrandraten für die verschiedenen Höhenlagen am Beispiel des TF4. Das Brandmaterial brennt mit zunehmender Höhe bzw. abnehmendem Druck langsamer ab. Der Heptan-Brand (TF5) bietet ein ähnliches Bild.

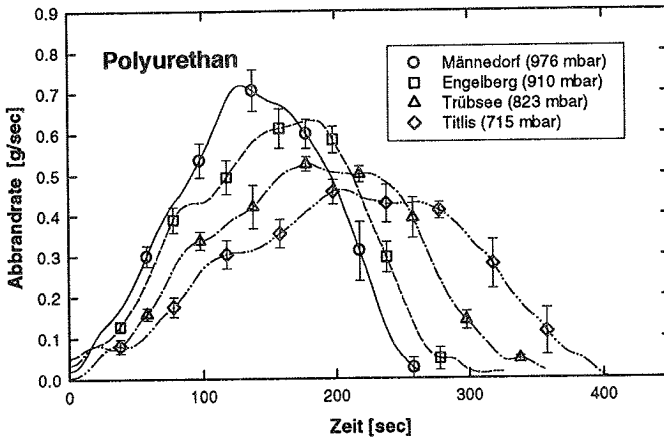


Fig. 1. Abbrandrate beim Polyurethan-Schaumstoffmattenbrand (TF4). Linien: Mittelwerte der Abbrandraten über alle Tests der gleichen Testhöhe (keine Interpolationskurven). Fehlerbalken : $\pm \sigma$ zu ausgewählten Zeitpunkten.

Bei den Schwelbränden verhalten sich das schwelende Holzfeuer (TF2) und der Luntenbrand (TF3) völlig verschieden. Die Abbrandrate des schwelenden Holzfeuers ist innerhalb der Messgenauigkeit über die verschiedenen Brände druckunabhängig, jene des schwelenden Luntenbrandes hat eine ähnliche Druckabhängigkeit wie diejenige der offenen Brände.

Um die Abbrandrate bei verschiedenen Umgebungsdrücken miteinander vergleichen zu können, bietet sich folgende Vereinfachung an. Bei den Schwelbränden TF2 und TF3 können die Zeitintervalle, in denen die Abbrandrate konstant ist, als Intervalle betrachtet werden, in denen sich die Brände in einem vergleichbaren Zustand befinden. Beim Heptanbrand TF5 sind solche Zeitintervalle gegeben kurz nach dem Zünden sowie zu dem Zeitpunkt, bei dem die Abbrandrate ihr Maximum erreicht. Beim Polyurethanbrand TF4 bietet sich das Zeitmittel als vergleichbare Größe an. Die in Fig. 2 dargestellten Werte zeigen eine Abnahme der Abbrandrate um einen Faktor 1.5 ± 0.1 bei einer Abnahme des Druckes von 970 mbar auf 715 mbar. Soweit dies die Streuung der Daten erlaubt, lässt sich aus ihnen eine Abhängigkeit der Abbrandrate vom Umgebungsdruck wie p^α , $\alpha \approx 1.3$ ableiten.

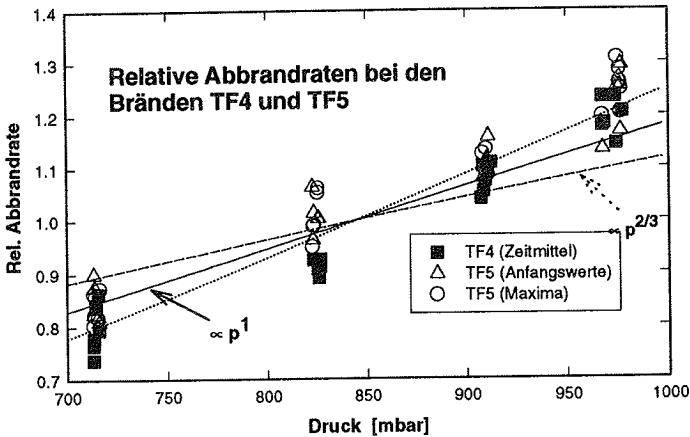


Fig. 2. Abbrandrate beim Polyurethanbrand (TF4) und Heptanbrand (TF5), auf 1 normiert mit den Mittelwerten über alle Brände (TF4: 0.38 g/s, TF5: 0.97 g/s)

Diese Abhängigkeit der Abbrandrate vom Umgebungsdruck bei konstanter Molfraktion O_2 der Umgebungsluft wurde insbesondere im Zusammenhang mit der Druckmodellierung von natürlichen Bränden bei höheren Drücken und reduzierten Abmessungen des Brandmaterialies untersucht. Auf Grund dimensioneller Überlegungen erwartet man [2] für die Abbrandrate von natürlichen Diffusionsflammen mit geringer Strahlungsrückkopplung eine Abhängigkeit der Abbrandrate vom atmosphärischen Druck proportional zu $p^{2/3}$. Kanury [3] und Alpert [4] haben diese Abhängigkeit an Polymerbränden für höhere Drücke gemessen; ihre Daten sind konsistent mit dem obigen Exponenten von $2/3$. Lockwood und Corlett [5] haben sowohl den konvektiven als auch den Strahlungsanteil des Wärmeflusses zum Brandmaterial bei Methanol- und Kerosenbränden von 30 cm Durchmesser gemessen. Sie stellen für den konvektiven Anteil bei kleineren Drücken einen leicht grösseren Exponenten fest als in den oben erwähnten Arbeiten, für den radiativen Anteil jedoch einen Exponenten von 0.64 bei Methanol bzw. von 0.92 bei Kerosen. In dieser Arbeit sowie in [6] wird festgestellt, dass bei Kerosenbränden obiger Dimension die Abstrahlung der heißen Partikel an das Brandmaterial der dominante Rückkopplungsmechanismus ist, die Abbrandrate in diesem Fall näherungsweise linear mit dem Druck verläuft.

In einer dimensionslosen Darstellung mit den normierten Grössen $\dot{m} = \dot{m}/\dot{m}_{\max}(p)$ und $\tau = t/t_{\max}(p)$, wobei $\dot{m}_{\max}(p)$ das Maximum der Abbrandrate und $t_{\max}(p)$ der zugehörige Zeitpunkt ist, zeigen die Daten nur eine geringe Druckabhängigkeit (Fig. 3).

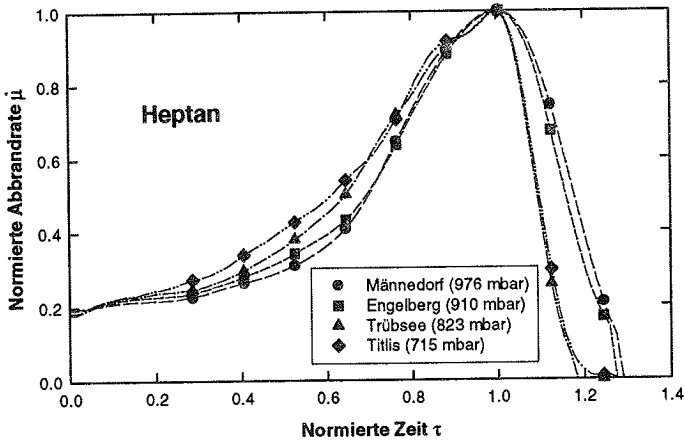


Fig. 3. Normierte Abbrandrate als Funktion der normierten Zeit

Die Standardparameter m und y

Der typische Verlauf der Extinktionsmesswerte m ($m = 10/L \times \log_{10}(I_0/I)$), wo L die Extinktionsstrecke, I_0 und I die Lichtintensität am Anfang bzw. Ende dieser Strecke sind) sei wieder am Beispiel des Polyurethanbrandes dargestellt (Fig. 4).

Im Hinblick auf Brandmelder interessieren neben dem maximalen Wert der Extinktion auch die Werte bei Erreichen des Testendes, ähnlich wie dieses in der Norm EN54 definiert wird. Da bei den von uns definierten Bränden in grösseren Höhen die von der Norm geforderten m/y -Werte bei den offenen Bränden nicht mehr erreicht werden (vgl. Fig. 6), werde hier willkürlich ein neues Testende t_E wie folgt definiert. Bei der Ausgangshöhe von 420 m ü.M. bzw. bei einem Druck von 970 mbar ist t_E der Zeitpunkt, zu

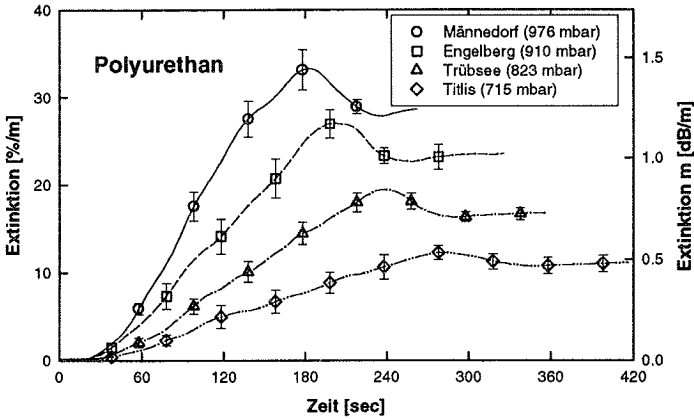


Fig. 4. Extinktion beim Polyurethan-Schaumstoffmattenbrand (TF4). Linien: Mittelwerte der Extinktion über alle Tests der gleichen Testhöhe (keine Interpolationskurven). Fehlerbalken : $\pm \sigma$ zu ausgewählten Zeitpunkten.

dem bei den offenen Bränden $y=6$ und bei den Schwelbränden $m=2$ dB/m erreicht wird. Bei den anderen Messhöhen ist t'_E gegeben durch das relative Abbrandgewicht $\Delta G/G_0$,

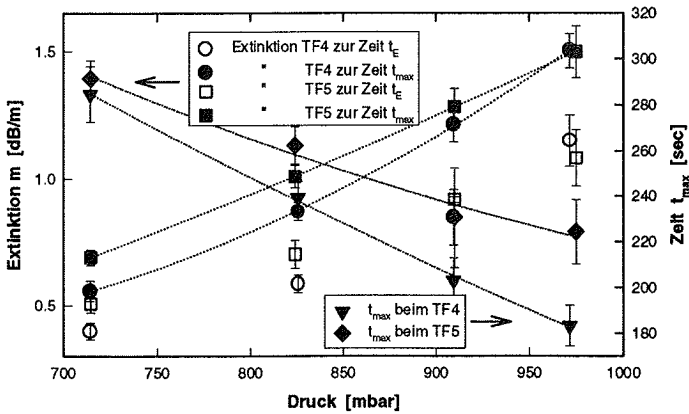


Fig. 5. Maximale Extinktionswerte der Brände TF4 und TF5 absolut (m_{max} ● und ■) und an der Klassengrenze t_E definiert durch $\Delta G/G_0 = \text{const.}$ (○ und □). ▼ und ◆ : Zeitpunkte t_{max} des absoluten Maximums. Fehlerbalken : $\pm \sigma$.

das auf der Ausgangshöhe zur Zeit t_E erreicht wurde. Diese Endwerte sowie die Maxima der offenen Brände sind in Fig. 5 dargestellt. Bei einer Abnahme des Druckes von 970 mbar auf 715 mbar nehmen die Maxima der Extinktionswerte um einen Faktor 2.7 ± 0.2 (TF4) bzw. 2.2 ± 0.2 (TF5) ab. Dieser Faktor ist wesentlich grösser als der entsprechende Faktor bei der Abbrandrate. Auch hier lassen sich die Daten in einer dimensionslosen Darstellung beinahe druckunabhängig darstellen. Der schwelende Holzbrand (TF2) zeigt nur eine kleine Druckabhängigkeit.

Die maximalen y -Werte der Standardionisationskammer MIC zeigen eine deutlich kleinere Abhängigkeit vom Aussendruck als die m -Werte (Fig. 6). Vom tiefsten zum höchsten Messort nehmen hier die Maxima um einen Faktor 1.9 ± 0.2 (TF4) bzw. 1.6 ± 0.1 (TF5) ab.

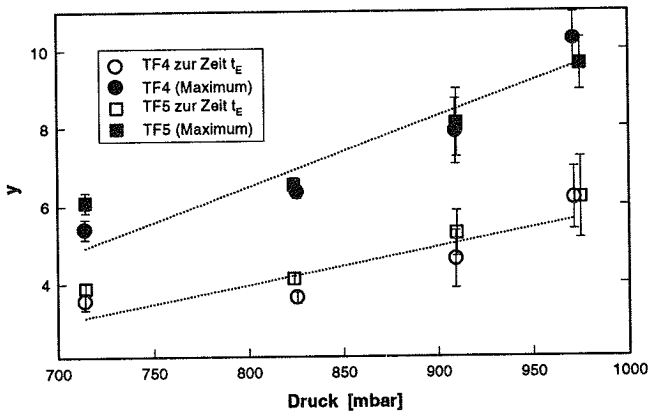


Fig. 6. Legende : analog zu Fig. 5

Auch hier sind beim TF2 die Änderungen der Maxima nur klein ($y=4.6$ bei 975 und 714 mbar, $y=3.7$ bei 909 und 826 mbar).

Temperaturanstieg, CO- und CO₂-Konzentrationen

Das mittlere Maximum des Temperaturanstieges ΔT bei den offenen Bränden zeigt eine sehr geringe Abhängigkeit vom Druck (vgl. Fig. 7): 31.6 ± 1.1 °C (TF4) bzw. 78.6 ± 4.8 °C (TF5) bei 975 mbar, 30.5 ± 0.7 °C (TF4) bzw. 78.0 ± 0.7 °C (TF5) bei 714

mbar. Ein Zweizonenmodell für den Temperaturanstieg ΔT (z.B. [7]) macht es plausibel, dass im Gegensatz zur Extinktion m das Maximum des Temperaturanstieges ΔT mit abnehmendem Druck nicht abnimmt.

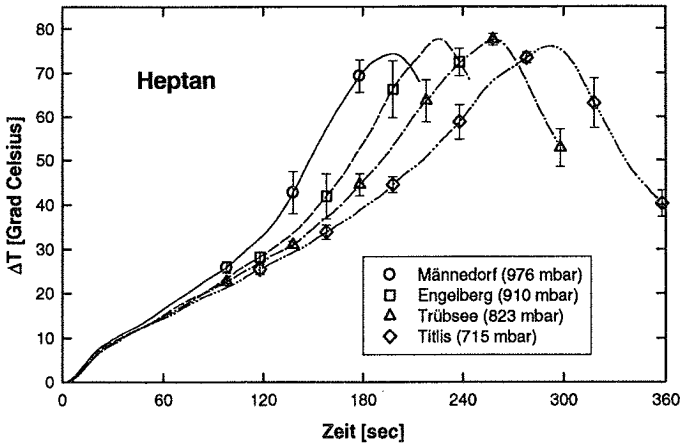


Fig. 7. Temperaturanstieg beim Heptan-Brand (TF5). Linien: Mittelwerte von ΔT über alle Tests der gleichen Testhöhe. Fehlerbalken : $\pm \sigma$ zu ausgewählten Zeitpunkten.

Übereinstimmend mit der Temperaturerhöhung ist auch der mittlere maximale Anstieg der CO_2 -Konzentration nahezu druckunabhängig: 4569 ± 36 ppm (TF4) bzw. 4604 ± 36 ppm (TF5) bei 975 mbar, 4584 ± 72 ppm (TF4) bzw. 4644 ± 44 (TF5) bei 714 mbar. Bei den CO -Konzentrationen wurden bei den offenen Bränden nur kleine Änderungen der mittleren Maxima gemessen, während beim Schwelbrand TF2 eine schwache Zunahme von 62 ± 3 ppm (974 mbar) auf 72 ± 4 ppm (714 mbar) festgestellt wurde.

Zusammenfassung und Schlussbemerkung

Wir haben in einem transportablen Testraum an vier Orten von 400 m (970 mbar) bis 3000 m (710 mbar) EN54-ähnliche Brände durchgeführt und sowohl die Parameter m , y und ΔT als auch CO -, CO_2 - und O_2 -Konzentrationen gemessen. Bei abnehmendem Aussendruck laufen die Brände allgemein langsamer ab. Die Messparameter weisen eine sehr unterschiedliche Druckabhängigkeit auf. Bei der Abnahme des Druckes von 970

mbar auf 710 mbar nehmen die Abbrandraten bei den offen Bränden um einen Faktor 1.5 ± 0.1 ab. Während die Maxima des ΔT und des CO_2 -Anstieges nur eine geringe Druckabhängigkeit zeigen, verringert sich bei der obigen Druckabnahme die Extinktion m um einen Faktor 2.7 ± 0.2 (Polyurethanbrand) bzw. 2.2 ± 0.2 (Heptanbrand). Bei der „Rauchdichte“ y ist die Abnahme geringer.

Die vorliegenden Messungen zeigen, dass bei der Interpretation von Testbränden, die in grösseren Höhen durchgeführt wurden, eine gewisse Vorsicht angebracht ist. Ausserdem lässt sich aus ihnen ableiten, wie in Brandmeldern die Druckabhängigkeit bestimmter Messgrössen korrigiert werden kann.

Referenzen

- [1] „Verlauf von Testbränden nach EN54, Teil 9 in Abhängigkeit von der Seehöhe“, interne Dokumentation (Version 2, Oktober 1993), Prüfstelle für Brandschutztechnik des Österreichischen Bundesfeuerwehrverbandes, Wien, Österreichisch-Ungarisches brandschutztechnisches Labor (EMLABS), Szentendre
- [2] J. De Ris, A. M. Kanury, M. C. Yuen, „Pressure Modeling of Fires“ Fourteenth Symposium on Combustion, 1973, p. 1033
- [3] A.M. Kanury, „Modeling of Pool Fires with a Variety of Polymers“, Fifteenth Symposium on Combustion, pp. 193-202, The Combustion Institute, Pittsburg, PA, 1975
- [4] R. L. Alpert, „Pressure Modeling of Fires Controlled by Radiation“, Report, FMRC Serial 22360-5, Factory Mutual Research Corp., Norwood 1976
- [5] R.W. Lockwood and R.C. Corlett, „Radiative and Convective Feedback Heat Flux in Small Turbulent Pool Fires with Variable Pressure and Ambient Oxygen“, Proc. of the 1987 ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conference, American Society of Mechanical Engineers, New York 1987
- [6] A. Shinotake, S. Koda, K. Akita, „An Experimental Study of Radiative Properties of Pool Fires of an Intermediate Scale“, Combustion Science and Technology, Vol. 43, 1985, p. 85
- [7] Leonard Y. Cooper, „Estimating Safe Available Egress Time from Fires“, Center of Fire Research, National Bureau of Standards, Washington DC, Feb. 1981, Rep. NBSIR 80-2172

Th. Drache , J. Hahne
Institut für Sicherheitstechnik/Verkehrssicherheit e.V.
Rostock, Germany

Untersuchungen zur Ansprechwahrscheinlichkeit von Branderkennungssensoren unter realen Entdeckungsbedingungen im Schiffsbetrieb

Abstract

Results of analysis on fire detection systems under real ship conditions will be demonstrated.

It will be shown that the main problem is the probability of signalisation by sensors within a definite time.

The results of this analysis on fire detection systems show the necessity of the development of exact test instructions.

Einführung

Bei der Bewertung von Branderkennungsanlagen unter der Berücksichtigung der vorliegenden Betriebsbedingungen gewinnen zukünftig zwei Aspekte vorrangige Bedeutung:

- * Zuverlässigkeit der Branderkennung und
- * Branderkennungszeit

Die derzeit geltenden Richtlinien geben hinsichtlich der Einordnung unter Berücksichtigung der o.g. Aspekte keine konkreten Aussagen.

Eine Vielzahl von Vorschriften, Richtlinien und Empfehlungen bezüglich des Anwendungsgebietes Schiffahrt beziehen sich auf das Vorhandensein und die Wirkungsweise einer Brandmeldezentrale und deren periphere Einrichtungen.

Hinsichtlich der wichtigen Aufgabe dieser Einrichtungen existieren jedoch weniger konkrete Festlegungen.

Die Formulierungen in der Schiffssicherheitsverordnung [Kapitel III, Absatz 2.1.], der SOLAS [Kapitel II-2, Regel 13, Absatz 2.4.], des Germanischen Lloyds [Kapitel 2, Abschnitt 17/D 2.1; Kapitel 4, Abschnitt 8/D 2.1.13] bezüglich der Begriffe **"im Entstehen"**, **"schnell"**, **"Gesamtansprechzeit"**, **"normale Lüftung"**, **"bestmögliche Arbeitsweise"** und **"optimal"** zeigen den dringenden Bedarf der Präzisierung qualitativer Festlegungen durch zeitgemäße quantitative Aussagen.

Die Möglichkeit der Prüfung der Branderkennungsanlage an Bord bezieht sich lediglich auf den Teil des Brandmelders und der anschließenden Weiterleitung des elektrischen Signals zur Brandmeldezentrale. Bei dieser Kontrolle wird dem Brandmelder eine "Überdosis" der physikalisch/chemischen Größe direkt zugeführt. "Überdosis" aus dem Grund, da in den meisten Fällen die speziellen Meßmittel zur Bestimmung der am Melder anliegenden Parameter der Brandkenngröße fehlen. Aus der Praxis ist bekannt, daß Ionisationsmelder mit einem speziellen Aerosolspray so angesprüht werden, bis eine Signalgebung erfolgt.

Durch die konkret vorliegenden Störgrößen an Bord (Verstellungen, starke Luftströmungen usw.) kann jedoch die Übertragung der realen Brandkenngröße vom Brandort zum Melder geschwächt oder sogar unmöglich gemacht werden.

In der Praxis erstrecken sich die Möglichkeiten auf die turnusmäßige technische Funktionskontrolle der Brandmelder. Hierbei entfällt in den meisten Fällen auch die Möglichkeit der Einordnung der Sensibilität.

Ziel- und Aufgabenstellung

Vom Institut für Sicherheitstechnik/Verkehrssicherheit e.V. Warnemünde wurde im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr eine moderne, für See- und Binnenschiffe zugelassene Branderkennungsanlage unter praxisnahen Bedingungen untersucht. Ziel dieser Untersuchung war die Erlangung von realistischen Werten bezüglich der Ansprechwahrscheinlichkeit und der Branderkennungszeiten unter den vor Ort vorliegenden Umgebungsbedingungen. Die Untersuchungen wurden in zwei Brandlaboren durchgeführt. Die Brandräume sind in ihrer unterschiedlichen Raumgeometrie charakteristisch für einen Schiffsmaschinenraum und für einen Schiffsladeraum.

Versuchsaufbau

In den Brandräumen wurden die Branddetektoren nach Bild 1 in einer Ebene installiert. Die Befestigungshöhe der Meldereinheiten wurden in beiden Versuchsständen variiert. Eine Meldereinheit besteht aus Brandmeldern nach unterschiedlichen Funktionsprinzipien: optische Rauchmelder, Ionisationsmelder, Temperaturdifferentialmelder und UV-Strahlenmelder. Dazu können im Versuchsstand 1 überdies die Befestigungen der Positionen 2,3,4,7, und 8 im Dachaufbau bis zur maximalen Höhe von 2,70m erhöht werden.

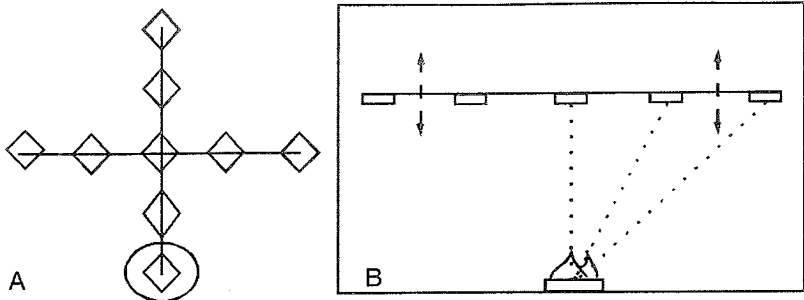


Bild 1: Anordnung der Detektoreinheiten in den Versuchsständen 1 und 2; A: Draufsicht B: Seitenansicht

In den Versuchen wurden wesentliche Parameter in der dargestellten Art variiert und als Eingangsparameter für Versuchsreihen zusammengestellt:

- * Brandstoff
 - Dieselkraftstoff
 - Textilien
 - Kunststoffe
 - Holzspäne (Schwelbrand)
- * Skylight (nur für Versuchsstand 1)
 - Skylight geschlossen
 - Skylight geöffnet
- * Lüfter
 - Zu- und Ablüfter ausgeschaltet
 - Zu- und Ablüfter eingeschaltet
- * Positionierung der Brandfläche
 - Mittelpunkt der Trägerkonstruktion
 - Anordnung diagonal zwischen Mittelpunkt und äußerster Meldereinheit
 - Anordnung diagonal im äußersten Bereich

Versuchsstand 1

Positionen 1 bis 9

- Meidereinheiten
- 1 Ionisationsmelder
- 1 opt. Rauchmelder
- 1 Temp.-Diff.-Melder

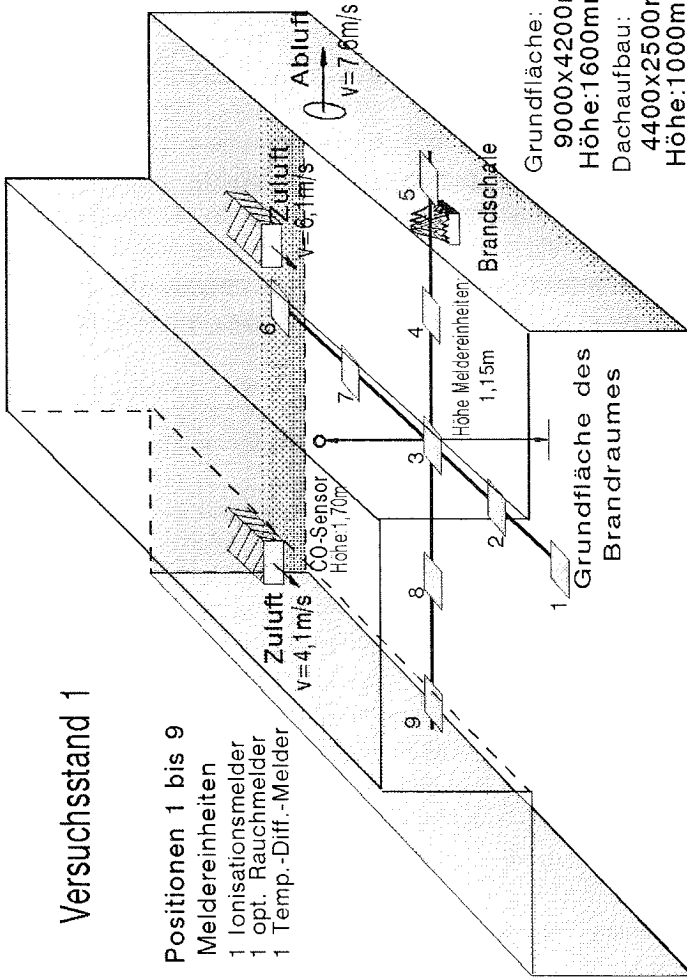


Bild 2: Brandraum mit der Raumgeometrie eines Maschinenraumes

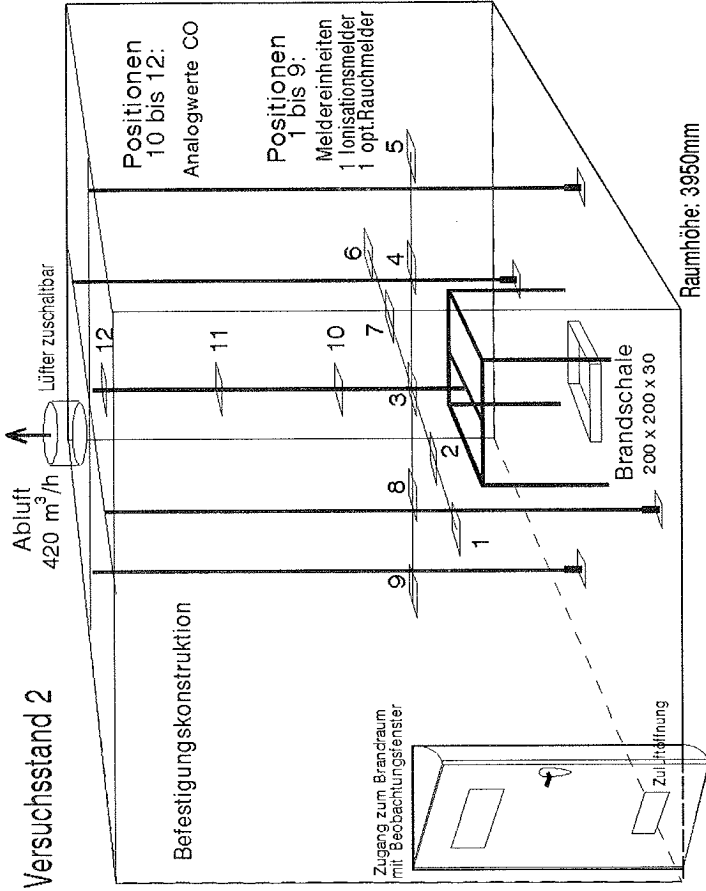


Bild 3: Brandraum mit der Raumgeometrie eines Laderaumes

Versuchsergebnisse

In über 300 Brandversuchen wurde festgestellt, daß die Übertragungszuverlässigkeit die Schwachstelle unter den Systemkomponenten darstellt.

Durch die Fixierung eines zeitlichen Signaleingangsabschnittes werden erstmals konkrete Aussagen bezüglich der Ansprechwahrscheinlichkeit ermöglicht. Die Grenze des spätesten möglichen Meldersignaleinganges, nach der Zündung des Brandstoffes, wurde mit 3 Minuten festgelegt.

Für eine Auswahl repräsentativer Versuche, welche mit dem Brandstoff Dieselkraftstoff durchgeführt wurden, konnten folgende Ansprechwahrscheinlichkeiten für den Signaleingangszeitraum $t < 3 \text{ min}$ ermittelt werden:

Ansprechwahrscheinlichkeit	$P_{\text{Anspr}}(0 < t < 180 \text{ s})$	
	Versuchsstand 1	Versuchsstand 2
Temp.-Diff.-Melder	0	0
opt. Rauchmelder	0,18	0,72
Ionisationsmelder	0,35	0,44
CO-Sensor	0,5*	0,99*

* Ansprechwahrscheinlichkeit eines Sensors

Tabelle 1: ermittelte Ansprechwahrscheinlichkeiten

Folgende Aussagen können als Ergebnis der durchgeführten Messungen getroffen werden:

1. Die Testbrände wurden unter definierten Umgebungsbedingungen durchgeführt und können somit jeder Zeit nachvollzogen werden.

2. Von einer fehlerfreien Funktion und Arbeitsweise der Brandmeldezentrale und deren peripheren Einrichtungen kann ausgegangen werden. Die Funktion von je 3 zufällig aus der Gesamtmenge herausgegriffener optischer Rauchmelder und Ionisationsmelder wurde nach 300 Branderkennungsversuchen vom VdS überprüft. Die Brandmelder gaben während der Funktionsprobe im vorgeschriebenen Bereich ohne Beanstandungen das Signal der Feuermeldung ab.

3. Entscheidende Einflußgrößen auf das Signalisationsverhalten sind

- * Brandstoff
- * Brandfläche
- * Raumströmung
- * Luftwechselzahl
- * Brandart
- * Brandort
- * Entfernung des Melders vom Brandort

4. Aus den Ergebnissen geht eindeutig hervor, daß für die Branderkennung in der vorgegebenen Zeit unter den speziellen Bedingungen des Schiffsbetriebes Temperatur-differentialmelder nicht geeignet sind.

5. In vielen Fällen wurde festgestellt, daß, obwohl die optische Sicht bereits Null war, keine Signalisation erfolgte.

6. Bezüglich der Brandstoffe Dieselkraftstoff, Textilien und Kunststoffe benötigen optische Rauchmelder eine längere Erkennungszeit als Ionisationsmelder.

7. Die Installation von Ionisationsmeldern und optischen Rauchmeldern an Orten mit zu geringer Luftströmung führt nur in wenigen Fällen zu einer Signalisation im Brandfall.

8. Die durch die Raumgeometrie bewirkten Raumströmungen im Brandfall haben indirekten Einfluß auf die Ansprechzeiten der Detektoren.

9. Da eine Signalisation während der ersten drei Minuten des Brandes nur teilweise erfolgte, ist das Hauptproblem in den Übertragungsmöglichkeiten von Brandkenngrößen zu den Branddetektoren zu sehen.

Ansprechwahrscheinlichkeit von Sensoren auf der Basis der Brandkenngröße Kohlenmonoxid

Aus Tabelle 1 können die Ansprechwahrscheinlichkeiten unterschiedlicher Sensoren entnommen werden. Den Werten ist die hohe Zuverlässigkeit von CO-Gassensoren (Brandgasmeldern) zu entnehmen. Dabei ist zu erwähnen, daß die mit einem Stern gekennzeichneten Werte die Ansprechwahrscheinlichkeit nur eines Sensors verkörpern! Im Gegensatz dazu stellen die übrigen Werte die jeweils erste Signalisierung aus einer Menge von 9 Meldern dar.

Kohlenmonoxid entsteht bei der unvollständigen Verbrennung.

Die Spezifik von Schiffsmaschinenräumen und Schiffsladeräumen macht das Auftreten von Kohlenmonoxid zu einer eindeutigen Gefahrengröße. Das heißt, die Registrierung von Kohlenmonoxid kann sicher auf die Existenz einer Gefahr zurückgeführt werden. Wenn dabei ein Defekt der Motorenabgasanlage ausgeschlossen wird, muß es sich folgerichtig um einen Brand handeln.

Im Bild 4 ist eine zusammenfassende Aussage mehrerer Meßwertverläufe des Kohlenmonoxidanteils in Abhängigkeit von der Branddauer unterschiedlicher Testbrände dargestellt.

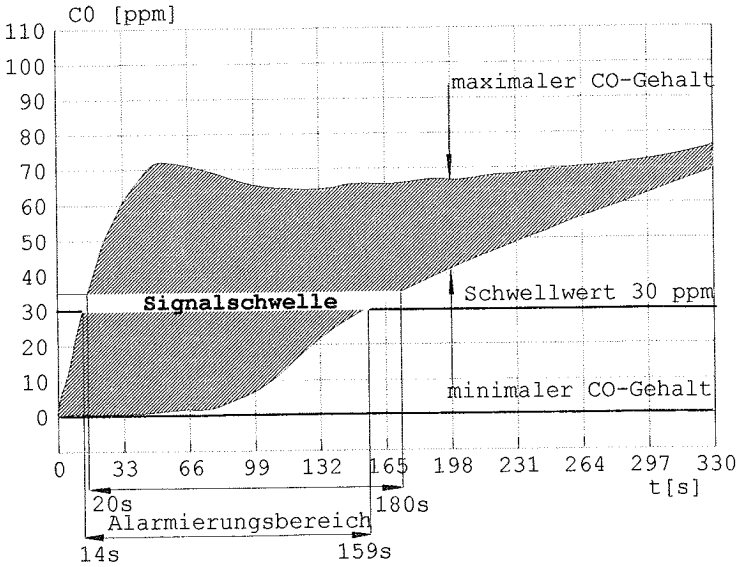


Bild 4: Streufeld der zeitlichen Entwicklung der Kohlenmonoxidkonzentrationen hervorgehend aus unterschiedlichen Tetsrandbedingungen.

R. Lüttenberg

Verband der Sachversicherer e.V. (VdS), Köln, Deutschland

Ansteuerung von Feuerlöschanlagen durch Brandmeldeanlagen

Abstract

Fire detection systems and fire extinguishing systems often are installed by two different installers. The connection of the two systems with the requirement, that the fire detection system shall activate the extinguishing system causes very often tremendous technical and organizational problems. A solution, to avoid these problems by using a standardized connecting element, which forms a standardized interface, is presented.

1 Einleitung

Die Ansteuerung und Steuerung von Löschanlagen generell, insbesondere aber über Brandmeldeanlagen, stellt ein komplexes Thema dar. Dies hat Gründe, die man in solche mit einem technischen Hintergrund und solche mit einem organisatorischen Hintergrund aufteilen kann. Überschneidungen sind dabei möglich.

Die für Brandmeldeanlagen und für Löschanlagen heute geltenden Richtlinien beschränken sich auf Anforderungen und Aussagen zu der jeweiligen Anlage selbst. Es gibt wenige Anforderungen, die das Zusammenwirken beider Anlagen beschreiben. Jede dieser Richtlinien hat das Ziel, die bestimmungsgemäße Funktion der Anlagen im Gefahrenfall sicherzustellen. Diese Anforderung gilt generell auch für das Zusammenwirken beider Anlagen.

2 Technik

2.1 Technische Unterscheidungsmerkmale

Eine Brandmeldeanlage ebenso wie eine Löschanlage besteht in aller Regel aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten, die erst im Zusammenwirken eine oder mehrere bestimmungsgemäße Funktionen erfüllen sollen. Beschränkt man sich bei der Betrachtungsweise auf diejenigen Bauteile, die für die Ansteuerung und Steuerung einer Löschanlage erforderlich sind, kann man zwischen mechanischen, pneumatischen, hydraulischen und elektrischen Ansteuerungen und Steuerungen sowie Kombinationen solcher Techniken unterscheiden.

Nachfolgend soll vorrangig nur auf die elektrische Ansteuerung und Steuerung eingegangen werden, da sich Brandmeldeanlagen ja als vollelektronische Systeme darstellen.

2.2 Anschluß und Wirkungsbereich einer Steuereinrichtung

Zum Anschluß und Wirkungsbereich einer Steuereinrichtung gehören alle Bauteile und Einrichtungen, die Funktionen für die Feuerlöschanlage ausführen. Dazu gehören Betätigungs-, Auslöse- und Überwachungseinrichtungen sowie Stellglieder für die notwendige Ansteuerung und Steuerung der Löschanlage unter Berücksichtigung etwaiger Personenschutzmaßnahmen sowie baulicher Gegebenheiten. Dabei bestimmt das Anforderungsprofil jedes einzelnen Anwendungsfalls das einzusetzende technische Konzept und damit die zu diesem Konzept erforderlichen Geräte und Systeme. Die Steuereinrichtung ist essentieller Bestandteil einer Löschanlage.

2.3 Elektrische/elektronische Steuereinrichtungen

Elektrische/elektronische Steuereinrichtungen bieten Vorteile dadurch, daß Steuerleitungen überwacht werden können und Steuerkonzepte relativ einfach parametrierbar sind. Sie können insgesamt eine anpassungsfähige und auch zuverlässige Technik darstellen, wenn einige Grundvoraussetzungen (z.B. Redundanz) eingehalten werden.

2.4 Geräte- und systemspezifische Voraussetzungen

Alle in einer Brandmelde- oder Löschanlage verwendeten Einrichtungen und Bauteile müssen für den jeweiligen Verwendungszweck aufeinander abgestimmt, ihre bestimmungsgemäße Funktion muß gewährleistet sein. Dies bedeutet, daß Feuerlöschanlagen in Schutzkonzepten nach den derzeitigen Richtlinien des VdS von Brandmeldeanlagen nur im Rahmen eines hierfür geeigneten Systemes angesteuert werden dürfen. Der Nachweis dazu kann in entsprechenden Prüf- und Zertifizierungsverfahren erbracht werden.

2.5 Wesentliche Anforderungen an die Ansteuerung und Steuerung

Um die sichere Funktion der Gesamtanlage zu gewährleisten, wurden wesentliche Anforderungen festgelegt, bei denen die sichere Auslösung der Löschanlage und die Sicherstellung von Personenschutzmaßnahmen im Vordergrund stehen.

So sind bei der elektrischen Ansteuerung und Steuerung Anforderungen zu finden, die sicherstellen sollen, daß bei Defekten oder Funktionsfehlern eines Bauteiles oder Fehler einer Primärleitung (Drahtbruch oder Kurzschluß) nicht mehr als ein Löschbereich ausfallen oder höchstens in einem Löschbereich eine Fehlauflösung auftreten kann.

Alle Einrichtungen zur Steuerung und Ansteuerung müssen so beschaffen sein, daß nicht nur bei einer Auslösung im Brandfall, sondern auch bei einer Fehlauflösung von Feuerlöschanlagen mit Personengefährdung die Einhaltung von Personenschutzmaßnahmen sichergestellt ist. Die Erfordernisse für Personenschutz sind in Sicherheitsregeln festgelegt.

Diese Anforderungen beziehen sich bei Einbeziehung einer Brandmeldeanlage in ein Löschkonzept auch auf deren Bauteile (z.B. Brandmelderzentrale).

2.6 Automatische Branderkennung

Bei allen automatischen Löschanlagen ist eine angepaßte und zuverlässige automatische Branderkennung im jeweiligen Löschbereich erforderlich. Sie kann erfolgen durch -Brandmeldeanlagen mit Brandmeldern, die der Norm EN 54 entsprechen -Branderkennungseinrichtungen einer Löschanlage (z.B. Schmelzlotfühler, Thermotrennglieder, Stabtemperaturfühler, Sprinkler)

Werden Brandmeldeanlagen in Löschkonzepten eingesetzt, übernehmen sie, außer bei Sprinkleranlagen, die Aufgabe der Branderkennung vollständig. Eine Brandmeldung im Löschbereich soll

- automatisch die Auslösung einer Löschanlage mit allen zugehörigen Steuerungen bewirken oder
- den Funktionsablauf einer Löschanlage beeinflussen (z.B. bei Trockenschnellanlagen).

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, daß bei unterschiedlichen Arten von Löschanlagen aus z.B. Versagen, Abschaltung oder Fehlalarm der Brandmeldeanlage unterschiedliche Konsequenzen für die Funktionstüchtigkeit der Löschanlage resultieren und somit auch unterschiedliche Anforderungen gestellt werden müssen. Eine Anpassung der Brandmeldeanlage an das Löschkonzept ist also zwingend erforderlich, selbst dann, wenn die Brandmeldeanlage keine weiteren Aufgaben im Löschkonzept übernimmt als die reine Brandmeldung.

2.7 Anschaltung

Wird eine Brandmeldeanlage in ein Löschkonzept einbezogen, müssen die Löschanlage und die Brandmeldeanlage über Schnittstellen angeschaltet werden. Über diese Schnittstellen kann

- die Übertragung von Informationen
- die Steuerung der Ausbringung des Löschmittels nach z.B. Ort, Dauer und Menge

- die Steuerung und der Betrieb von im Rahmen des Löschkonzeptes notwendigen Einrichtungen wie z.B. Alarmierungseinrichtungen
 - die Ausführung notwendiger Steuerungen zur Berücksichtigung baulicher Gegebenheiten, z.B. die Steuerung von Betriebsmitteln oder Raumabschlüssen
- erfolgen.

Es muß sich sowohl technisch als auch organisatorisch aus den beiden Anlagen ein funktionierendes Löschkonzept ergeben.

Findet die Anschaltung an installierten Anlagen vor Ort statt, können sich erhebliche Probleme einstellen, insbesondere dann, wenn die Gesamtanlage, bestehend aus Brandmelde- und Löschanlage nicht aus einer Hand geplant und installiert wird, sondern zwei unterschiedliche Firmen an der Realisierung des Gesamtkonzeptes beteiligt sind.

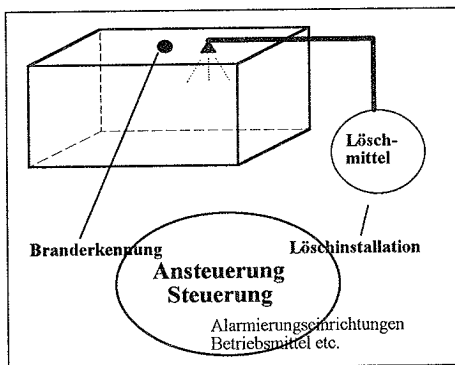


Bild 1
Ansteuerung und Steuerung
von Feuerlöschanlagen

3 Organisation

3.1 Funktionen einer Löschanlage und deren Übertragung an eine Brandmeldeanlage

Funktionen einer Löschanlage sind: Branderkennung, Brandmeldung, Löschen. Einzelne Funktionen der Feuerlöschanlage können von einer Brandmeldeanlage übernommen werden. Hierzu gehören neben der Branderkennung/Brandmeldung auch andere Funktionen der Löschanlage wie die Steuerung des Löschablaufes oder die Alarmierung. Die Funktionen der Feuerlöschanlage werden hilfswise unterschieden in Primärfunktionen und Sekundärfunktionen.

Primärfunktionen sind:

- Brandmeldung (automatisch und nichtautomatisch)
- akustische und /oder optische Alarmierung
- verzögerte und/oder unverzögerte Ansteuerung von Auslöseeinrichtungen (Magnetventilen)
- Erfassung und Anzeige von Störungen und anderen Betriebszuständen der Löschanlage

Sekundärfunktionen

- Dazu gehören zur Sicherstellung des Löscherfolges notwendige Funktionen zur Berücksichtigung baulicher Gegebenheiten wie z.B. Steuerung von Betriebsmitteln, Raumabschlüssen usw.

3.2 Ausführung der Anlagen durch zwei Errichterfirmen

Bei der Ausführung der Anlagen ist zu unterscheiden in

- Ausführung durch zwei Errichterfirmen (Errichter BMA und Errichter LA)
- Ausführung durch eine Errichterfirma (Errichter Gesamtanlage)

Nachstehend wird nur auf die Ausführung durch zwei Errichterfirmen eingegangen.

Bei der Ausführung durch zwei Errichterfirmen sind beide Firmen in der Pflicht, technisch und organisatorisch ein gemeinsames Löschkonzept zu realisieren. Die Erfahrungen der Vergangenheit zeigen, daß dies nicht immer reibungslos erfolgt. Probleme und Störungen traten und treten auf z.B. nach der separaten Errichtung der beiden Anlagen an den Schnittstellen bei der Zusammenschaltung. Ursache der Probleme war und ist die Teilung des Leistungsumfanges, meist unter rein technischen Gesichtspunkten. Bei einer Teilung des Leistungsumfanges (Gesamtkonzept) wird in Kauf genommen, daß der Brandmeldeanlagen-Errichter neben der Errichtung der Brandmeldeanlage auch Teile der Löschanlage errichtet, z.B. Komponenten für die Steuerung des Löschaablaufes, die jedoch ursächlich zur Löschanlage gehören und damit auch in den Verantwortungsbereich des Löschanlagenerrichters fallen. Dies können Bauteile zur Auslösung des Löschvorgangs und damit Ausbringung des Löschmittels, zur Steuerung von Alarmierungseinrichtungen, Raumabschlüssen oder anderer Betriebsmittel sein. Der Brandmeldeanlagen-Errichter errichtet dabei den elektronischen und elektrischen Teil der Löschanlage, der Löschanlagen-Errichter den nicht-elektrischen Teil. Die Art der Anschaltung, bei der die Brandmeldeanlage sowohl Ansteuerung als auch teilweise oder ganz die Steuerung der Löschanlage ausführt, kann als "Direktansteuerung" bezeichnet werden.

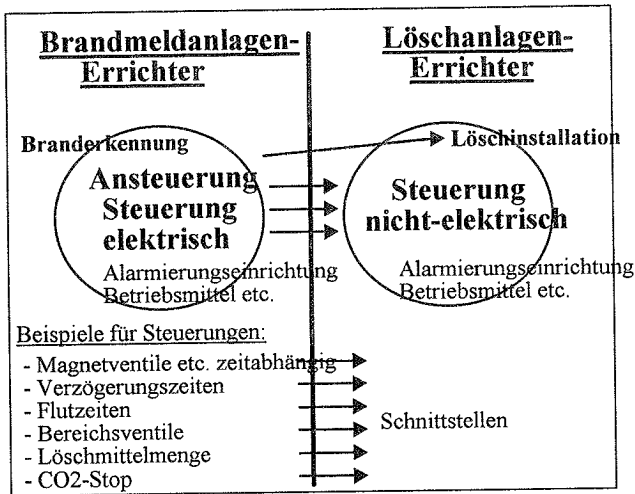


Bild 2
Direkt-
ansteuerung

3.3 Erfordernisse bei Direktansteuerung

Bei einer Direktansteuerung müssen für jeden Anwendungsfall zwei Techniken zusammengeführt werden. Es muß Einvernehmen über den jeweiligen Errichtungsumfang und die Zusammenarbeit bei der Planung und bei der Installation vor Ort hergestellt werden. Für jeden Einzelfall ist daher eine organisatorische Abstimmung zwischen den beiden Errichtern und eine Anpassung der von ihnen verwendeten Techniken erforderlich, damit die Zusammenarbeit zu einer funktionierenden Gesamtanlage führen wird. Dabei ist es unerlässlich, folgende Sachverhalte schon im Planungsstadium vorab zu klären:

- der Wille zur Zusammenarbeit
- der jeweilige Errichtungsumfang innerhalb der Gesamtanlage
- die Festlegung von Schnittstellen
- die technische Kompatibilität der zu verknüpfenden Komponenten
- die Funktionstüchtigkeit der Gesamtanlage, vor allem die bestimmungsgemäße Ausführung aller Steuerungen

Probleme in den Bereichen Organisation und Technik werden mitunter erst spät gesehen. Selbst im vergleichsweise einfachen weil eindeutigen technischen Bereich sind immer wieder spezielle Anpassungen notwendig. Obwohl in vielen Brandmeldesystemen schon Komponenten zur Ansteuerung und Steuerung vorhanden sind, mit denen man glaubt,

die im Einzelfall notwendigen Steuerungen realisieren zu können, müssen oft kurzfristig zusätzliche systemfremde Komponenten installiert werden.

3.4 Nachweis über das bestimmungsgemäße Zusammenwirken

Von den Errichtern ist der Nachweis über das bestimmungsgemäße Zusammenwirken des einzusetzenden Systems zu führen. Die beiden Errichter müssen über ein gemeinsames, anerkanntes System verfügen. Da sich Unterschiede von Anwendungsfall zu Anwendungsfall ergeben, kann es erforderlich sein, für jeden Anwendungsfall den Nachweis erbringen zu müssen.

Für Brandmeldeanlagen-Errichter, die Direktansteuerung ausführen wollen, ergeben sich zusätzlich Konsequenzen insofern, daß sie detaillierte Kenntnisse über die Steuerung von Löschanlagen haben müssen, da sie ihr Tätigkeitsgebiet in die Löschtechnik hinein erweitern. Auch hierüber muß ein Nachweis erbracht werden.

3.5 Zuständigkeit und Verantwortung bei Ausführung durch zwei Errichterfirmen

Die Zuständigkeit und Verantwortung für die Planung, Errichtung und Instandhaltung von Feuerlöschanlagen einschließlich der zur Branderkennung notwendigen Einrichtungen ist in der Regel nicht teilbar. Der Errichter der Feuerlöschanlage ist für alle Anlagenteile verantwortlich, die die Funktion der Feuerlöschanlage bestimmen.

Werden die Brandmeldeanlage und die Löschanlage von verschiedenen Errichtern installiert, dann liegt gegenüber den zuständigen Stellen die Gesamtverantwortung für das Anlagenkonzept beim Löschanlagenerrichter. Aus diesem Grunde ist die Projektierung der Brandmeldeanlage mit dem Löschanlagenerrichter abzustimmen. Dabei ist projektspezifisch zu prüfen, ob die Anforderungen des Projektes mit dem auszuführenden Leistungsumfang dem anerkannten Gegenstand entsprechen. Die technische Unbedenklichkeit ist von jedem Anlagenerrichter zu bestätigen, wobei der Löschanlagenerrichter die Federführung übernimmt.

Die Verantwortung im Sinne von Produkthaftung, Gewährleistung und übrigen, anlagebezogenen Angelegenheiten bleibt hiervon unberührt.

4. Konsequenz aus den technischen und organisatorischen Sachverhalten

Auch ohne Blick auf die Vielzahl der Brandmeldesysteme, Löschsyste, Brandmeldeanlagenerrichter und Löschanlagenerrichter wird spätestens an dieser Stelle deutlich, daß die Zukunft für den Regelfall der Zusammenschaltung von Brandmeldeanlagen und Löschanlagen nicht in der Direktansteuerung liegen kann. Berücksichtigt man über den

jeweiligen Einzelfall hinaus generell den Fall der Nachrüstung einer Löschanlage in einem Meldebereich einer bestehenden Brandmeldeanlage, so ist hier die Forderung ableitbar, daß jede Brandmeldeanlage mit jeder dafür vorgesehenen Löschanlage zu einer funktionstüchtigen Gesamtanlage verknüpfbar sein muß. Und dies ungeachtet der jeweiligen Errichter. Aus diesem Grunde ist es verständlicherweise sinnvoll, nach einem anderen, einfacher zu erfüllenden Verfahrensweg zu suchen.

Als Lösung bietet sich hier die Verwendung einer standardisierten Ansteuerung an.

5. Realisierung einer elektrischen standardisierten Anschaltung durch eine Einzelschnittstelle

5.1 Voraussetzung

Voraussetzung zur Realisierung einer "Standardschnittstelle Löschen" ist, daß die einzelnen Löschanlagen über eine elektrische Steuereinrichtung verfügen, die mit eben dieser Schnittstelle ausgerüstet werden kann.

5.2 Zielsetzung

Grundziel der standardisierten Anschaltung über eine "Standardschnittstelle Löschen" muß sein, daß einerseits technisch die Signalübertragung standardisiert wird, andererseits aber auch organisatorisch die Aufgabenverteilung eindeutig zugeordnet werden kann. Um Anpassungsfähigkeit auf die jeweiligen Erfordernisse der unterschiedlichsten Löschanlagen zu erreichen, ist die Art der Signalübertragung festzulegen, nicht aber die Anzahl der Signale.

Das nachfolgend vorgestellte Modell basiert auf einer Einzelschnittstelle in Form einer standardisierten Schaltung, mittels derer zwei elektronische Geräte, ein Sender und ein Empfänger, zur Übergabe von genau einem Signal verknüpft werden können. Es wird die gleiche Schaltung für die Übertragsrichtung von der Brandmeldeanlage (BMA) zur Löschanlage (LA) und von der Löschanlage zur Brandmeldeanlage benutzt. Die Bedeutung des Signales muß vereinbart werden.

- Der Sender gibt nur zu erkennen "Signal ja" oder "Signal nein".
- Der Empfänger registriert ständig den Status des Signales (ja oder nein) und überwacht die Funktionstüchtigkeit des Übertragungsweges.
- Es erfolgt keine Energieübertragung, d.h. beide Geräte müssen über eine eigene gesicherte Energieversorgung verfügen.
- Für jedes Signal ist eine eigene Einzelschnittstelle einzusetzen.

- Die Einzelschnittstelle besteht aus einer Ausgangs-Schaltung im Sender und aus einer Eingangs-Schaltung zur Auswertung und Überwachung im Empfänger.

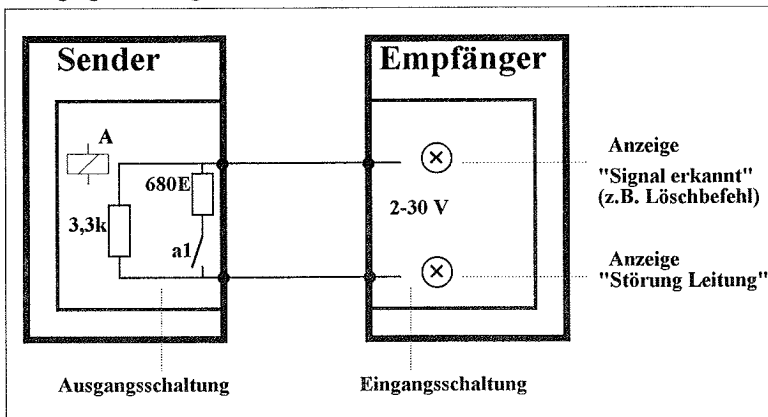


Bild 3: Einzelschnittstelle einer "Standardschnittstelle Löschen"

Auf den einzelnen Anwendungsfall bezogen entsteht die Standardschnittstelle dann durch Duplizierung der Einzelschnittstelle für jedes geforderte Signal sowie zusätzlich für jedes gewünschte Signal. Sie unterscheidet sich dann von Anwendungsfall zu Anwendungsfall lediglich in der Ausbaustufe.

5.3 Mindestausbau der "Standardschnittstelle Löschen"

In der Mindestausbaustufe für eine Löschanlage mit einem Löschbereich müssen zwei Signale übertragen werden. Der "Löschbefehl" von der BMA an die LA und die "Störung Löschanlage" von der LA an die BMA. Ausnahme hier sind Vorgesteuerte Sprinkleranlagen, bei denen vier Signale benötigt werden. Bei mehreren Löschbereichen erhöht sich in der Mindestausbaustufe die Anzahl der Signale je weiterem Löschbereich um ein Signal (Übertragung des Löschbefehls), bei Vorgesteuerten Sprinkleranlagen um drei Signale. Zusätzlich zum geforderten Mindestausbau kann der Ausbau theoretisch unbegrenzt in einem gewünschten und vereinbarten Umfang erweitert werden, wie z.B. bei einer Zwei-Melder- oder Zwei-Linien-Abhängigkeit, bei der die löschbereichsbezogene Übertragung eines Signales "Voralarm" bei Ansprechen des ersten Melders erforderlich ist, um der Löschanlage die Ausführung von Vorsteuerungen wie Betriebsmittelausschaltung etc. zu ermöglichen.

Zusätzlich gewünscht sein kann z.B. die Übertragung von differenzierten Störungsmeldungen aus der Löschanlage oder die Übertragung von Meldungen wie "Löschanlage ausgelöst".

Nachfolgend sind die Mindestausbaustufen für Löschanlagen mit allgemeingültigem Ansteuerkonzept für eine Ein- und Zweibereichsanlage dargestellt.

Brandmelde- anlage BMZ	Schnittstellenverteiler Signal, Kennzeichnung der Schnittstelle	Feuerlöschanlage (EST)
Allg. Steuerkonzept (Gas-, Wasser-,Pulverlöschanlagen) 1 Löschbereich		
Sender	"Löschbefehl", L1	Empfänger
Empfänger	"Störung Löschanlage", SL	Sender
Allg. Steuerkonzept (Gas-, Wasser-,Pulverlöschanlagen) 2 Löschbereiche		
Sender	"Löschbefehl, Löschbereich 1", L1	Empfänger
Sender	"Löschbefehl, Löschbereich 2", L2	Empfänger
Empfänger	"Störung Löschanlage", SL	Sender

Mindestausbau der "Standardschnittstelle Löschen"

Die Schnittstelle Löschen ist in Anhang 1, ein erweiterter Anschlußplan -technische Darstellung - ist in Anhang 2 angegeben.

5.4 Planung und Realisierung

Der Brandmeldeanlagenerrichter plant und realisiert die Brandmeldeanlage, der Löschanlagenerrichter plant und realisiert die Löschanlage mit allen für den Löschablauf erforderlichen Steuerungen.

Verabredet werden müssen im Planungsstadium einzig und allein die für den jeweiligen Löschbereich erforderliche Meldetechnik, also die Anpassung der Brandmeldung nach z.B. Art, Zahl, Abhängigkeit der Brandmelder und die Ausbaustufe der "Standardschnittstelle Löschen".

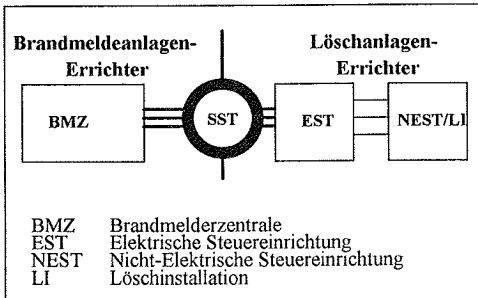


Bild 4

Ansteuerung über
"Standardschnittstelle
Löschen"
(Regelfall)

5.5 Funktionen einer Löschanlage, die an eine Brandmeldeanlage bei Anschaltung über die Standardschnittstelle übertragen werden können:

Primärfunktionen

- Brandmeldung (automatisch und nichtautomatisch) mit lösch- bzw. meldebereichsbezogenem Löschbefehl
- lösch- bzw. meldebereichsbezogene Meldung "Störung BMA" bei vorgesteuerten Alarmventilstationen (Sprinkleranlagen) zwecks Umschaltung auf die Funktion einer Trockenanlage
- Anzeige von Störungen und anderen Betriebszuständen der Löschanlage, die von einer Überwachungsfunktion der Löschanlage erfaßt werden.

Sekundärfunktionen

- Die Ausführung der sekundären Steuerfunktionen erfolgt von der löschanlageneigenen Steuereinrichtung.

5.6 Technische Ausführung

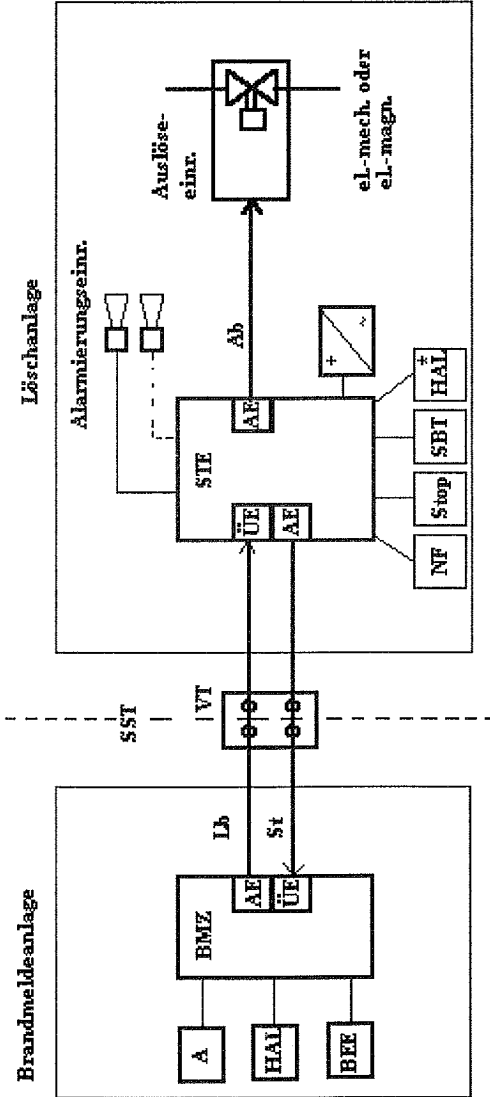
Die Schnittstellenanschlüsse müssen in der Brandmelderzentrale ebenso wie in der löschanlageneigenen Steuereinrichtung eindeutig gekennzeichnet sein. Zwischen Brandmelderzentrale und Steuereinrichtung ist vorzugsweise in unmittelbarer Nähe zur Steuereinrichtung ein Schnittstellenverteiler vom Löschanlagenerrichter zu installieren. Das Verteilergehäuse ist von außen, gut sichtbar, eindeutig zu kennzeichnen. Die Verteileranschlüsse werden mit vereinbarten standardisierten Kennzeichnungen versehen. Die Anschaltung sowie die Inbetriebnahme muß von beiden Errichtern gemeinsam vorgenommen werden.

6. Vorteile

Die Standardschnittstelle ermöglicht eine genaue Abgrenzung des vom Errichter der Brandmeldeanlage und des vom Errichter der Löschanlage zu erbringenden technischen Leistungsumfanges. Sie kann auf das jeweilige Löschkonzept angepaßt werden. Die Erfordernisse zur Abstimmung der Planung und Projektierung sind auf ein Mindestmaß reduziert. Die Verantwortungsbereiche sind eindeutig unterscheidbar.

Eine solche "Standardschnittstelle Löschen" wurde im Jahre 1987 per Vereinbarung und als Bestandteil von VdS-Richtlinien eingeführt. Sie hat sich in zahlreichen Anwendungen bewährt.

Schnittstelle "Löschanlage"



Legende

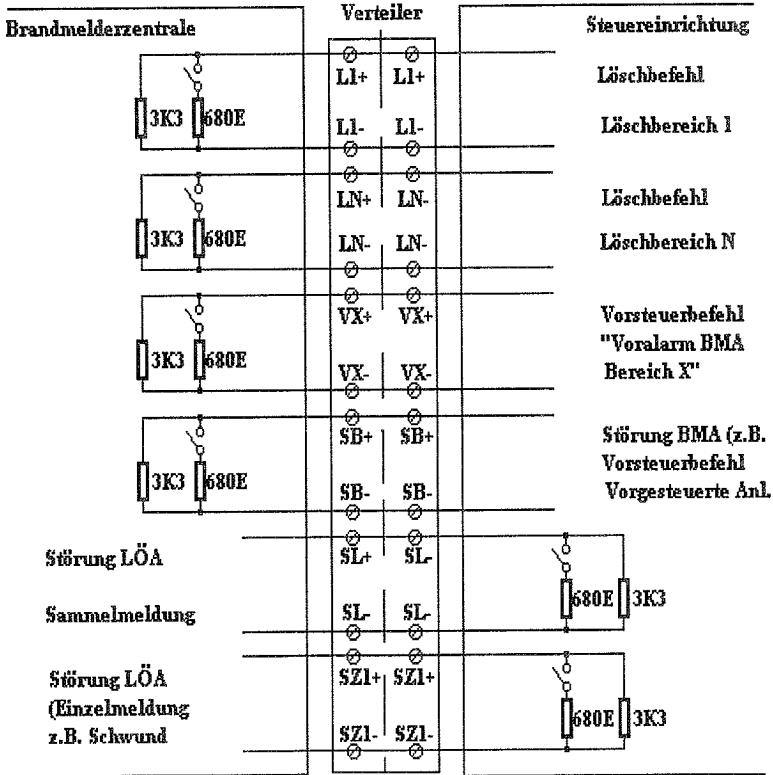
- | | | | |
|-----|---------------------------|-----|--------------------------------------|
| A | - Brandmelder | SST | - Standardschnittstelle |
| Ab | - Auslösebefehl | St | - Störungsmeldung |
| AE | - Ansteuerreinrichtung | SIE | - Steuerungsbetriebs-
einrichtung |
| BEE | - Branderkennungselement | SBT | - Nachfuten |
| BMZ | - Brandmeldezentrale | HAL | - Handauslösung (* an BMZ oder SIE) |
| Lb | - Löschbefehl | | |
| ÜE | - Übertragungseinrichtung | | |

VdS-Standardschnittstelle
 Erweiterter Anschlußplan (nach Bedarf)

ANHANG 2

Brandmeldeanlage

Feuerlöschanlage



Klaus Schierau

Minimax GmbH

Bad Oldesloe, Bundesrepublik Deutschland.

Mehrfachkriterien-Brandentdeckung unter besonderer Berücksichtigung der Ansteuerung von Löschanlagen.

Abstract

Possibilities are described to optimise detection systems which are combined with extinguishing devices.

It seems possible today, to combine a high degree of safety against maloperation with prompt tripping of extinguishing systems, so that optimal and adapted protection of objects and equipments can be ensured.

The use of multifunctional detectors seems to be a particularly suitable solution for resolving these optimisation problems.

Einleitung

Die Ansteuerung von Löschanlagen stellt besondere Anforderungen an die Detektion. Sowohl die Ansprechsicherheit als auch die Täuschungsunempfindlichkeit müssen sehr hoch sein. Bisher wurden diese Forderungen durch eine Reihe von Maßnahmen realisiert, die im wesentlichen auf der Tatsache beruhen, daß bei einer Fortentwicklung eines Brandes die Kenngrößen sich zeitlich und räumlich in charakteristischer Weise verändern.

Ein Beispiel für eine relativ einfache Methode, der zeitlichen Entwicklung Rechnung zu tragen, zeigt die Abbildung 1. Sie besteht darin, eine Korrespondenz zwischen Zentrale und Melder einzurichten. Die Melder werden dabei von der Zentrale innerhalb eines Zeittores mehrfach zurückgesetzt. Um einen Alarm an der Zentrale auslösen zu können, müssen die Melder in einem vorgegebenen Zeitraum nach jeder Rücksetzung wieder eine Alarmmeldung absetzen. Wird dies nicht eingehalten, dann schließt das Zeittor. Die Prozedur beginnt bei einer erneuten Alarmgabe eines Melders von neuem. Der obere Teil der Abb.1 zeigt einen solchen Fall: Ein Melder gibt Alarm, Zeittor und Wiederholfenster starten. Der Melder wird zurückgesetzt, er antwortet nicht innerhalb des Wiederholfensters, das Zeittor wird zurückgesetzt. Eine Alarmfixierung durch die Zentrale erfolgt nicht. Nach einiger Zeit wird durch einen Melder erneut Alarm ausgelöst. Zeit-

und Wiederholfenster werden wiederum geöffnet. Auch in diesem Fall kann durch die Zentrale kein Alarm fixiert werden, da sich innerhalb des Wiederholfensters kein erneuter Melderalarm mehr ausbildet.

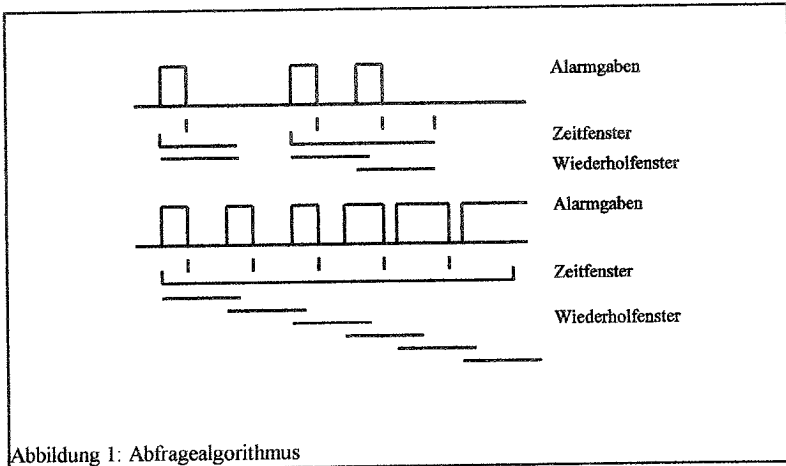


Abbildung 1: Abfragealgorithmus

Im unteren Teil der Abb. 1 bilden sich nach jedem Rücksetzen durch die Zentrale so rechtzeitig Melderalarme aus, daß die Wiederholzeit niemals vollständig abläuft. Das Zeitfenster wird dadurch nicht zurückgesetzt. Nach dem Ablauf des Zeitfensters löst die Zentrale Alarm aus. Wie erwähnt, liegt dieser Auswertemethode die Überlegung zugrunde, daß ein sich weiterentwickelnder Brand an einem Meßort eine ständig an Intensität zunehmende charakteristische Kenngröße (z.B. "Rauch") entwickelt.

Der räumlichen Entwicklung von Brandkenngrößen wird in konventionellen Systemen dadurch Rechnung getragen, daß die Löschanlagenanregung erst dann erfolgt, wenn mehr als ein Melder aus dem gleichen Bereich die genannten Alarmbedingungen erfüllt haben. Dies entspricht einer UND-Verknüpfung.

Es ist einleuchtend, daß solche Systeme eine hohe Sicherheit gegenüber Fehlhandlungen haben, z.B. gegenüber der Täuschungsanregung eines Detektors. Es müssen immer mindestens zwei gleichwertige Auswertungsergebnisse vorliegen, um eine Löschanlage anzusteuern.

Wenn zur Realisierung Grenzwertmelder eingesetzt werden, dann muß in jedem Fall der eingestellte Grenzwert im Melder überschritten werden, um eine Situationsanalyse zu starten. Dies kann unter zusätzlicher Berücksichtigung der Analysenzeit durch den vorgegebenen Algorithmus

Zeitverzögerungen hervorrufen, die zwar die Löschvorgänge praktisch nicht beeinflussen (denn eine Ansteuerung über Melderanlagen ist auch unter diesen Voraussetzungen noch als "schnell" zu bezeichnen), die aber doch schon so groß sein können, daß in bestimmten Anwendungsfällen für die Zukunft bessere Anregersysteme entwickelt werden müssen. Dies wird insbesondere dann notwendig sein, wenn durch Brandprozesse besonders schädliche Substanzen freigesetzt werden, die zu extrem hohen Kosten für Entsorgungsmaßnahmen führen können.

Aufgabenstellung

Für die Weiterentwicklung von Anregersystemen für automatische Löschanlagen ist es erforderlich, den Kenntnisstand über charakteristische Merkmale, die kennzeichnend für Brandverläufe sind, zu erweitern. Darauf aufbauend sind Merkmalsmuster zu bestimmen, die eine hohe Aussagewahrscheinlichkeit über einen stattfindenden Brandverlauf zulassen.

In der klassischen Betrachtungsweise existieren formell nur drei Brandkenngrößen:

- ▷◇ Rauch,
- ▷◇ Wärme (Temperatur),
- ▷◇ Flamme (elektromagnetische Strahlung).

Gasmessungen sind zum heutigen Zeitpunkt noch kein fester Bestandteil der Brandmeldetechnik, und das große Gebiet "Rauch" wird z.Zt. noch als eine einheitliche Brandkenngröße betrachtet. Hier muß eine Revision der Denkungsart angemahnt werden. Die Erfahrung zeigt, daß die Messung von Aerosolen mit unterschiedlichen Methoden zu Kennlinienfeldern führt, die ganz charakteristische Muster für einzelne Brandphasen erkennen lassen.

Es ergeben sich insgesamt folgende Entwicklungsziele:

- ▷◇ Erweiterung der Kenntnisse über brandphasentypische Merkmale, aus denen sich ausreichend sichere Aussagen über die Brandentwicklung ableiten lassen,
- ▷◇ Entwicklung von Strategien zur Auswertung dieser Merkmale,
- ▷◇ Verbesserung der Hardware multipler Detektoren,
- ▷◇ Entwicklung von neuen Testmethoden.

Zu allen diesen Punkten gibt es Lösungsansätze aber noch keine befriedigenden Lösungen. In immer neuen Normen werden "alte" Zustände eingefroren. Es wird genormt aber nicht normiert. Es besteht die Gefahr, daß Entwicklungen ständig nur auf die Erfüllung bestehender Normen abgestimmt und damit u.U. neuartige Wege versperrt werden.

Ansätze von Lösungsmöglichkeiten

Brände verlaufen "chaotisch". Das bedeutet, daß ihre Entwicklungen nicht genau voraussagbar

sind. Es erscheint jedoch möglich, den Verlauf eines Brandes meßtechnisch so zu begleiten, daß man aus den gerade vorliegenden Daten auf den augenblicklichen Zustand des Ereignisses schließen kann. Versuche bestätigen diese These. Voraussetzung für alle Untersuchungen ist jedoch eine "multiple" Messung der Kenngrößen. Bei den von uns durchgeführten Testreihen wurden in der Regel die folgenden Signale gemessen:

Aerosole mittels

Ionisationskammern, Streulichtverfahren und/oder Durchlichtmessungen,

Temperatur und/oder

Strahlung im *IR-Bereich* und/oder im *UV* und/oder

Gase, bevorzugt

O₂, CO, CO₂ und in besonderen Fällen brennbare Gase.

In den folgenden Darstellungen werden besonders die durch Aerosolmessungen erhaltenen Daten interpretiert. Hierzu einige Zusatzbemerkungen: Die Messung eines Signals mittels unterschiedlicher Methoden erscheint dann besonders sinnvoll, wenn die eingesetzten Sensoren gegenüber anderen Einflußgrößen unterschiedlich querempfindlich sind.

Hierzu ein Beispiel:

x_1 sei ein meßtechnisch zu ermittelndes Signal, x_2 und x_3 seien Signale, die wie x_1 in der Meßumgebung vorkommen können und auf die der Sensor, der zur Messung von x_1 benutzt wird, querempfindlich ist. Zwei weitere Sensoren seien existent, die ebenfalls in jedoch unterschiedlicher Weise auf x_1 , x_2 und x_3 reagieren. Die einzelnen Sensoren geben Summensignale der Signalabbildungen von $x_1 \dots x_3$ ab. Die Abbildungsfaktoren seien Konstanten, die durch Messungen ermittelt werden können und mit $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{21}, \dots, a_{33}$ bezeichnet sind. Die Abbildungen selbst seien linear. Die Summensignale der einzelnen Sensoren werden mit s_1, s_2, s_3 benannt. Aus den drei Summensignalen der drei Sensoren läßt sich nun x_1 in eindeutiger Weise bestimmen zu:

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}$$

Darin sind:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} s1 & a_{12} & a_{13} \\ s2 & a_{22} & a_{23} \\ s3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \quad \Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Leider sind solche exakten Methoden auf die Brandmeldetechnik und hier insbesondere auf die Messung von Aerosolen nicht übertragbar. Denn um solche Detektionseinrichtungen so kalibrieren zu können, daß sie einer wie oben beschriebenen Auswertemethode genügen, ist es erforderlich, streng klassierte, quasi monodisperse Aerosole in definierter Dichte und mit definierter Oberflächenbeschaffenheit und Färbung zur Verfügung zu stellen. Mittels der drei bevorzugten Meßmethoden, der Ionisationskammermessung, der Streulichtmessung und der Durchlichtmessung werden jeweils weite Bereiche von Aerosolen hinsichtlich Abmessungen, Oberflächenbeschaffenheit und Farbgebung erfaßt. Dabei können folgende grob gestaffelte Aussagen gemacht werden:

- ▷◇ Ionisationskammern erfassen besonders das Spektrum "kleiner" Aerosole.
- ▷◇ Mit Streulichtmessungen werden bevorzugt "große" und "helle" Partikel detektiert.
- ▷◇ Extinktionsmessungen überstreichen ein "weites" Partikelspektrum.

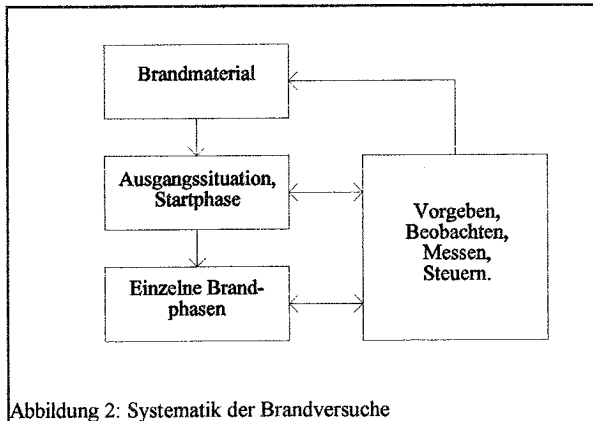
Trotz dieser unscharfen Zuordnungen zeigen die Auswertungen von Messungen, bei denen gleichzeitig mit unterschiedlichen Verfahren während Brandabläufen Aerosole gemessen wurden, deutlich voneinander unterscheidbare Merkmale, die charakteristisch für einzelne Brandphasen sind.

Um diese Merkmale deutlich machen zu können, mußten neue Testverfahren entwickelt werden, da die genormten Testbrände jeweils immer nur auf eine Brandphase abgestimmt sind:

- Flammenbildende Brände, wie z.B. der Polyurethanbrand oder
- Glimmbrände, wie der Luntenglimmbrand oder
- Verschweilungsvorgänge, wie die Holzverschweilung.

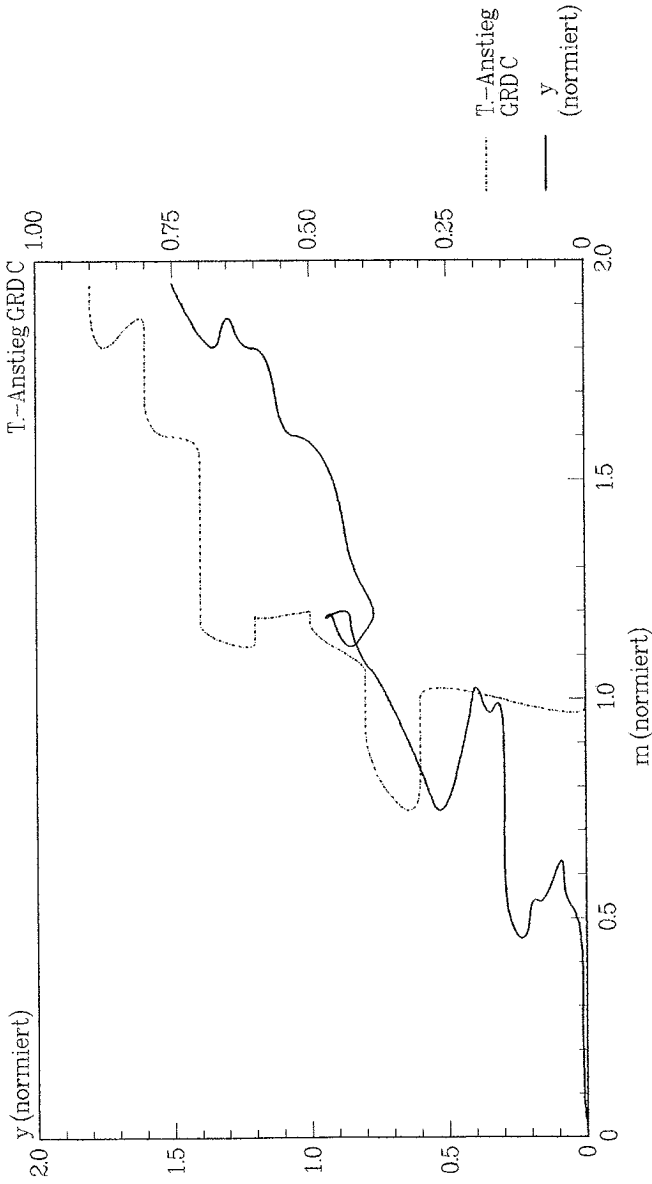
Die Grundüberlegung dabei war, Brände aus unterschiedlichen Anfangssituationen heraus zu zünden, um beobachten zu können, wie die charakteristischen Kenngrößen sich während des Brandverlaufs entwickeln, wie z.B. die Zündung eines Brandes aus einer Schwelphase. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen beispielhaft hierfür Holzbrände (diese und die folgenden Abbildungen sind am Schluß dieses Manuskriptes dargestellt).

Die bisher durchgeführten und im Rahmen eines Forschungsauftrages noch laufenden Untersuchungen basieren auf folgender Systematik:

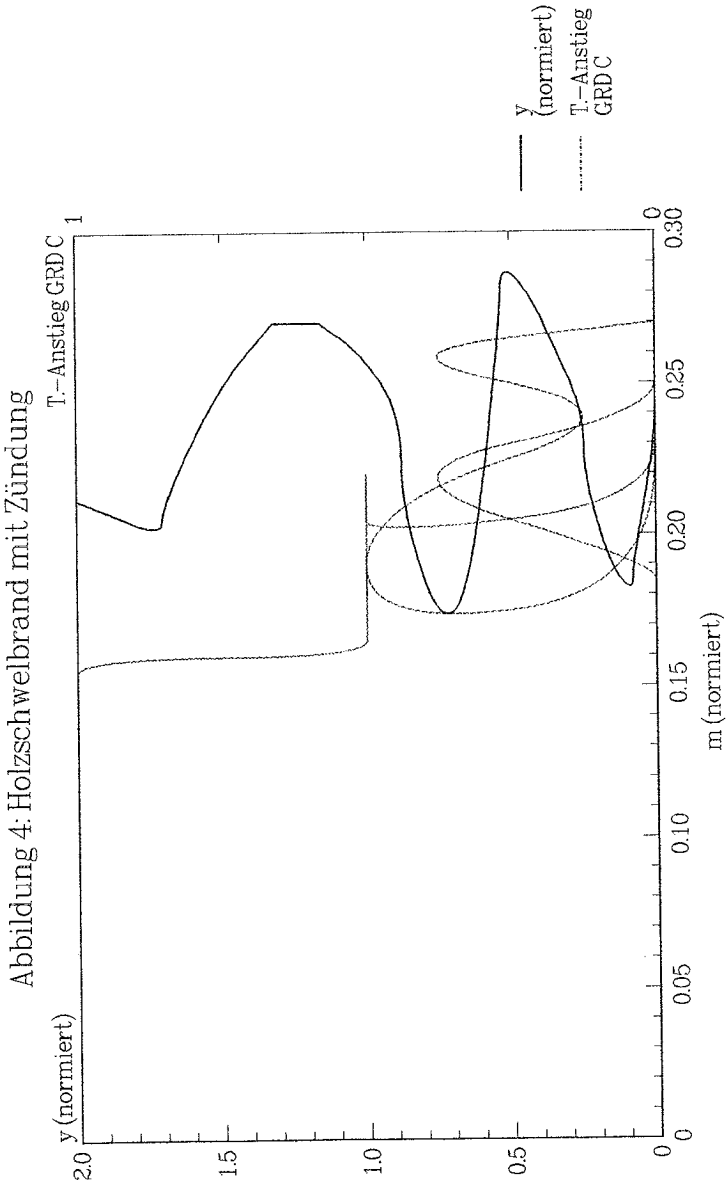


Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die Annahme, daß sich allein schon durch die Kombination unterschiedlicher Rauchmeßverfahren, Brandphasen voneinander unterscheiden lassen. Insbesondere die Verbindung von Kleinaerosol- mit Streulichmessungen läßt dies deutlich werden. Aus der Fülle der bisher ausgewerteten Untersuchungen und den Erfahrungen, die aus dem Einsatz von Löschanlagen resultieren, wurden spezielle Auswertalgorithmen für Melder mit y-m-Meßkombinationen entworfen (wie in der Abbildung 5 symbolisch dargestellt). Es kann schon jetzt gesagt werden, daß sich durch solche Verfahren die Ansteuerungen von Löschanlagen optimieren lassen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden die hier angedeuteten Untersuchungen fortgesetzt. Ein Teilkomplex dieses Vorhabens beschäftigt sich dabei mit der Einbindung von Feldmessungen (siehe Vortrag Schierau zur AUBE '89). Im Rahmen des mündlichen Vortrages zur AUBE '95 werden wesentliche Untersuchungsergebnisse und ihre Schlußfolgerungen mit Hilfe von Folien dargestellt.

Abbildung 3: Holzschwelbrand
Ohne Zündung

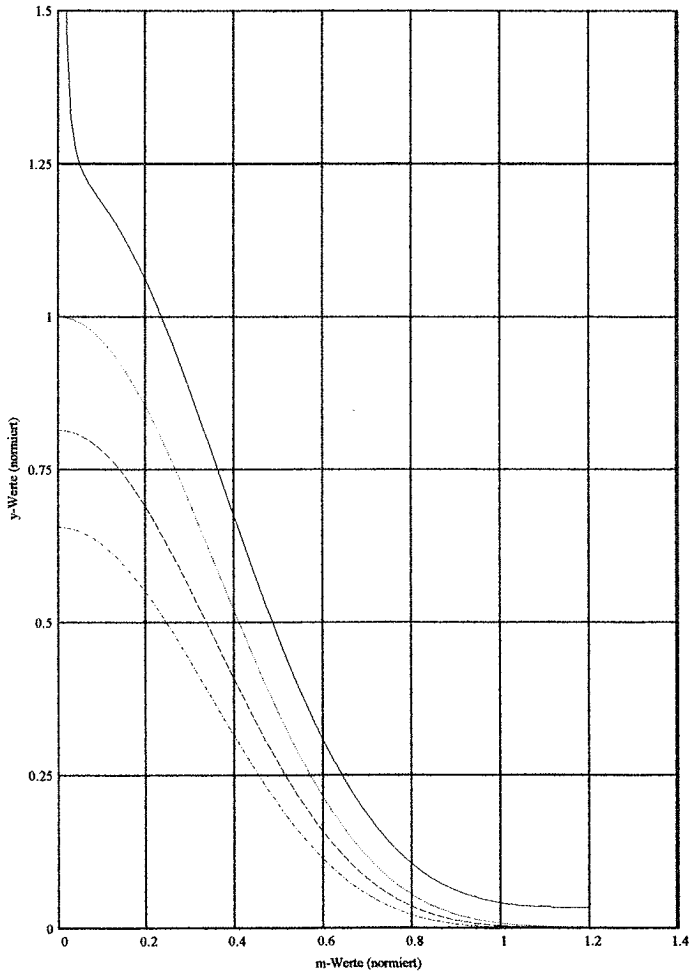


AUBEABE3



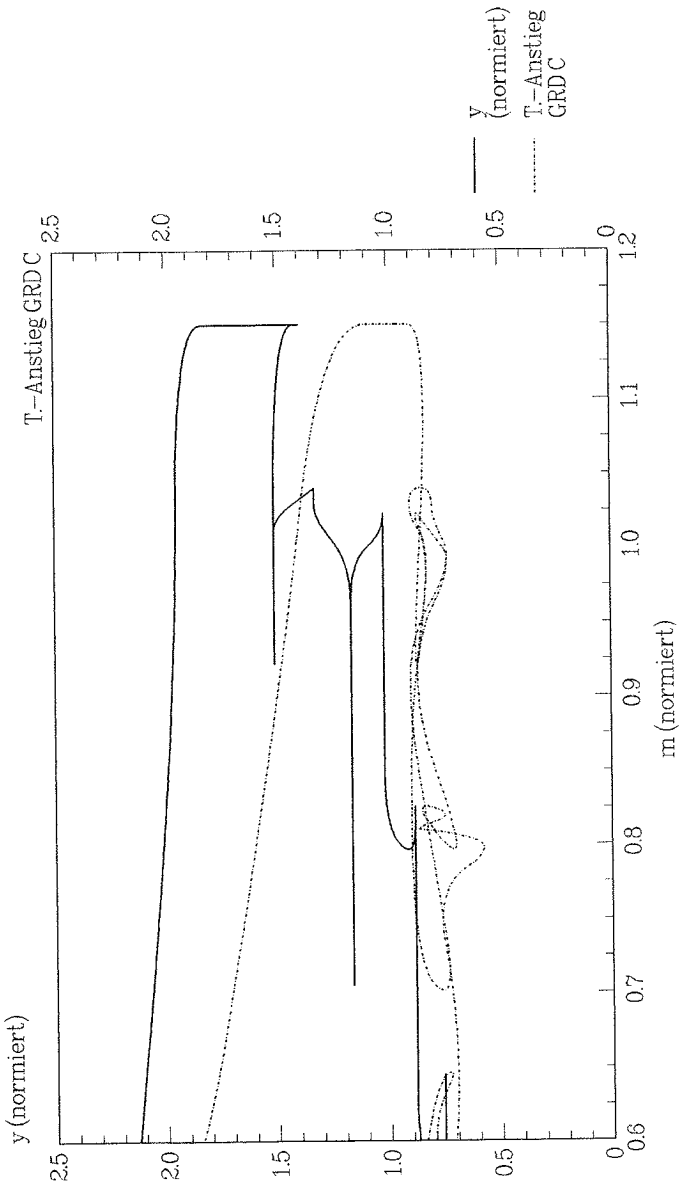
AUBEAB4

Abbildung 5: Alarm- und Auslösegrenzen für y-m-Kombinationen.



- y3(m)
 - y1(m)
 - - - y2(m)
 - · - y4(m)
- y3: Grenze der Löschanlagenansteuerung.
y1: Maximale Alarmstufe (Alarmierung der Feuerwehr).
y2: Voralarm.
y4: 1. kritische Schwelle.

Abbildung 6: Holzschwelbrand mit Zündung



AUBEABBG

M J Spearpoint and J N Smithies

Fire Research Station, Building Research Establishment, Watford, UK

Experimental Analysis Of The Performance Of A Multi-sensor Two Stage Fire Detection And Water Discharge Algorithm

Abstract

This paper describes the development and performance of a multi-sensor two stage fire detection and water discharge algorithm. The objective was to detect fire at an early stage, sound an alarm and, if necessary, trigger the automatic extinguishing system before conditions would become untenable for the occupants of the room of fire origin.

The fire detection system incorporated commercially available analogue addressable sensors linked to a personal computer which controlled the communications with the fire sensors, processed the detection algorithm and also triggered the discharge of water from two open head sprinklers.

The sensors were installed into a 4.0 m long by 3.6 m wide by 2.4 m high room and subjected to a range of smouldering and flaming fire scenarios. The performance of the system was assessed at different detection algorithm sensitivities. The multi-sensor detection algorithm was compared with a threshold detection algorithm to examine their respective effectiveness of providing an early warning to the occupants.

The false alarm rejection capabilities of the detection algorithm were also examined. A range of representative false alarm tests were conducted and the results used, in conjunction with those from the fire tests, to select the most appropriate sensitivity for the algorithm.

Background

A feasibility study of a fire sensor operated water discharge system has been undertaken to evaluate the potential enhancement to life safety for the occupants in a room of fire origin. It is intended that this will be of particular benefit to persons of limited mobility, for example in residential care homes. The study included a series of full-scale fire tests in which the discharge of open head sprinklers was controlled by a type of analogue fire detection system. An evaluation of the threat to the occupants due to the environmental conditions within the room was determined by measuring temperatures, smoke opacity and specific gases. A life threat model¹ was then used to calculate the length of time for which the environment would remain tenable. This paper

presents the fire detection algorithm and its performance in both real fires and false alarm scenarios.

Experimental configuration

The tests were carried out in a room 4.0 m long by 3.6 m wide by 2.4 m high. This room communicated with an outer room by means of an opening 0.9 m wide by 2.0 m high positioned centrally along one of the 3.6 m wide walls which was closed off with a door. Two windows were let into the 4.0 m walls, one on each side of the room.

The room was heated, using a 1½ kW domestic thermostatically-controlled oil-filled heater, and maintained at a temperature of 24 ± 2 °C measured at a height of 1.3 m. This typically resulted in vertical temperature gradients of 5 °C between the floor and ceiling levels in the test room.

The room was equipped with thermocouples; carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen gas concentration measuring equipment and optical density/smoke obscuration meters. The outputs of all instruments were fed to a multi-channel data-logger.

Fire detection system installation

The detection components consisted of analogue addressable fire sensors, a personal computer based control unit and an interface unit between the computer and the sensors. Figure 1 shows the positions of the fire sensors within the experimental room. An optical and an ionisation sensor were placed in one corner of the room (the *bed* position). An optical sensor, an ionisation sensor and two heat sensors were located in the nominal centre of the room (the *centre* position). Each sensor was positioned so as to minimise any shielding effects from adjacent sensors.

Software to communicate with the detection system was developed at FRS using the communications protocol specified by the sensor manufacturer. The output from the sensors was recorded allowing further post-test analysis to be conducted. The software also controlled the discharge of water from the open head sprinklers using solenoid valves via a custom designed circuit.

Sensor specifications

Commercially available analogue addressable point fire sensors were used complying with BS 5445: Part 7: 1984² (EN 54). The digital output value from a sensor ranges from 0 to a maximum of 128. The sensor manufacturer's literature recommended that a

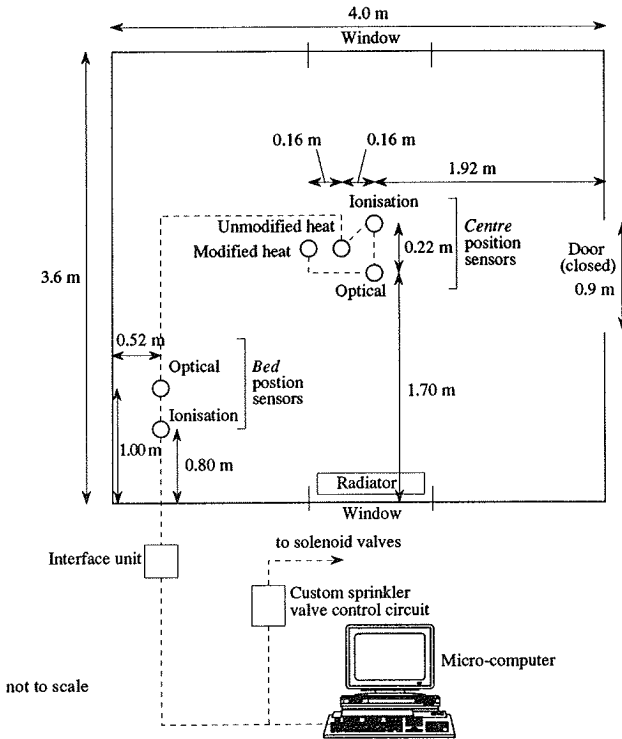


Figure 1. Fire detection system - plan view of sensor positions.

threshold level of 55 units would be appropriate as the fire alarm trigger level and values of 8 or less indicate a possible fault.

One of the two *centre* heat sensors was modified to improve its thermal response time. As supplied by the manufacturer, the temperature sensing element is protected from contamination by a PVC jacket. This jacket also adds a degree of thermal insulation on to the sensing element and was carefully removed to provide faster response compared to the response of a standard heat sensor. The modified heat sensor was installed in selected tests and its output was used by the detection algorithm instead of that from the unmodified heat sensor.

Fire detection and water discharge algorithm

The fire detection and water discharge algorithm was required to detect a slowly growing fire from smouldering material and also respond rapidly to a fast flaming fire. In addition, particularly in this application, the algorithm needs to have a high immunity to false alarms.

The fire alarm system developed in these tests had two stages. The first stage, or *evacuation* alarm, only sounds the fire alarm. Once the *evacuation* alarm was given it is assumed that the staff on the premises should be allowed four minutes to investigate the fire and disable the extinguishing system in the room if necessary. If after four minutes the system had not been disabled, it would automatically discharge.

The four minute *investigation* period was based on an interpretation of the delayed alarm times specified in BS 5839: Part 1: 1988, section 14.7³. This allows two minutes for a manual operation at the control equipment to indicate that an investigation is in progress. The standard permits a further time period of up to five minutes after the manual operation is permitted before an alarm is sounded.

The second stage, or water *discharge* alarm, immediately turned on the suppression system and sounds the alarm. If the *evacuation* alarm has already sounded, discharge would still occur during the four minute investigation period if the conditions within the room deteriorate sufficiently as determined by the heat sensor.

Algorithm specification

In order to meet the performance criteria required, it was necessary to develop a more complex decision-making algorithm than a simple threshold algorithm. The fire detection algorithm used a combination of the readings from the *centre* optical and heat sensors. Smouldering fires cause a particular risk to sleeping occupants and are unlikely to activate sprinklers. The optical smoke sensor was therefore selected for the detection algorithm as previous studies at FRS and elsewhere^{4,5} have shown that these sensors are more sensitive to smoke from smouldering fires whereas ionisation smoke sensors are more sensitive to smoke from fast flaming fires.

An exponentially smoothed reading can be calculated iteratively in the following way:

$$Z_n = \frac{((Z_p w) + Z)}{(w + 1)}$$

where Z_n is the new smoothed value, Z_p is the previous smoothed value, Z is the current sensor reading and w is a weighting value.

By using different weighting values, two figures were computed: a long-term smoothed value and a short-term smoothed value where the time difference between consecutive readings was 5 seconds. A comparison was made between the two smoothed values and if the difference was greater than a given threshold an alarm was initiated:

$$\Delta = Z_{nS} - Z_{nL} \quad \Delta < T \text{ no alarm, } \Delta \geq T \text{ alarm}$$

where Z_{nS} is the short-term smoothed value, Z_{nL} is the long-term smoothed value and T is the threshold.

By the use of various weighting values, the sensitivity of the algorithm can be adjusted. In this study, three values for the long-term weighting value were employed as shown in Table 1 and the threshold (T) was set at 2 units.

For the heat sensor, an enhanced double-knock algorithm⁶ was used. The threshold was set to 55 units and, in addition, the second reading of two successive values above the threshold had to be greater than the first. If the heat sensor algorithm detected a fire with this algorithm, a *discharge* alarm was initiated.

Table 1. Weighting values used by the three sensitivities of detection algorithm.

	Long-term time weighting value	Short-term time weighting value
Insensitive	25	10
Intermediate	50	10
Sensitive	100	10

Fire scenarios

More than fifty full-scale fire tests using various materials and ignition sources were conducted which included smouldering scenarios, burning waste paper bins through to bedding and curtain fires. The water discharge system was installed for selected tests and was controlled by one of the forms of the multi-sensor detection algorithm.

Table 2 summarises the performance of the detection algorithm in the full-scale fire tests. The action of the water discharge system changed the environment within the

room and, in some cases, affected the output from the sensors. Thus, in those tests where the water discharge system was triggered it was not possible to retrospectively assess all of the variations of the multi-sensor algorithm. Furthermore, some tests were terminated before all of the forms of the multi-sensor algorithm would have raised an alarm. Table 2 also gives the times at which a 55 unit threshold algorithm for the *centre* position optical sensor would have raised an alarm.

Smouldering mattress and bedding

An electrically powered ignition source and a 35 by 25 by 3 mm sample of fibreboard soaked with half a millilitre of propan-2-ol were used to induce smouldering ignition. The performance of the fire sensors in test 21 is shown in Figure 2. Initially the output from all four of the smoke sensors show a similar rate of increase. However, at around 5100 seconds (1:25:00, ie. 1 hr 25 mins) the output from the ionisation sensors began

Table 2. Summary of detection system performance in full-scale fire tests.

Test		Time to <i>evacuation</i> alarm (seconds)			Time to alarm from <i>centre</i> optical sensor with 55 unit threshold
Description	No.	insensitive algorithm	intermediate algorithm	sensitive algorithm	
Smouldering mattress	20	<u>5591</u>	1636	1579	6456
	21	<u>4757</u>	1039	796	4930
	22	<u>392</u>	241	172	1797
	26†	<u>3641</u>	1939	1235	3911
	48	-	<u>648</u>	524	-
Smouldering polyurethane foam	23	<u>3102</u>	3057	3012	3393
	24	<u>684</u>	549	504	1045
	27†	-	8244	8017	-
	28†	<u>8553</u>	2119	1631	8791
	51†	5905	<u>5655</u>	3083	-
Flaming mattress	25†	<u>103</u>	91	91	114
	49†	78	<u>78</u>	78	78
Flaming polyurethane foam	29†	<u>108</u>	97	97	119
	30†	<u>58</u>	48	48	90
	50†	112	<u>99</u>	99	124

† Water discharge system fitted

Times underlined specify the level of sensitivity of the exponential algorithm in use by the detection system during the test.

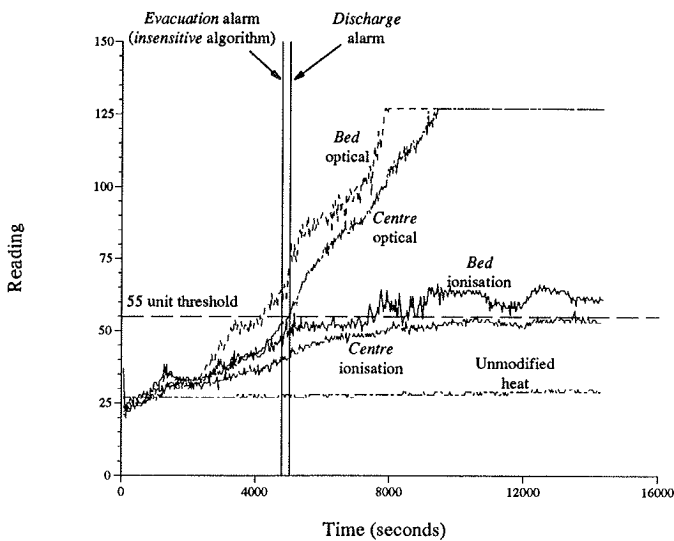


Figure 2. Response of fire sensors, smouldering mattress (test 21).

to level off at 50 units whereas the output from the optical sensors continued to rise. Similar results were obtained from test 20 where bedding materials were not included as part of the fuel load. In test 22 the volume of smoke released in the initial stages was greater than in the other tests. Consequently, the *evacuation* alarm was given early in this test when compared with the remaining smouldering mattress tests.

In test 26 the *centre* optical sensor did not respond as well as the *bed* optical sensor. This is in contrast to tests 20, 21 and 22 where the pairs of optical and ionisation sensors gave very similar response curves. After the water discharge system had operated at 3829 seconds (1:03:49), all of the smoke sensors showed readings which increased rapidly, particularly the *centre* optical sensor.

Test 48 was terminated once the *intermediate* algorithm had raised an alarm and the four minute investigation period had elapsed.

Smouldering polyurethane foam

Smouldering ignition of the combustion modified polyurethane foam was initiated by four 150 mm by 40 mm by 12.5 mm samples of smouldering fibreboard inserted into slots cut into one of a two foam block arrangement. The response of the fire sensors in

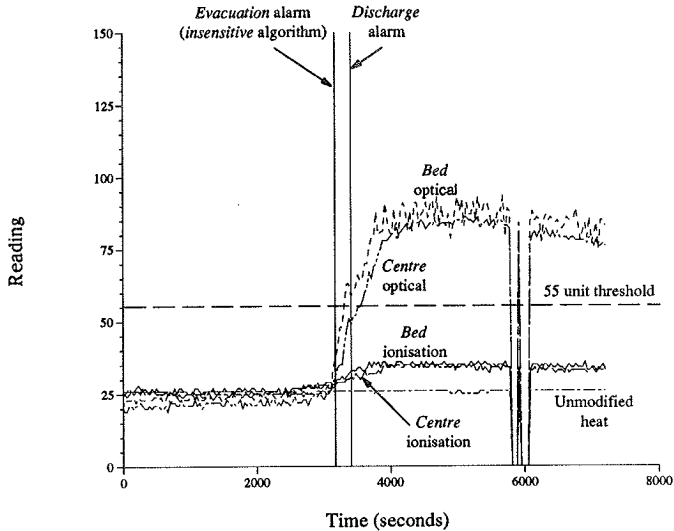


Figure 3. Response of fire sensors, smouldering polyurethane foam (test 23).

test 23 is shown in Figure 3. The effectiveness of the optical sensors in detecting the smoke from the smouldering polyurethane foam as compared with the ionisation sensors is clearly evident. Similar results were obtained in test 24.

In tests 27, 28 and 51 a cotton cover was fitted over the polyurethane foam. It was observed that a large proportion of the smoke produced by the smouldering foam condensed on the cotton thereby reducing the volume of smoke that was released into the room. The *insensitive* form of the algorithm initiated the water discharge system at 8713 seconds (2:25:00) in test 28 but hazardous conditions had already occurred 413 seconds (6:53) earlier. In test 27 the *insensitive* algorithm failed to detect the fire though hazardous conditions were achieved at 8820 seconds (2:27:00). However, in post test analysis it was found that the intermediate algorithm would have detected the fire before the onset of hazardous conditions in both tests 27 and 28.

Flaming waste paper bin, mattress and bedding

The *bed* optical and ionisation smoke sensors were removed for these tests. Figure 4 shows the response of the *centre* fire sensors in test 49. The ionisation sensor responded most rapidly followed by the optical sensor. After the water discharge system had operated at 205 seconds (3:25), the heat sensor showed a gradual decrease whilst the

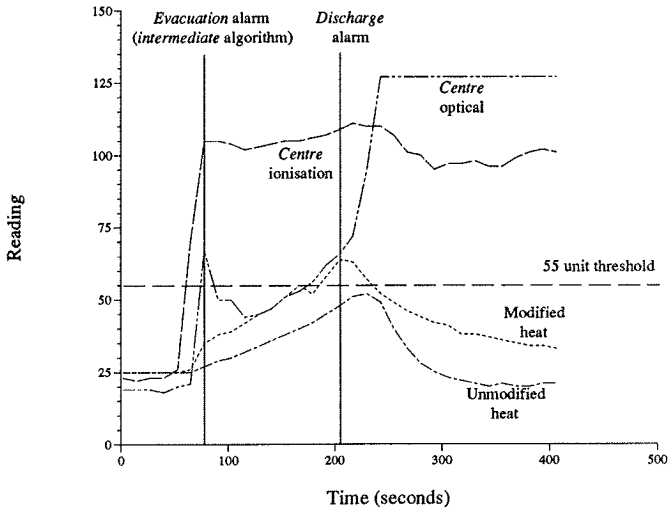


Figure 4. Response of fire sensors, flaming mattress fire (test 49).

smoke sensors continued to give high readings. Similar results were obtained in test 25.

Flaming polyurethane foam

In test 29, as with the flaming mattress and bedding fires, the two ionisation sensors responded most rapidly followed by the two optical sensors. An *evacuation* alarm was given at 91 seconds (1:31) and the water discharge system operated at 215 seconds (3:35). Similar results were obtained in test 30.

For test 50, the smoke sensors exhibited a rapid rise between 20 seconds and 140 seconds (2:20) after ignition (Figure 5). The *intermediate* detection algorithm gave an *evacuation* alarm at 101 seconds (1:41). The modified heat sensor exhibited a slow rate of rise and its peak value was 54 units. As the output from the heat sensor did not meet the double-knock criteria, the water discharge system was not activated until the four minute delay period had expired at 341 seconds (5:41).

False alarms

An alarm condition from an automatic fire detection system can be categorised as: a 'real alarm', a 'nuisance alarm' or a 'fault'. It is common for the fault alarms and

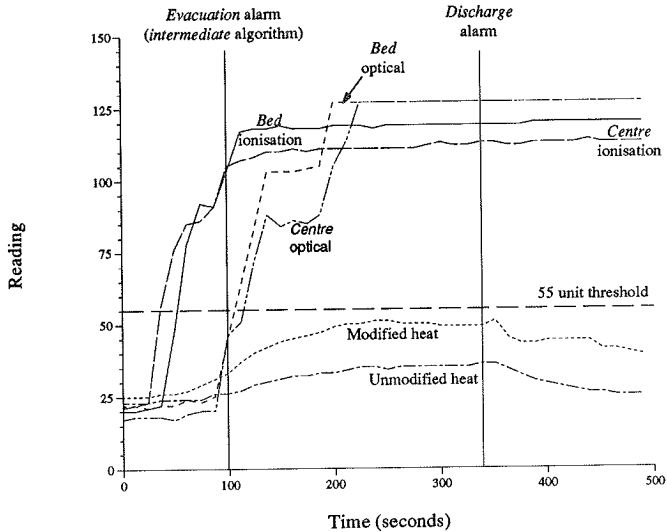


Figure 5. Response of fire sensors, flaming bin and polyurethane foam fire (test 50). nuisance alarms all be be termed false alarms (the convention is used in this paper). There have been a number of studies on the sources of false alarms^{7,8} which document and discuss false alarms in more detail.

For this study, scenarios were chosen as a representative selection of the types of activities which could take place within nursing homes which may cause false alarms

Table 3. Summary of detection system performance in false alarm scenarios

Test		Time to <i>evacuation</i> alarm (seconds)			Time to alarm from <i>centre</i> optical sensor with 55 unit threshold
Description	No.	insensitive algorithm	intermediate algorithm	sensitive algorithm	
Cigarette	C1	-	-	-	-
Four cigarettes	C2	-	-	441	-
Normal toast	T1	-	-	-	-
Burning toast	T2	241	231	231	241
Normal toast	T3	-	-	-	-
Burning toast	T4	-	345	308	-
Kettle (<i>centre</i>)	K1	248	248	248	248
Kettle (<i>corner</i>)	K2	-	-	-	-

with a fire detection and alarm system. Table 3 summarises the results from the false alarm tests for the three sensitivities of the multi-sensor detection algorithm and the threshold algorithm.

Smoke from making toast

Four tests were conducted using a domestic electric toaster positioned at table height (nominally 0.70 m) directly below the *centre* sensors. Two 'normal toasting' tests and two 'burning toast' tests were conducted using two fresh slices of bread in each case.

In the 'normal toast' tests the *bed* and *centre* ionisation smoke sensors both responded with the *centre* sensor giving the highest reading. However, neither the optical smoke sensors nor the heat sensor showed any response. No alarms were raised as the detection algorithm used information from the optical smoke sensor and the heat sensor and not the ionisation smoke sensor

In the 'burning toast' tests only the ionisation sensors responded until a large volume of dense smoke was produced as the surface of bread began to carbonise. At this point, the output from the optical smoke sensors rapidly grew to a maximum and the heat sensor showed a very small rise in output. Figure 6 shows the response of the sensors

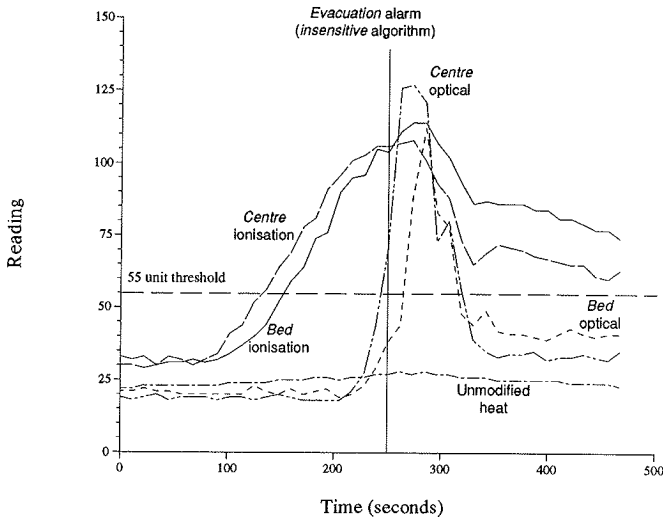


Figure 6. Response of fire sensors, burning toast false alarm test T2.

in test T2. In both tests *evacuation* alarms would be given and, if after four minutes no action had been taken, the water discharge system would have been initiated.

Steam from boiling water

Two tests were conducted boiling water in an electrically powered kettle in different locations within the room. In both tests, water was heated from cold to boiling and allowed to continue boiling until the test was terminated.

When the kettle was positioned directly below the *centre* sensors, the output from the *centre* optical smoke sensor rose rapidly once the kettle was boiling and water vapour was rising towards the ceiling directly into the sensing head. The *bed* optical smoke sensor responded but with a much reduced peak output. The heat sensor showed a slight rise but the ionisation sensors did not respond at all. The sensitivity variations of the exponential smoothing algorithm would have raised the alarm at the times indicated in Table 3.

The second test was conducted with the kettle in the corner of the room diagonally opposite the location of the *bed* sensors. In this test none of the sensors showed.

Smoke from cigarettes

A single cigarette was smoked in a normal manner. The smoker stood directly below the *centre* sensors and exhaled smoke so that it would rise up towards the sensors. None of the sensors showed any significant response.

A second test was conducted where four cigarettes were smoked simultaneously in the room. It was found that the *sensitive* form of the multi-sensor algorithm gave a *evacuation* alarm. However, the *intermediate* and *insensitive* forms of the multi-sensor algorithm and the threshold algorithm did not give alarms.

System perturbations

System perturbations were found to occur occasionally during some of the full-scale fire tests. They are representative examples of possible sources of 'fault' type false alarms. The reason for these occurrences was not clear but they could have been due to bad electrical connections (particularly in test 23) or 'electrical' interference.

It was noted that on occasions the detection system's analogue output values would exhibit random 'spikes' where the output jumped up to a high level or 'drop-outs' where

the output fell to zero. None of these events resulted in an alarm from the multi-sensor exponential smoothing detection algorithm.

Sensor performance

As reported in other studies^{4,9}, the early response of different types of smoke sensors is affected by the type of fire. Typically, the optical smoke sensor is more sensitive to smouldering fires whereas the ionisation smoke sensor is better suited to flaming fires. The results from the full-scale tests described in this paper confirm the findings of previous comparisons of the relative performance of optical and ionisation sensors in smouldering and flaming fires.

The heat sensor was found to have a relatively slow response characteristic and therefore a modified heat sensor was also installed as part of the detection system. This modified heat sensor was found to respond more quickly but the thermistor would become contaminated by the operation of the water discharge system. Therefore, in practical applications the use of this particular modified heat sensor would not be recommended and an environmentally stable fast response sensor would need to be developed.

Discussion of algorithm performance in fire scenarios

The results demonstrated that where a single sensor was used, the optical smoke sensor is the optimum choice for detecting smouldering fires.

The *sensitive* exponential smoothing algorithm was considered likely to give an unacceptably high frequency of false alarms and would not be suitable for a fully operational detector operated water discharge system. Therefore, for the purposes of this study, the times of operation of the *sensitive* algorithm have been calculated in the post test analysis.

The *insensitive* algorithm did not detect the smouldering fires in test 27 (smouldering polyurethane foam) and test 48 (smouldering mattress). However, test 48 was terminated after the operation of the *intermediate* algorithm and therefore was not allowed to continue for a period sufficiently long enough for detection by the *insensitive* algorithm. In test 28 (smouldering polyurethane foam), the *insensitive* algorithm detected the fire but after the conditions within the room had become a hazard to life.

The *intermediate* sensitivity algorithm detected all of the test fires. Comparison of the calculated times to a potential hazard within the room using the life threat model showed that the fire would have been detected by the *intermediate* form of the algorithm before the onset of hazardous conditions.

Where there was a fast flaming fire without any smouldering beforehand it was found that an *evacuation* alarm was generally followed by a *discharge* alarm within the four minute investigation period. In the smouldering fire scenarios, the *discharge* alarm occurred at the end of the investigation period.

Discussion of algorithm performance in false alarm scenarios

In normal toasting situations the exponential smoothing algorithm did not raise an alarm. The burning toast tests resulted in an *evacuation* alarm. Though this alarm has been categorised as a false alarm for the purposes of this study it could be acceptable to consider this event as a real fire incident. Therefore the initiation of the *evacuation* alarm would be assessed as the successful detection of a potential life threatening situation.

The detection algorithm was able to function with the variations in output from the system without raising unnecessary alarms. A fire detection and alarm system in a commercial environment would indicate a fault where the output from the sensors was not within normal operating limits (such as in test 23, Figure 3). However, the *sensitive* version of the algorithm was found to raise an *evacuation* alarm with the four smokers in the room.

Comparison with the simple threshold algorithm

In the smouldering fire scenarios the threshold detection algorithm would have raised an alarm later than any of the variations of the exponential smoothing algorithm. In three of the smouldering fires the threshold algorithm would not have detected the fire within the period of the test.

In the flaming fire tests, the threshold algorithm would have detected the fire at the same time as the exponential smoothing algorithm in one of the tests (test 49, flaming mattress, Figure 4). In all other flaming fire tests the threshold algorithm would have detected the fire at a later stage when compared with the exponential smoothing algorithm.

The 'spikes' exhibited by the detection system indicated that there was potential for the simple threshold algorithm to give false alarms should the output from the *centre* optical sensor attain the 55 unit trigger level.

Conclusion

A prototype experimental fire detection and water discharge system has been developed around a range of commercially available fire sensors linked via a monitoring and multi-sensor decision making algorithm to solenoid valves controlling the water supply to open head sprinklers.

A decision making algorithm based on exponential smoothing techniques has been developed and tested at three levels of sensitivity. The *sensitive* detection algorithm was likely to give an unacceptably high frequency of false alarms. The *insensitive* detection algorithm was found, in some cases, to fail to detect smouldering fires. The *intermediate* sensitivity algorithm was found to give a balance between response to real fires and rejection of false alarms.

Further modification to the exponential smoothing algorithm may need to be considered. However, the the current performance is comparable to that which would be expected from domestic sprinklers in a flaming fire scenario but with the benefit of being able to respond to smouldering fires. In addition, the exponential smoothing algorithm was shown to detect fires at the same time or before a simple threshold algorithm.

Comparison between various types of fire sensors has confirmed observations noted in previous work that optical smoke sensors are more sensitive to the early stages of a smouldering fire whereas ionisation chamber smoke sensors are better suited to detecting the early stages of a flaming fire.

Acknowledgments

The authors wish to thank Jim Murrell and Paul Rock for their valuable co-operation in conducting the full-scale fire tests. This paper forms part of the work of the Fire Research Station, Building Research Establishment on behalf of the Department of the Environment Construction Directorate, UK. It is contributed by permission of the Chief Executive, BRE, UK.

References

1. **Purser D A, Giddings T J.** Life threat modelling in fundamental aspects of polymer flammability. ed. Cox and Stevens, Publ. by Inst. of Physics, *IOP Short Meetings series no.4*, pp33-52. London 1987.
2. **British Standards Institution.** Components of automatic fire detection systems. BS 5445 : Part 7 : 1984 (EN 54).
3. **British Standards Institution.** Fire detection and alarm systems for buildings. BS 5839 : Part 1 : 1988.
4. **Northey J W.** Smoke detectors: optical or ionisation. *Fire Surveyor*, April 1980.
5. **Meland ø, Lønvik L E.** Detection of smoke: Full-scale tests with flaming and smouldering fires. Fire Safety Science - Proceedings of the Third International Symposium. pp.975-984, IAFSS, Edinburgh, UK.
6. **Smithies J N, Burry P E, Spearpoint M J.** Background signals from fire detectors: Measurement, analysis, application. *Fire Safety Journal*, 1991 **17** pp.445-459.
7. **Donohue P A.** False alarms from automatic fire detection systems. *IP 13/92*. BRE, Borehamwood, 1992.
8. **Anon.** Automatic fire detection: false alarms. *Fire Protection Association Journal*, Number 88, October 1970.
9. **Custer R L P.** Detector actuated automatic sprinkler systems - a preliminary evaluation. *NBS Technical Note 836*. National Bureau of Standards, Washington, 1974.

Christoph Kainz
Wagner Alarm- und Sicherungssysteme
München GmbH, München

Verknüpfung von prozessorgesteuerten Brandmeldeanlagen mit Rechenzentrums-Leittechnik

Abstract

Modern EDP-Centers are monitored by an automatic operating system which allows a regulated shut down of the EDP hardware components in case of any problem with the EDP-system. In the case of fire - for the time being - it was usual to shut down the whole EDP center with the consequence of a large damage through a long term business interruption.

Modern fire safety concepts based on cabinet detection and high sensitive smoke detection system provide an information transfer to the EDP monitoring system when a fire starts. The signals from the fire panel to the automatic EDP operating system are transferred via an intelligent interface (RS485). In case of fire a situation-dependent alarm procedure and a regulated shut down of the respective components is possible.

Neben der Absicherung des Betriebes nimmt der Einrichtungs- und Gebäudeschutz im strategisch wichtigen Rechenzentrum einen sehr hohen Stellenwert ein. Einen zentralen Punkt hierbei stellt der Brandschutz dar, der in diesem Fall nicht durch den klassischen Gebäudeschutz (Punktmelder) abgedeckt werden kann, sondern auf den Einrichtungsschutz ausgedehnt werden muß (Frühsterkennung / evtl. Löschung von Teilbereichen).

Da die Nutzung des Löschgases Halon seit dem 01.01.1994 gesetzlich verboten ist und der Einsatz anderer Löschgase wie CO₂ oder INERGEN sehr problematisch ist (Gefährdung von Menschen bzw. umfangreiche bauliche Maßnahmen), setzte sich ein alternatives Brandschutzkonzept durch:

Brandfrüherkennung > Abschaltung der betroffenen Komponenten

Der Allianz Brandschutz Service fand in umfangreichen Untersuchungen heraus (s. AUBE 89), daß im EDV-Bereich, sofern kein Brand von außen einbricht, ein Brand mit einer Wahrscheinlichkeit von über 98% verhindert werden kann, wenn dieser in der Entstehungsphase frühzeitig erkannt und die betroffene Komponente unverzüglich stromlos geschaltet wird.

Wichtig bei einer Notabschaltung ist, daß dies möglichst "schonend" (wichtig für den späteren Wiederanlauf) und möglichst schnell (wichtig für die Brandverhütung) durchgeführt wird. Da das ZIS-System Zugriff auf die Konsolen (Shutdown) und die Hardware (geregelt Abschalung) der angeschlossenen Systeme hat, können Prozeduren erstellt werden, die in allen denkbaren Situationen spezifisch reagieren.

Auf diesen Erkenntnissen basierend hat die Firma WAGNER in Zusammenarbeit mit der Fa. LeuTek (Zentrales Informations System ZIS) ein ausgefeiltes Brandschutzkonzept entwickelt, das alle wichtigen Aspekte beinhaltet. :

- Früherkennung von Brandherden
- Lokalisierung der betroffenen Komponente
- Situationsabhängige Alarmierung
- Situationsabhängiger System-Shutdown
- Geregelt Abschalung der betroffenen Komponenten
- Abschaltung Klima, Netzverteiler
- je nach Situation optionale CO₂-Doppelbodenlöschung

Als hochempfindliche Detektoren kommen zum Einsatz:

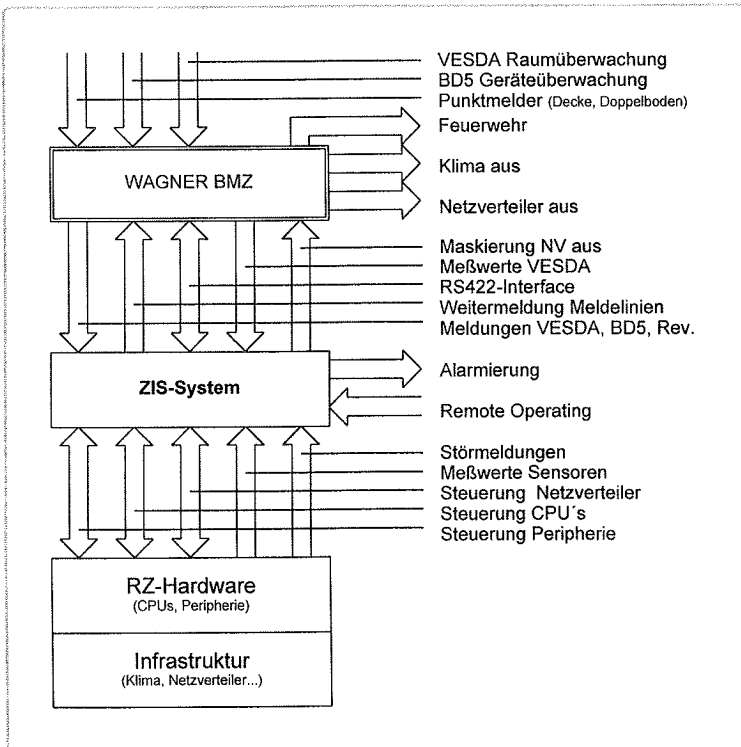
- VESDA-System hochempfindliche Raumlufüberwachung - stellt dem ZIS-System ein Analogsignal und 3 Alarmausgänge zur Verfügung
- Brand-Multidetektor Analysiert Luftproben aus den Hauptkühlluft-Strömen der einzelnen Einheiten; signalisiert Vor- und Hauptalarm

Die Signale der Detektoren laufen an der Brandmeldezentrale zusammen. Von dort erfolgen dann

- ⇒ Weitermeldung an das ZIS-System

- ⇒ Notabschaltung der Netzverteiler (wenn das ZIS-System nicht reagiert)
- ⇒ Alarmierung der Feuerwehr

Die Brandmeldezentrale (HX-Technik - prozessorgesteuerte Zentrale) wird über ein intelligentes Interface (RS485) vom ZIS-System überwacht und bedient. In der BMZ-Emulation im ZIS-System werden alle Leuchtdioden abgebildet und sämtliche Meldungen auf einem rollenden Konsol-Bereich dargestellt. Die Bedienung kann manuell oder durch REXX-Prozeduren erfolgen. Der Befehlsumfang wurde gemäß den VdS-Richtlinien freigegeben bzw. gesperrt. Durch die Kombination von Früherkennungssystemen mit dem ZIS-System wird ein Maximum an Sicherheit, Verfügbarkeit und Bedienkomfort erreicht.



Funktions-Umfang des ZIS-Systems im Rahmen des Brandschutz-Konzeptes

Automatisierung

Mit den automatischen Prozeduren des ZIS-Systems kann man spezifisch auf die erkannten Ereignisse reagieren und folgende Prozesse durchführen

- ↔ Situationsanalyse (Betriebszustand, Korrelationen, Eskalationen)
- ↔ Maskierung der Notabschaltung der BMZ
- ↔ Warn- und Alarmmeldungen an verschiedene Adressaten schicken
- ↔ Shutdown von Systemen
- ↔ Geregelte Abschaltung der betroffenen Komponenten
- ↔ Geregelte Abschaltung ganzer Bereiche

Für die Realisierung der Automationsaufgaben mit dem ZIS-System steht eine effiziente Ablaufsteuerung zur Verfügung:

- **Erweiterte REXX-Prozedurensprache** mit Zugriff auf
 - die BMZ-Konsole (abgesetztes Bedienfeld)
 - die angeschlossenen System-Konsolen
 - die angeschlossenen Hardware-Komponenten
 - die angeschlossene Infrastruktur
 - ZIS-interne Systemvariablen
 - Log- und Alarmierfunktionen

- **Mehrere Prozeduren** können unabhängig voneinander ablaufen; Resource-Locking und Prioritäten sorgen für einen sicheren Ablauf der Prozesse.

- **Aufruf der REXX-Prozeduren** durch verschiedene Ereignisse:
 - Erscheinen oder Verschwinden von qualifizierten Meldungen auf Konsolen (z.B. BMZ-Konsole)
 - Aktivierung von Meldelinien (Überwachung von potentialfreien Kontakten)
 - Über- und Unterschreitung von Schwellen bei Analogsignalen
 - Änderungen von Schaltzuständen der angeschlossenen Hardware

- Kalender- und Uhrzeit-Steuerung durch Scheduler und Heart-Beat-Check
- manueller Prozedurstart durch Menueauswahl oder Labeleingabe

- **Umfangreiche Entwicklungs- und Testmöglichkeiten:**
 - Automatische Prozedurerstellung durch Trace mit automatischem Prozedurgenerator (PDU)
 - Offline-Test- und Schulungsmöglichkeit durch das CCS-System, das folgende Komponenten simuliert:
 - ⇨ Konsolen (Einsatz der Konsol-Tracefiles)
 - ⇨ ZIS-Hardware-Devices
 - ⇨ RZ-Hardware und Infrastruktur
 - ⇨ Modems

Ein Übersichtsbildschirm (ASP - Automation Status Panel) und mehrere Beobachtungs- und Bedienebenen ermöglichen eine übersichtliche Darstellung und Bedienung der Prozeduren

Überwachung

Während des bedienten Betriebes stellt das ZIS-System durch sein Focal Point Konzept sowohl eine zentrale Informationsquelle als auch eine effektive Bedienzentrale dar. Verschiedene Darstellungen sorgen für eine informative Visualisierung der Systemzustände (Übersichten und Detailschirme verfügbar).

In der bedienerlosen Zeit dient das ZIS-System zur Absicherung des Betriebs durch eine umfassende Überwachung der gesamten EDV incl. der Infrastruktur und heterogener/verteilter Systeme. Frei definierbare Schnittstellen zur Automation bzw. Alarmierung lassen flexible Reaktionsmechanismen zu.

Die angeschlossenen Systeme werden nach verschiedenen Kriterien überwacht. Direkt nach der Erkennung einer Fehlersituation wird die zugehörige REXX-Prozedur gestartet.

Man unterscheidet beim Brandschutz-Konzept folgende Mechanismen:

- **Heart-Beat-Check** es findet alle 10 Sekunden eine Überprüfung der Kommunikation zwischen der Brandmeldezentrale und dem ZIS-System statt

- **Konsol-Überwachung** die Konsole der BMZ, sowie alle angeschlossenen System-Konsolen und Bildschirme können nach unterschiedlichen Kriterien überwacht werden. Feuermeldungen, Störungen, Revision, Abschaltungen, etc. werden vom ZIS-System erkannt.

- **Hardware-Überwachung** parallel zu der BMZ-Konsole werden Meldelinien und Analogsignale, sowie alle angeschlossenen Hardware-Komponenten überwacht. Damit kann auch bei Ausfall der Kommunikation zwischen der BMZ und dem ZIS-System reagiert werden.

- **Selbstüberwachung** das ZIS-System selbst wird durch einen Watchdog überwacht, damit die Überwachungskette vollständig ist. Bei Ausfall des ZIS-Systems werden noch Alarmvorgänge veranlaßt (Cityruf, Eurosignal und Klartext-Alarmrufe durch Voice-Systeme).

Sämtliche Vorgänge, die das ZIS-System durchführt oder feststellt, werden im Log festgehalten. Das revisionsfähige Log kann automatisch oder manuell per Filetransfer zum Host übertragen, ausgedruckt und auf Diskette gesichert werden.

Überwachte Analog-Meßwerte werden im Abstand von 10 Minuten in einem rollierenden Log abgespeichert; die letzten 2000 Meßwerte (ca. 2 Wochen) stehen für spätere Auswertungszwecke zur Verfügung. Zur Erzielung größerer Vorwarnzeiten können Trendanalysen durch Auswertung der Gradienten durchgeführt werden.

Alarmierung

Die Alarmierung stellt einen wesentlichen Punkt bei der Absicherung des bedienerlosen Betriebes dar. Die Organisation der Alarmierung wird meist zusammen mit der Einrichtung einer Bereitschaftslösung durchgeführt. Hierfür ist in der Regel eine Betriebsvereinbarung erforderlich, die mit dem Betriebsrat abgestimmt werden muß. Es müssen daher bei der Organisation der Alarmierung sowohl die sozialen Überlegungen des Betriebsrates als auch die Anforderungen des Unternehmens an die Verfügbarkeit der EDV berücksichtigt werden.

Im ZIS-System wurde deshalb ein sehr flexibles, effizientes und sicheres Alertmanagement realisiert, welches erlaubt, eine Alarmierung nach dem Motto durchzuführen:

Alarmierung - so spät wie möglich, aber so früh wie nötig

- **Gezielte Alarmierung** des zuständigen Personenkreises durch Einrichtung von fehlerabhängigen Alarmpfaden
- **Absicherung der Alarmierung** durch Eskalationsstufen: Alarmketten, in denen in definierbaren zeitlichen Abständen mehrere Personen, die dem Alarmpfad zugeordnet sind, alarmiert werden
- **Hostgesteuerte Einzelalarne** bzw. Infoaktionen ohne Eskalation
- **Nutzung verschiedener frei programmierbarer Alarmiermedien**
 - Cityruf regionaler Funkrufdienst mit Klartextmeldung
 - Eurosignal überregionaler Funkrufdienst ohne Meldungsübergabe
 - Voice-Alarm Rufaufträge mit fehlerabhängigen gesprochenen Meldungen
 - DSA direkter Sessionaufbau an remoter Lokation per Modem
 - Prozedur Routing der Fehlermeldung auf Drucker, Konsolen oder LAN
- **Quittierung der Alarme** durch folgende Möglichkeiten
 - manuell (lokal oder remote)
 - per REXX-Prozedur (hostgesteuert)

- durch Telefonanruf (maskierbar)
- bei Voice-Alarm über Quittiersender (MFV)

Beispiel einer Realisierung des Brandschutz-Konzeptes

Die Kopplung der prozessorgesteuerten Brandmeldeanlage mit der RZ-Leittechnik wurde wie folgt durchgeführt:

- ⇒ Aufschaltung der BMZ-Schnittstelle auf das ZIS-System (abgesetztes Bedienfeld)
- ⇒ Meldung von Alarmen, Revision und Störung über Meldelinien (potentialfreie Kontakte)
- ⇒ Überwachung der Analogausgänge der VESDA-Detektoren

Die Signale der Brandmeldezentrale werden folgendermaßen verarbeitet:

Wenn die BMZ-Schnittstelle ordnungsgemäß arbeitet:

- ⇒ die Alarmmeldungen der BMZ werden abgefangen und analysiert; Info- und Voralarme münden prinzipiell in Warn- und Alarmprozeduren. Hauptalarme werden gemäß der folgenden Ablaufdiagramme verarbeitet (Abschaltung von einzelnen Devices oder Abschaltung eines gesamten Bereichs, abhängig von der Art des Alarms und der Eskalationsstufe). Vor jeder Abschaltung wird eine Situationsanalyse durchgeführt, die auf die Warnzeiten und Abbruchmöglichkeiten Einfluß nimmt.
- ⇒ steht die Brandmeldezentrale auf "Revision", erfolgt zwar die Auslösung der Prozeduren, es werden jedoch keine Abschaltungen vorgenommen. Statt dessen erfolgt ein Warnhinweis, an dem die Überwachungsfunktion überprüft werden kann.
- ⇒ steht das ZIS-System auf "Abschaltung unscharf", so werden wie bei Revision die Prozeduren ausgelöst, aber es erfolgt keine Abschaltung. Im Gegensatz zu

der Revisions-Bedingung werden jedoch die Warn- und Alarmvorgänge wie im scharfgeschalteten Zustand ohne Revision durchgeführt.

Wenn die BMZ-Schnittstelle nicht verfügbar ist:

- ⇒ Alarmierung über den vordefinierten Alarmpfad, wenn ein Info- oder Voralarm über die Hardware-Schnittstellen anliegt.

- ⇒ Abschaltung eines gesamten Bereiches, wenn eine der folgenden Bedingungen vorliegt:
 - die Sammelmeldungen BD-Hauptalarm und VESDA-Hauptalarm liegen an
 - die Sammelmeldung VESDA-Hauptalarm liegt an und mindestens ein VESDA-Analogsignal ist über 90%
 - mindestens zwei VESDA-Analogsignale in einem Bereich liegen bei über 90%

Auf diese Weise hat man ein umfassendes Backup-Konzept, sodaß auch bei Ausfall von Komponenten eine Abschaltung der Systeme gewährleistet ist:

- ⇒ Ausfall der BMZ-Schnittstelle: Auswertung der Meldelinien und Analogsignale
- ⇒ Ausfall des ZIS-Systems: Abschaltung der Netzverteiler direkt durch die BMZ

Warn- und Alarmprozeduren

Die Aufgabe der Früherkennung besteht darin, einen eventuellen Brand in der Entstehungsphase zu erkennen und möglichst vor Ausbruch des Brandes geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten. Auf der anderen Seite ist die Verfügbarkeit des Rechenzentrums möglichst hoch zu halten. Deshalb werden Informations- und Voralarme dazu benutzt, evtl. vorort befindliches Personal über die detektierte Rauchentwicklung zu informieren.

Während die Brandmeldeeinrichtung selbst über optische und akustische Alarmeinrichtungen im überwachten Bereich verfügt, können mit dem ZIS-System

Warn- und Alarmmeldungen über abgesetzte Bedienterminals, über Cityruf und Eurosignal zu entfernten Lokationen gebracht werden.

Folgende Warn- und Alarm-Mechanismen wurden in den ZIS-Prozeduren implementiert:

- ⇒ Sämtliche Warn- und Alarmmeldungen werden an alle angemeldeten User des ZIS-Systems geschickt (Priority-Messages)
- ⇒ An das Haupt-Bedienterminal (Festlegung in den Customizing-Parametern) werden auffällige Meldungen in großen Lettern geschickt. Durch den SHOW_PROC-Befehl wird dieser Schirm auf dem angegebenen Bedienterminal eingeblendet, unabhängig davon, welche Funktionen der an diesem Terminal arbeitende User momentan ausführt.
- ⇒ Bei Info- und Voralarmen wird sofort der zuständige Alarmpfad aktiviert (der Brand-Alarmpfad wird in den Customizing-Parametern festgelegt). Die Alarmmessage enthält aussagekräftige Hinweise über die festgestellten Ereignisse.
- ⇒ Bei Hauptalarmen wird der Alarmpfad erst nach der Durchführung der Abschaltung aktiviert, um die Abschaltvorgänge nicht zu verzögern
- ⇒ Wenn mehrere Ereignisse detektiert werden, werden die niederpriorisierten Alarme unterdrückt und sofort die wichtigeren Warn- und Alarmvorgänge durchgeführt.

Situationsanalyse

Ein wesentlicher Punkt bei der Behandlung der Brandmeldungen ist, daß das ZIS-System situationsabhängig reagiert. Folgende Betriebszustände werden berücksichtigt:

- ⇨ RZ ist bedient / unbedient
- ⇨ kritische Betriebszeiten (Börsenzeit)
- ⇨ Eskalationsstufen (bereits mehrere Alarme aufgetreten)
- ⇨ Korrelation Objekt-Überwachung mit der Raum-Überwachung
- ⇨ Revision
- ⇨ Abschaltung scharf / unscharf

Abschaltung

Als Reaktion auf einen Hauptalarm erfolgt in der Regel ein Abschaltvorgang. Wenn durch einen Objektmelder (BD-Gerät) die Einheit lokalisiert wurde und diese Einheit durch das ZIS-System abgeschaltet werden kann (über EPO-Interface, CPU-Fernsteuerung oder über EPOGON - EPO-fernsteuerbare Netzversorgung), erfolgt die Abschaltung der Komponente über dieses Interface. Sind CPU-Komponenten betroffen, wird durch ein "QUIESCE"-Command auf der / den zugehörigen MVS-Konsole(n) die Kanal-Aktivität der CPU gestoppt.

Je nach Alarmart und Eskalationsstufe wird gemäß nachfolgendem Schema entweder die betroffene Einheit oder der gesamte Bereich abgeschaltet.

Die Zuordnung der BD-Geräte zu den Hardware-Schnittstellen des ZIS-Systems erfolgt durch die Customizing-Parameter, die im ZIS-System in einem Modul der Ablaufsteuerung gespeichert sind. Diese Parameter sind sehr einfach zu ändern, sodaß bei Umbauarbeiten die Anpassungen vom ZIS-Betreuer problemlos durchgeführt werden können.

In den Customizing-Daten wird festgelegt, in welcher Reihenfolge und mit welchem Zeitverhalten Warn-, Alarmierungs-, Shutdown- und Abschaltvorgänge durchgeführt werden.

Folgende Punkte sind zu beachten:

- ⇨ die Einheiten dürfen nicht auf 'local' gestellt werden (ggf. nur während der Wartungsarbeiten), da sonst eine Abschaltung über das ZIS-System nicht möglich ist

- ◇ die Platten-Peripherie kann getrennt vom Controller geschaltet werden, Halbstränge sind in der Regel intern gekoppelt, sodaß im Brandfall beide Halbstränge abgeschaltet werden müssen
- ◇ nach jeder Umkonfiguration, bei der BD-Geräte oder ZIS-Schnittstellen geändert werden, sind die Customizing-Parameter zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Zusammenfassung

Das Brandschutz-Konzept mittels Brandfrüherkennung in Verbindung mit der intelligenten Abschaltung der betroffenen Einheiten bzw. Bereiche weist entscheidende Vorteile für die Sicherheit und Verfügbarkeit des Rechenzentrums auf:

- ◇ Schutz der RZ-Komponenten, da durch die Brand-Früherkennung und Abschaltung in der Regel größere Schäden an den betroffenen Einheiten vermieden werden. Die Instandsetzung der Einheit ist dadurch einfacher, die Wiederinbetriebnahme kann dadurch wesentlich schneller erfolgen.
- ◇ durch eine Situationsanalyse ist eine „intelligente“ Reaktion auf Brandalarme möglich - der RZ-Betrieb kann teilweise weitergeführt werden.
- ◇ durch die „weiche“ Abschaltung der Komponenten ergeben sich beim Wiederanlauf des Systems weniger Probleme (Hardwaredefekte sind dadurch weniger wahrscheinlich).
- ◇ keine Gefahr für die Menschen im Rechenzentrum, da auf den Einsatz eines Löschmittels verzichtet werden kann und die Alarmschwelle herabgesetzt wird.
- ◇ einfache Einbindbarkeit in die zentrale Gebäude-Leittechnik (ZLT/GLT) und in universelle Gefahrenmeldeanlagen (UGM).

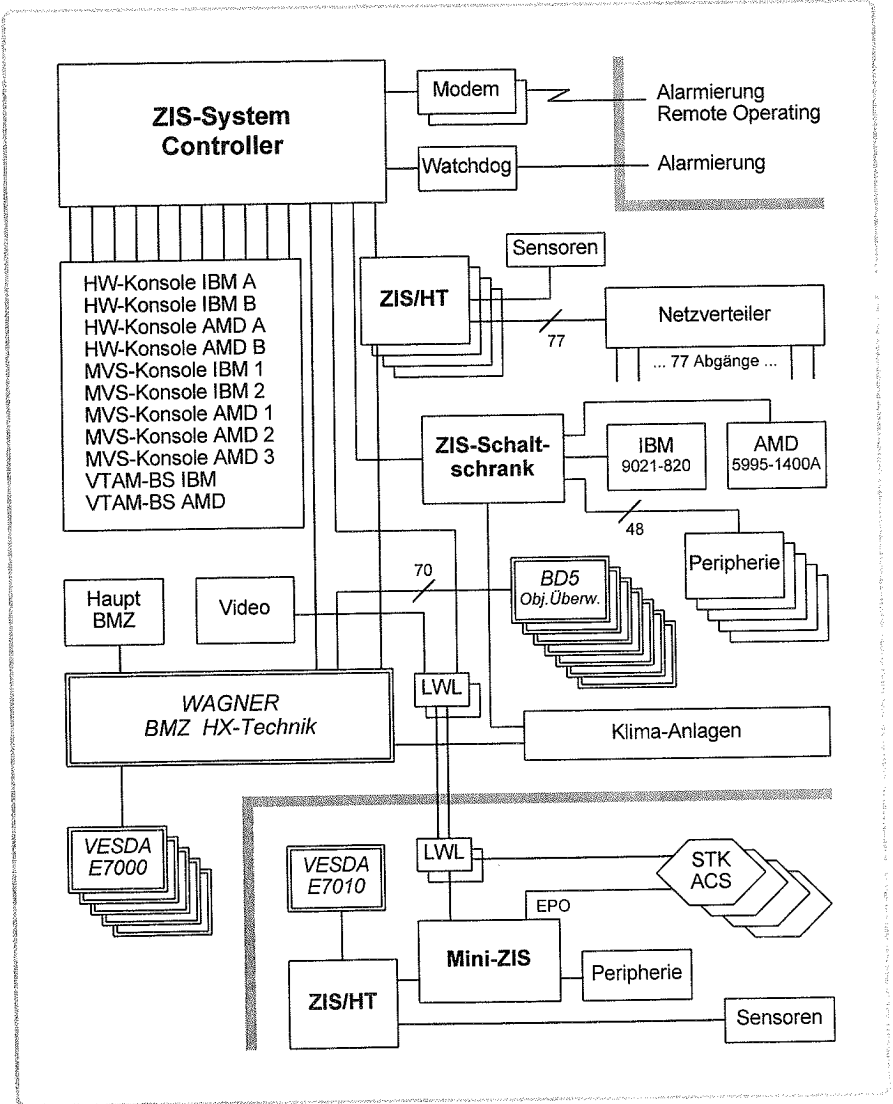
Durch die enge Verflechtung zwischen Betrieb des Rechenzentrums und der Haustechnik stellt die Kopplung des Gesamtsystems (Brandfrüherkennung und ZIS-System) mit der gesamten Leittechnik im Gebäude einen sehr wichtigen Gesichtspunkt dar, damit alle Betriebsparameter der Installation den jeweiligen Verantwortlichen zur Verfügung stehen:

- ⇨ das RZ-Personal muß frühzeitig von Ereignissen Kenntnis erlangen, die den Betrieb des Rechenzentrums beeinflussen könnten
- ⇨ die Haustechnik-Verantwortlichen müssen, da sie für die Grundversorgung des Rechenzentrums verantwortlich sind, Mitteilungen über Ereignisse, die außerhalb dem Erfassungsbereich der ZLT liegen, erhalten.

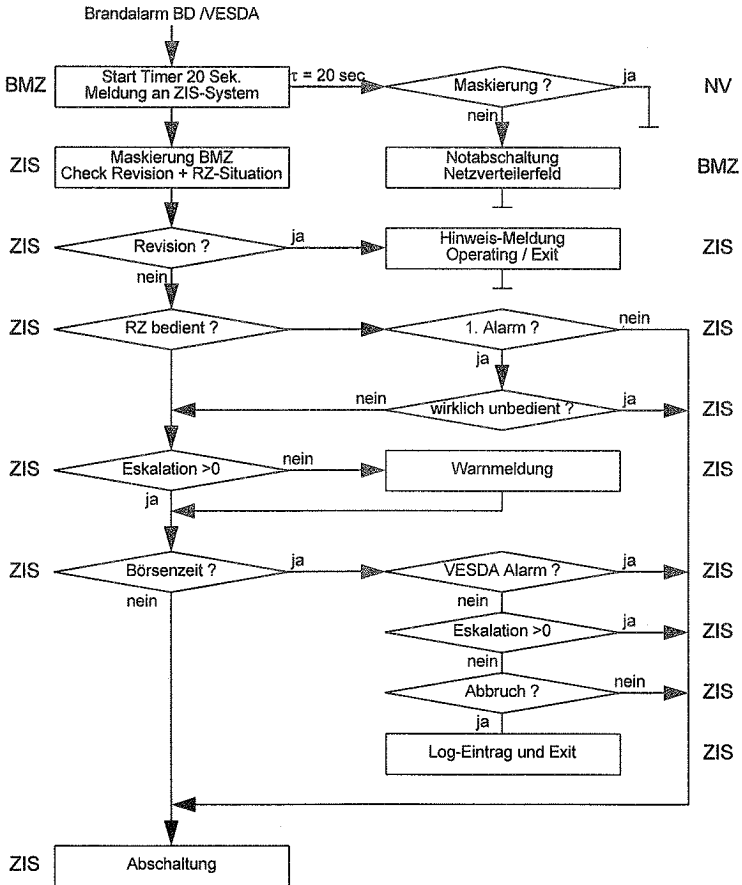
Das Brandschutz-Konzept stellt nur einen Teil der Aufgaben des ZIS-Systems dar. Die Funktionen Automatisierung, Überwachung, Alarmierung und Remote Operating können in weiten Bereichen genutzt werden, um Vorteile in den Punkten Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Verfügbarkeit beim Betrieb des Rechenzentrums zu erzielen.

Das ZIS-System ist modular aufgebaut und zeichnet sich durch seine Flexibilität aus. Durch das Know-how der beiden Firmen WAGNER und LeuTek, sowie deren intensive Zusammenarbeit werden die Projekte von der Beratung über die Planung bis hin zur Installation und Inbetriebnahme sehr effizient durchgeführt.

Darstellung einer real installierten ZIS-Konfiguration:



Verknüpfung von Brandmeldeanlagen mit RZ-Automatisierungssystemen



Dieses Schaubild zeigt die Situationsabhängigkeit der auf die Brandalarmlage folgenden Aktionen

B. Heinen

Caradon Esser GmbH, Neuss, Germany

Integrierte Gebäudeautomatisierungssysteme

Abstract

Integration of fire, security, and building automation systems make sense if, because of the particular application, the large number of detected information, or the building size, savings of installation costs can be expected. Some integrated systems which use the security bus network for collection of general building information allow to meet existing fire and security standards and minimize installation costs without substantially increasing the cost of required equipment.

Einleitung

Bei einer 1993 durchgeführten Umfrage bei Elektrofachplanern der Heizungs-, Klima- und Lüftungstechnik wurde mit großer Mehrheit die Integration sicherheitstechnischer Anlagen als wünschenswerte Erweiterung von Gebäudeautomatisierungssystemen genannt. Nahezu alle führenden Anbieter von Gebäudeleittechniksystemen führen Sicherheitssysteme in ihrem Programm oder kooperieren auf diesem Sektor mit anderen Anbietern von Sicherheitssystemen. Zweifellos sind auch die technischen Voraussetzungen zur Integration der Systeme vorhanden. Um so bemerkenswerter ist es, daß integrierte Systeme in der Gebäudeautomatisierung bislang praktisch bedeutungslos sind. Im folgenden sollen die Hintergründe hierzu untersucht werden und am Beispiel eines teilintegrierten Systems Anwendernutzen und sicherheitstechnische Aspekte diskutiert werden.

Kombination versus Integration

Von praktischer Bedeutung ist bereits heute die Anbindung eines Sicherheitssystems an eine Gebäudeleitzentrale über eine mehr oder weniger komplexe

Datenschnittstelle. Im Gegensatz zu getrennt arbeitenden Systemen läßt diese Kombination mehrerer Systeme (Abb. 1) eine einheitliche Präsentation der Gebäudedaten auf einer gemeinsamen Anzeigeplattform zu. Darüber hinaus lassen sich alle bereits in der Leitzentrale vorhandenen Mittel wie z. B. Ereignisprotokollierung, grafische Gebäudelayouts, Statistikdatenerfassung, Wartungsmanagement und Ersatzteillogistik auch für die sicherheitstechnische Anlage nutzen.

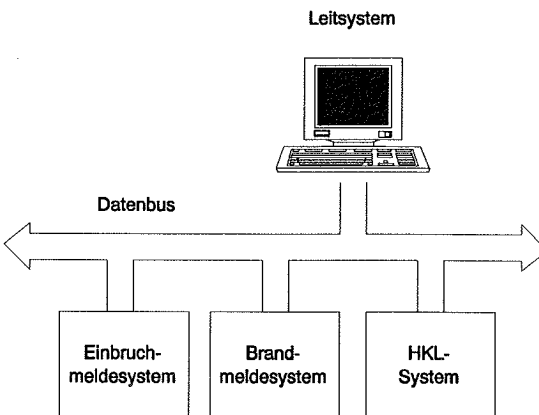


Abb. 1: Kombiniertes Gebäudeautomatisierungssystem

Allerdings sind die üblicherweise verwendeten Anzeige- und Bedienoberflächen nicht ohne weiteres für die Gefahrenmeldung und Alarmorganisation einsetzbar, weshalb in der Praxis für das Einsatzpersonal weitere Anzeige- und Bedienstationen gefordert werden. Zudem bedeutet die Kombination von Sicherheits- und Gebäudeleitsystem einen für den Betreiber in aller Regel teuer erkaufenen Nutzen. Mangels standardisierter Schnittstellen müssen häufig Protokollanpassungen vorgenommen werden. Darüber hinaus fallen für die Verarbeitung der Meldepunkte des Sicherheitssystems Engineeringkosten im Leitsystem an, die einen erheblichen Anteil an den Gesamtsystemkosten ausmachen können und so den Luxus einer gemeinsamen Datenpräsentation sehr schnell in Frage stellen. Hieran scheidet sehr häufig die praktische Realisie-

Integration kombinierter Systeme. Darüber hinaus bietet die Kombination keine wirtschaftlichen Vorteile, da nach wie vor zwei oder mehrere Systeme mit getrennten Netzen benötigt werden.

Die Nutzung gemeinsamer Netze bildet die Grundlage integrierter Systeme. Dabei kann die Integration z. B. auf der Sensorik-/Aktorikebene erfolgen (Abb. 2a) oder aber durch Integration von Netzknoten (Abb. 2b).

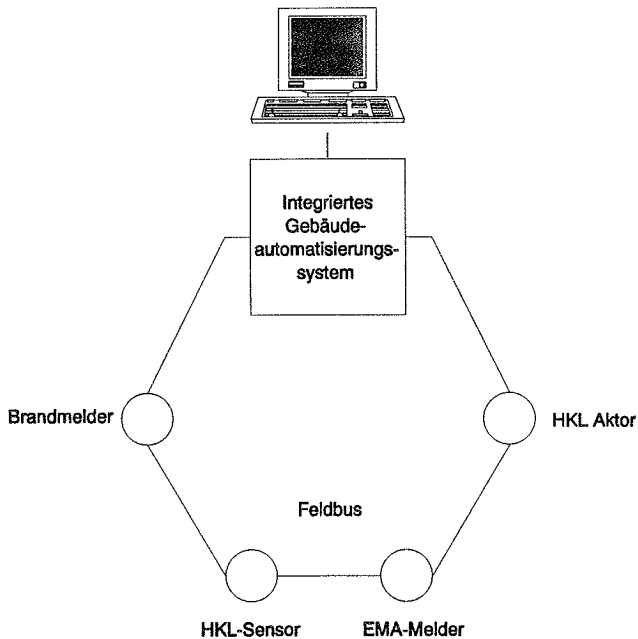


Abb. 2a: Integration auf Feldbus-Ebene

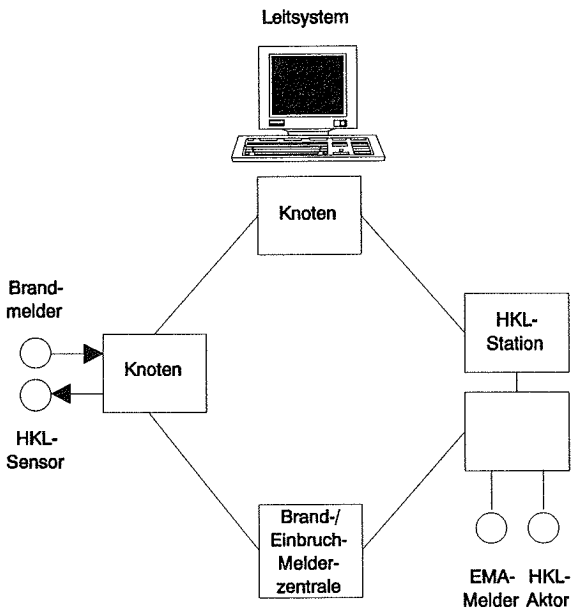


Abb. 2b: Integration auf Netzknotebene

Auch Mischformen hierzu sind denkbar. Entscheidend ist, daß das Netz oder der gemeinsame Datenverarbeitungsknoten für den Funktionserhalt der sicherheitstechnischen oder gebäudetechnischen Anlage benötigt wird. Integrierte Netze können Installationskosten senken, die sowohl bei Sicherheits- als auch Gebäudeleitsystemen in der Praxis etwa 50 % der Gestehungskosten ausmachen. Ein gemeinsam genutztes Netz kann mehr Flexibilität bei Erweiterungen und Nutzungsänderungen bieten. Jedoch sind diese wirtschaftlichen Vorteile nicht zwingend, sondern hängen erheblich von der Gebäudenutzung und den verwendeten Systemen ab.

Abb. 3 zeigt Beispiele für unterschiedliche gebäudetechnische Anlagenteile, die in ein HKL-System eingebunden werden. Wesentlich dabei ist, daß die regeltechnischen Aufgaben in den meisten Fällen in wenigen, räumlich zusammen-

menhängenden Bereichen anfallen, Heizkessel, Lüfter, Befeuchter, Wärmetauscher, Brauchwasserbereitung, etc. Nur dort, wo höherer individueller Komfort gefordert ist, (Hotels, Krankenhäuser) oder Fertigungsprozesse spezielle Umgebungsbedingungen erforderlich machen (Pharmaindustrie, Nahrungsmittelindustrie), kann sich der regeltechnische Aufwand über größere Gebäude- teile erstrecken. Die Nutzung eines gemeinsamen Netzes für die Übertragung aller regeltechnischer Daten wird deshalb nur in selteneren Fällen einen wesentlichen wirtschaftlichen Vorteil darstellen.

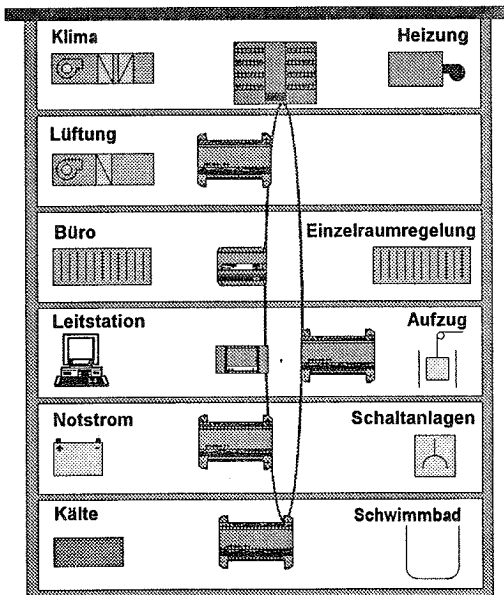


Abb. 3: Gebäudeleitsystem

Neben der Regelung von Heizungs- Klima- und Lüftungsanlagen umfaßt die Gebäudeleittechnik auch Steuerungs- und Überwachungsaufgaben, und dies mit steigender Tendenz. Ein wesentlicher Aspekt beim Einsatz der Leittechnik ist in der Reduzierung der Betriebskosten, speziell der für den Betrieb der An-

lage erforderlichen Personalkosten zu sehen. Auch Kosten als Folge von Ausfall- und Stillstandszeiten sind von wachsender Bedeutung. In Zukunft ist mit steigenden Umwelt- und Energiekosten zu rechnen, die eine wachsende Sensibilisierung der Betreiber im Hinblick auf Energie- und Ressourcenverschwendung zur Folge haben werden. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, daß Energiekostensenkung z. B. durch belegungsabhängige Raumtemperatur- und Beleuchtungssteuerung oder Personalkostensenkung z. B. durch präventive Fernwartung zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. Bei steigenden Service- und Wartungskosten ist es für das externe Servicepersonal wünschenswert, schon vor Einsatzbeginn umfassende Informationen über den Servicefall zu erhalten, um Zeit und unnötige Fahrtkosten zu sparen. Diese Funktionen bedingen jedoch die Überwachung einer wesentlich größeren Zahl von Meldepunkten. Schon heute beträgt das durchschnittliche Verhältnis von digitalen Melde- zu analogen Regelungspunkten etwa 5:1. Dies schließt auch z. B. die herkömmliche Überwachung von Brandschutzklappen, Aufzügen etc. mit ein.

Weniger die analoge Regelung von HKL-Anlagen als vielmehr die Überwachung relevanter Gebäudedaten ist deshalb die treibende Kraft für den Integrationsprozess unterschiedlicher Systeme.

Offene Bussysteme versus Herstellerbus

Mit EIB-Bus, Batibus und LON haben verschiedene Herstellergruppen versucht, einen offenen Feldbusstandard für die Gebäudetechnik zu definieren. Allerdings stand dabei weniger die Sicherheitstechnik als vielmehr die allgemeine Installationstechnik Pate, weshalb keiner der gegenwärtigen Bus- und Protokollstandards sicherheitstechnischen Anforderungen genügt. Es bleibt vorläufig anzuzweifeln, ob eine dieser Techniken nennenswerte Bedeutung im Hinblick auf die Integration erhalten wird. Da die Buskomponenten als reine Sensor-/Aktor-Buselemente relativ teuer sind, ist ein Einsatz der Standards als reine Feldbusysteme eher unwahrscheinlich. Eher denkbar erscheint die Ver-

wendung dieser Standards als Datenbus zwischen intelligenten Knoten, wobei sich jedoch in diesem Fall die Protokolle als nicht ausreichend flexibel erweisen können. Hersteller spezifischer Bussysteme bieten den Vorteil einer system- und normenkonformen Lösung. Die Öffnung zu anderen System kann ohne weiteres über Protokollkonverter oder Gateways erreicht werden. Schon die bisherigen Standardisierungsbemühungen der unterschiedlichen User-Clubs von Busanbietern hat deutlich gemacht, wie schwerfällig, bisweilen sogar fortschrittsfeindlich, der Normungsprozess zumal auf internationaler Ebene in aller Regel erfolgt. Aus jetziger Sicht werden sich ein oder mehrere Herstellerbusse als de facto-Standards etablieren und andere Anbieter folgen, mit - unvermeidbar - einer Vielzahl inkompatibler Varianten.

Verfügbarkeit und Funktionserhalt im Fehlerfall

Einer der wesentlichen Unterschiede zwischen Sicherheitssystemen und anderen Gebäudeautomatisierungssystemen besteht in der erhöhten Anforderung im Hinblick auf die Systemverfügbarkeit und das Verhalten des Systems im Fehlerfall. Hieraus resultieren für Sicherheitssysteme Merkmale wie z. B. Notstromversorgung, Primärleitungsüberwachung, Not- und Vollredundanz und Ausfallbegrenzung der Überwachung, etc.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen gibt es erhebliche Bedenken im Hinblick auf Vorteile und Sinn einer integrierten Gebäudeautomatisierung. Zum einen müßten alle verwendeten Komponenten den sicherheitstechnischen Standards genügen. Dies hat weitreichende Konsequenzen für die Stromaufnahme und Reaktionszeiten der Sensorik/Aktorik und in vielen Fällen damit auch für die Kosten der Komponenten. Zum anderen muß im Fehlerfall sichergestellt sein, daß die sicherheitstechnisch geforderte Systemverfügbarkeit in allen Fällen erhalten bleibt, und die Fehlerbeseitigung durch geprüftes und autorisiertes Personal erfolgt, das sowohl die Sicherheitstechnik als auch die Regeltechnik beherrscht. Dies ist in der Praxis nur dadurch erreichbar, daß alle verwendeten Komponenten im Rahmen einer Systemprüfung auf Eignung und

Systemkonformität getestet werden und speziell ausgebildetes und geprüfetes Personal zum Einsatz kommt. Der hierzu erforderliche Aufwand wird sich nur im Falle größerer Systeme rechtfertigen lassen.

Die geltenden sicherheitstechnischen Normen und Richtlinien ziehen keine klare Grenze zwischen anlagenfremden- und -eigenen Teilen. Dies ist in der Praxis auch schwierig. Die Position einer Brandschutzklappe mag man noch als sicherheitstechnisch relevante Information betrachten, bei der Position eines Aufzugs wird es schon fragwürdiger. Ein höheres Maß an Klarheit wäre wünschenswert und z. B. dadurch zu schaffen, daß man nicht die Art der anzuschließenden Geräte definiert, sondern die Anforderungen, die an diese Geräte gestellt werden müssen (Verfügbarkeit, Verhalten im Fehlerfall, Reaktionszeit und Meldungspriorität, etc.), um die sicherheitstechnischen Belange zu erfüllen.

Teilintegrierte Systeme - das Beste zweier Welten

Ein wesentlicher Nutzen läßt sich bereits dann gewinnen, wenn man sich bei der Integration nur auf die Erfassung von Meldungen beschränkt. Dies ist nicht neu. Bereits heute werden über Buskopplerbausteine oder technische Alarmmelder (Abb. 4) zusätzliche Informationen erfaßt, die nicht zu einer Alarmierung oder einem Ruf des Einsatzpersonals führen, sondern das haustechnische Betreiberpersonal informieren.

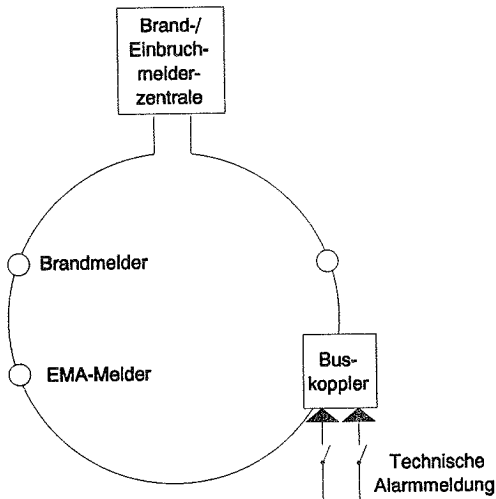


Abb. 4: Technische Alarmerfassung über Buskoppler

Die Komponenten sind dabei speziell ausgebildete Melderbausteine, die auf der Hardware der Brand- oder Einbruchmelder basieren. In gleicher Weise lassen sich auch Positionen von Fenstern und Türen, Meldungen von Präsenzmeldern, Stellungen von Lüfterklappen erfassen. Verbindet man ein solches Sicherheits- und Meldesystem mit einem Gebäudeleitsystem bzw. einem HKL-Regelsystem, so erhält man eine teilintegrierte Anlage, in der das Sicherheitssystem nach wie vor autark arbeitet, das Gebäudeleitsystem jedoch, anders als bei einer Kombination, auf Informationen des Sicherheits- und Meldesystems angewiesen ist (Abb. 5).

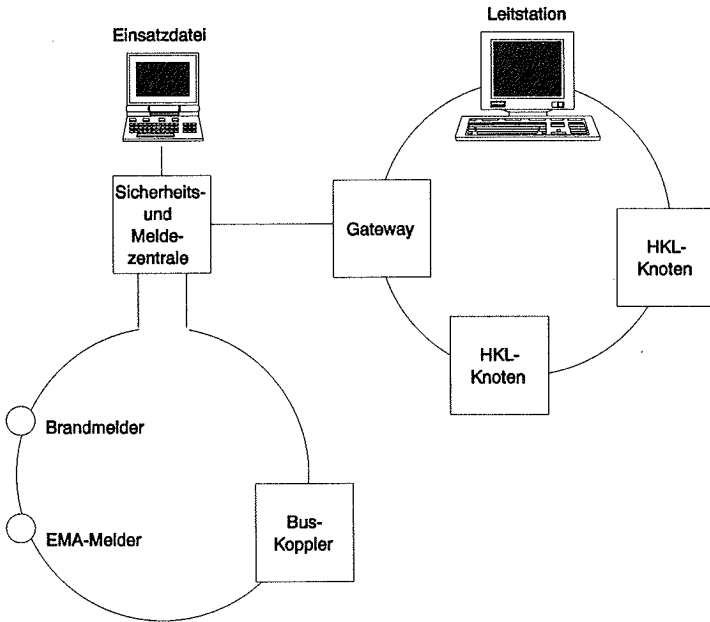


Abb. 5: Blockschema eines teilintegrierten Systems

Eine solche Konfiguration bietet gegenüber vollintegrierten Systemen eine Reihe von Vorteilen:

- Funktionseingriffe in das Sicherheitssystem von der Leitwarte aus sind nicht erforderlich (und in der Praxis durch technische Maßnahmen unterdrückt).
- Die Meldungserfassung über das Sicherheits- und Meldesystem schafft bereits einen wesentlichen Nutzen durch Reduzierung des Installationsaufwandes.
- Nur die Meldekomponenten müssen den Richtlinien der sicherheitstechnischen Anlagen genügen, dies macht die Systemprüfung überschaubar.

- Durch die Verwendung weniger, gleicher Buskomponenten kann die Einhaltung der Systemreaktionszeiten und der rückwirkungsfreie Betrieb der Meldekomponenten einfacher gewährleistet werden.

- Auf der regeltechnischen Seite kann auf bestehende Systeme und Komponenten zurückgegriffen werden

Die Anwendung

Abb. 6 zeigt die Realisierung eines teilintegrierten Systems, das für das Werk eines Spirituosenherstellers konzipiert wurde. Die Aufgabe umfaßte die Einbruchüberwachung (Schutz von Rezepturen, Fertigungs-Knowhow), Brandüberwachung (Rohstofflager) sowie die Steuerung der Fertigungshallen über eine Heizungs- bzw. Vollklimaanlage in einem weiten, räumlich verteilten Areal.

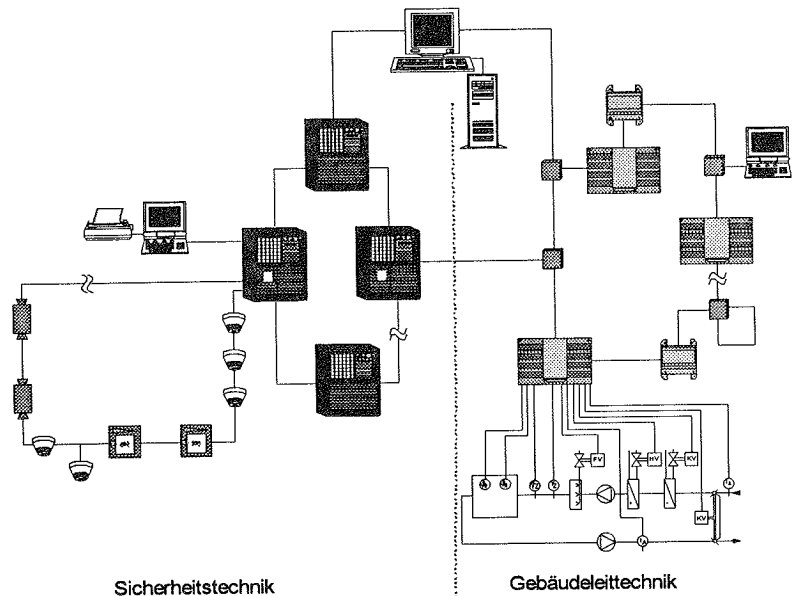


Abb. 6: Anlagenschema eines teilintegrierten Systems

Die Anlage besteht aus einem Sicherheits- und Meldesystemnetzwerk und einem zweiten regeltechnischen Netzwerk für die Gebäudetechnik. Für die Information der Einsatzleitung wurde eine Einsatzdatei vorgesehen, die direkt an das Sicherheitsnetzwerk gekoppelt und in die Notstromversorgung eingebunden ist. Die Gebäudeleitstation arbeitet am Ring der Regeltechnikseite. Verbindung der beiden Netzwerke erfolgt durch spezielle Netzkoppler, so daß alle Informationen der Sicherheitstechnik auch auf der Leitstation verfügbar sind. Über Buskoppler werden eine Vielzahl vornehmlich digitaler Meldungen durch das Sicherheits- und Meldesystem aufgenommen und über das Regelnetzwerk an die Regelstationen und die Leitstation weitergeleitet. Hierzu zählen Lüfterklappenstellungen, Grenzwertmeldungen für Klimawerte, Präsenzmeldungen, etc. Die Teilintegration führt zu einer 40 %-Reduzierung der Installationskosten, zudem ist die Aufnahme weiterer Meldungen (z. B. von Wächtermeldungen) leicht und ohne großen Aufwand möglich. Wartung und Service des Systems erfolgen durch ein speziell geschultes Errichterunternehmen.

Zusammenfassung

Integrierte Gebäudeautomatisierungssysteme sind dort sinnvoll, wo aufgrund der Nutzung, der großen Zahl zu verarbeitender Meldungen und der Ausdehnung des Objektes Einsparungen in der Installation zu erzielen sind. Durch Teilintegration lassen sich sicherheitstechnische Forderungen erfüllen und Installationskosten minimieren, ohne die Gerätekosten unnötig zu erhöhen.

G. Beilicke

Fachhochschule Magdeburg, Magdeburg, Germany und
Ingenieurbüro für Brandschutz, Leipzig, Germany

Automatische Brandentdeckungsprobleme im Zusammenhang mit
weiteren Sicherheitsanlagen

Abstract

Automatic fire detection devices are developed and used for exactly described special purpose. It is possible to install in one and the same building some additional systems for detection and/or controlling problems differing from fire protection.

The goals and reasons in safety, security or comfort for the systems can vary in a wide range. The certain destination of boundaries for use in each special case is necessary. Otherwise ineffective or uneconomical solutions are possible.

Vorbemerkungen

Automatische Brandmeldeanlagen werden einerseits zunehmend als "maßgeschneiderte" Anlagen entworfen und konzipiert und andererseits in ihrer Leistungsfähigkeit stetig weiterentwickelt, so daß ihr heute als normal zu bezeichnendes Aufgabenspektrum weit über die "einfache" Brandmeldung hinausgehen kann. Modernen BMA werden zunehmend auch Steuerungs- und Informationsfunktionen zugewiesen.

Diese Funktionen und die daraus resultierende Informationsflut überlagern sich mit Informationen anderer Regelsysteme (Hausleittechnik) oder Sicherheitsanlagen (Intrusionsschutzanlagen). Eine sichere Trennung der gewünschten unterschiedlichen Wirkungen bei gleichem bzw. vergleichbarem Signal ist zur Gewährleistung der bestimmungsgemäßen

Funktionssicherheit gegenwärtig nur eingeschränkt oder nicht möglich.

Problemdarstellung moderner automatischer Brandmeldetechnik

Brandmeldetechnik wird neben der eigentlichen Brandmeldung zunehmend zur Ansteuerung von brandschutztechnischen Sondereinrichtungen und/oder -bauteilen eingesetzt. Zusätzlich zu den über BMZ zusammengefaßten und ausgewerteten Brandmeldern kommen einzelne Brandmelder auch zur Ansteuerung bestimmter Sonderanlagen in Form sogen. "Inselanlagen" zur Anwendung.

Infolge der Signalflut und des Umfanges der Steuerungsaufgaben wird zunehmend auf vollautomatische Signalverarbeitung zurückgegriffen. Die Signaldifferenzierung ist nicht durchgängig möglich, da zwischen sicherheitstechnischer Absicht und formalen (auch rechtlichen) Bedingungen nicht immer in der gewünschten Absicht Übereinstimmung erzielt werden kann.

Bei Signalüberlagerungen aus Hausleittechnik, Brandschutzanlage und Intrusionsschutzanlage ist zur sicheren Problemerkennung und der richtigen Ableitung von Konsequenzen die Prioritätensetzung der einzelnen Signalgrößen und Meldeebenen nicht nur wünschenswert sondern auch unerlässlich, um Fehlhandlungen bzw. Falsch- oder Täuschungalarme ebenso sicher zu erkennen wie auch gezielt erzeugte Täuschungssignale zur Kaschierung vorsätzlicher (normalerweise überwachter) Handlungen zu erkennen und der vorsätzlichen Handlung sicher begegnen zu können.