

**Neues Brandschutzkonzept für das
GHZ Labor des Forschungszentrums Jülich**

von
G. Pott
M. Herren

vorgelegt bei der Tagung der Euratom Arbeitsgruppe:

"HOT CELL AND REMOTE HANDLING TECHNOLOGY"

Risø 12./13. Juni 1990

Neues Brandschutzkonzept für das GHZ-Labor
des Forschungszentrums Jülich

von

M. Herren

G. Pott

Zusammenfassung

Ziel des Konzeptes ist der sichere Aktivitätseinschluß der zum Umgang in den Heissen Zellen genehmigten radioaktiven Stoffen. Zwei große Brandabschnitte wurden nachträglich soweit möglich in Brandunterabschnitte aufgeteilt und die Löscheinrichtungen verbessert. Die Steuerung von Brandschutztüren und -klappen wird im Gegensatz zum früheren Konzept von der Brandmeldeanlage übernommen. Die Zahl der Hydranten für die Löschwasserversorgung und auch die Zahl der mobilen Löscheinrichtungen wird erhöht. Ein Brand in einer Zelle wird betrachtet.

Verteiler:

1. Einführung

Die Heissen Zellen der KFA wurden vor ca. 30 Jahren konzipiert und sind seit mehr als 20 Jahren in Betrieb. Die für den sicheren Betrieb von kerntechnischen Anlagen geltenden Bestimmungen und Regelungen sind in der Zwischenzeit mehrfach geändert worden und bei der Neugenehmigung bzw. bei einer Reduzierung des Restrisikos sind die zur Zeit geltenden Bestimmungen soweit wie möglich einzuhalten.

So wurde in Abstimmung mit den Behörden und den Gutachtern ein neues Brandschutzkonzept erarbeitet und wird im wesentlichen nachfolgend beschrieben.

2. Anlagenbeschreibung (Abb. 1)

Das Labor besteht im Prinzip aus 5 Einzelgebäuden

- sogenannter A/B-Teil mit Büroräumen, Werkstätten, Räume mit elektro- und Lüftungstechnischen Versorgungseinrichtungen, Druckluftversorgung, Wasser- und Heizungsübergabeanlagen sowie Hygieneräume.
- sogenannter C-Teil - der durch Brücken mit dem A/B-Teil verbunden ist - mit den Zellenreihen HZ 1, HZ 2, HZ 3, einem Wasserbecken sowie Abluftanlagen, Stickstoffkreislauf, Wasserreinigungsanlagen, Sammelanlage für kontaminierte Abwässer, Lagerräume, Werkstätten für Arbeiten an kontaminierten Geräten, Dekoraum für die gesamte Anlage.
- Gebläsehaus mit Abluftschornstein und Abluftüberwachungsanlage
- Notstromversorgungsgebäude mit 3 Notstromaggregaten (je 250 KVA) und Trafostation
- Wasserstoff-Flaschenlager

3. Brandabschnitte (Abb. 2, Abb. 3)

Das Hauptgebäude besteht aus 2 Brandhauptschnitten und zwar der A/B-Teil (Büro, Werkstatt, Versorgungsanlagen) mit einem Volumen von ca. 19000 m³ und der C-Teil (Heiß-Zellen-Labors) mit einem umbauten Raum von ca. 37000 m³. Vom A/B-

Brandabschnitt führen bauelastisch angebundene Verkehrsbrücken in Haupt- und Obergeschoß in den C-Brandabschnitt.

Die Öffnungen in den Verkehrsbrücken sind mit Brandschutztüren ausgerüstet, die im Brandfall - über Rauchmelder - angesteuert - automatisch schließen. Die vorhandene Brandwand wird ferner von Zuluftkanälen durchquert, die mit Brandschutzklappen vom Typ K90 versehen sind, die im Anforderungsfall von der Brandmeldeanlage angesteuert und geschlossen werden. Öffnungen für brandwanddurchquerende Medienversorgungsleitungen (z.B. elektrische Kabel) sind mit entsprechend zugelassenen Materialien in Stärke der Brandwand verschlossen. Da diese beiden Hauptabschnitte ein sehr großes Volumen haben, sind weitere Brandunterabschnitte eingeführt worden.

A/B-Teil

- Batterieraum: Er enthält die Stromversorgung für das Permanentstromnetz und ist als Notstromversorgung II gekennzeichnet.
- Umformerraum: Er dient der Umformung des Gleichstromes aus dem Batterieraum in Wechselstrom für das NOT II-Netz.
- Niederspannhauptverteiler und Kabelraum. Er enthält Relais und Schaltschränke für zentrale Einrichtungen des Labors (C-Teil).
- Ein Treppenhaus

C-Teil

- Sämtliche Treppenhäuser sind als Brandunterabschnitte ausgelegt. Die Türen sind in entsprechender Qualität ausgeführt und die Zuluftöffnungen mit den vorgeschriebenen Brandschutzklappen ausgerüstet, die von der Brandmeldeanlage angesteuert werden und im Brandfall automatisch schließen.
- Werkstatt für Arbeiten an kontaminierten Geräten, Dekontaminationsraum sowie 2 Lagerräume. Diese Räume liegen in unmittelbarer Nachbarschaft und lassen sich lüftungstechnisch leicht abschotten.
- Lagerräume im Kellergeschoß. Da in Lagerräumen häufig größere Brandlasten abgestellt werden, ist es sinnvoll, diese als Brandunterabschnitt auszubilden.

- Kontrollraum. Er befindet sich oberhalb der Zellenreihe im Obergeschoß. Die Lüftungsleitungen werden mit Brandschutzklappen versehen. Der Raum wird rauchfrei gehalten.
- Relaisraum. Er enthält die Schaltelemente, die von der Warte aus bedient werden und eine Vielzahl von Steuerschränken (z.B. für die Lüftungsanlagen, für Ruf- und Warnanlagen, Strahlenschutzinstrumentierung).
- Kabelbrücke und Elektroverteilungen. Sie befinden sich im Prinzip unterhalb des Kontrollraumes.
- Zellenreihen I, II und III
Die Hauptmenge an Kernbrennstoffen und radioaktiven Stoffen befinden sich in den Zellen. Diese bilden von der Konstruktion her einen eigenen Brandunterabschnitt. Im Falle eines Brandes in der Umgebung schließen die Lüftungsklappen (Zuluft und Abluft), so daß der Zelleninhalt eingeschlossen ist. Auch im Falle eines Zellenbrandes schließt die Zuluftklappe und die Abluftklappe ist nur noch so weit geöffnet, daß ein Unterdruck aufrechterhalten wird.

4. Komponenten der Abschottung

Türen zwischen den Brandabschnitten sind in T 90-Qualität ausgeführt und werden über Rauchmelder - in unmittelbarer Nähe dieser Türen - in Verbindung mit der Brandmeldeanlage geschlossen. Türen zwischen Brandunterabschnitten haben mindestens T 30 Qualität, d.h. sie widerstehen einem Feuer mindestens 30 Minuten bzw. mindestens 90 Minuten (T 90) lang. Entsprechendes gilt auch für Brandschutzklappen. Bei Anordnung zwischen den Brandabschnitten erfolgt die Ausführung in K 90 Qualität bei Abschottung von Brandunterabschnitten in K 30 Qualität. Sämtliche Klappen werden über die Brandmeldeanlage geschlossen und die Stellung (auf bzw. zu) zentral angezeigt.

Die übrigen Wanddurchbrüche für Versorgungsleitungen, Kabeldurchführungen werden analog in F 90 bzw. F 30 Qualität ausgeführt.

5. Brandscenarien

5.1 Allgemeine Betrachtung

Die Brandlasten in dem HZ-Gebäude schwanken je nach Ort stark. Charakteristische Werte sind:

| | |
|---------------------------|------------------------------|
| Lagerräume | 200 - 800 kWh/m ² |
| Büroräume | 200 - 300 kWh/m ² |
| Bedienungsgang der Zellen | 200 - 250 kWh/m ² |
| Große Beschickungshalle | 120 kWh/m ² |
| Zellen | 20 - 40 kWh/m ² |

Zündquellen in den Heissen Zellen sind trotz der bestehenden Vorsorgemaßnahmen nicht auszuschließen.

Bisher wurden 3 erwähnenswerte Brände registriert:

- Schwelbrand bei Schweißarbeiten auf dem Zellendach. Es entzündeten sich PVC-Folien.
- Heiße Splitter einer geplatzten Photolampe entzündeten eine Öllache in einer Zelle. Der Brand wurde mit einem eingeschleusten Handfeuerlöscher erstickt.
- Bei Lötarbeiten fiel erhitzter Kunststoff auf eine Holzverschalung (Umbauarbeiten im Hygienetrakt). Der entstehende Schwelbrand wurde sofort gelöscht.

Aus Berichten der Gesellschaft für Reaktorsicherheit geht hervor, daß die mittlere Brandeintrittshäufigkeit für amerikanische Kernkraftwerke 0,17 Brände/Jahr/Anlage beträgt. In der Bundesrepublik gibt es nur Zahlen für konventionelle Kraftwerke. Hierfür wurde ein Wert von 0,14 ermittelt und liegt somit in der gleichen Größenordnung. Als jährliche Eintrittshäufigkeit von Bränden in sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagen werden Werte zwischen 10^{-3} und 8×10^{-6} , in Kabelverteilungsräumen und Übertragungskabel $1,2 \times 10^{-2}$ und für Kontrollwarten 3×10^{-3} genannt.

Diese Werte zeigen, daß Elektrosysteme und -installationen brandgefährdete Elemente sind, so daß besonders Schutzmaßnahmen hier notwendig sind. Allerdings muß man die Zündpotentiale differenzieren. In Kabeln der Leit- und Nachrichtentechnik ist die transportierte Energie zu gering, um zu einer Selbstentzündung zu führen. Werden Leistungskabel über längere Zeit mit Nennstrom oder höher belastet und wird die Stromstärke während des Brandes aufrechterhalten, erfolgt eine Brandausbreitung über den Zündbereich. Kritische Temperaturen der bei den HZ

verwendeten Materialien liegen bei Werten über 190 °C, als Zündleistung genügen allerdings 60 Watt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit bei horizontal verlegten Kabeln beträgt 0,1 m/min bei vertikal verlegten Kabeln 0,6 m/min.

5.2 Brand außerhalb der Zellen

Durch einen Brand im Bereich des HZ-Gebäudes (also außerhalb der Zellen) kann es zu einem Ausfall der Stromversorgung und/oder einem Ausfall der Lüftungsanlage kommen. Ein oder mehrere relevante Systeme könnten dann betroffen sein:

- Gebläse der Lüftungsanlage
- Elektropneumatische Regelung der Lüftungsanlage
- Strahlenschutzinstrumentierung
- Elektromotorisch angetriebene Kräne, Hebezeuge
- Meß-, Steuer- und Regelanlagen sowie Überwachungssysteme
- Antriebe der Zellentüren, Manipulatoren
- Normalbeleuchtung
- Ausfall der drahtgebundenen Kommunikationsanlagen.

Als erste Maßnahme werden sämtliche Arbeiten und Versuche eingestellt werden, so daß die Freisetzung gas- und staubförmiger Spaltprodukte auf ein Minimum reduziert wird. Weitere Maßnahmen sind:

Lüftung: Zu- und Abluftklappen an den Zellen fahren automatisch (mechanisch betrieben) zu. Ein Zellenabschluß und dadurch ein Aktivitätseinschluß ist somit gegeben.

Ausfall Strahlenschutzinstrumentierung: Messung über netzunabhängige Geräte des Strahlenschutzes.

Beleuchtung: Netzunabhängige Lampen sind vorhanden; Notbeleuchtungssystem ist ebenfalls vorhanden.

Alle übrigen Punkte: Ein Ausfall dieser Systeme beeinflussen nicht den gasdichten Einschluß der Aktivitätsinventare.

5.3 Brand in einer Zelle (Abb. 4)

Ein Brand in einer Zelle belastet zunächst den Zellenfilter und anschließend die Raumumfassungsbauteile durch Temperaturanstieg in einer Zelle. Betrachtet wurden pessimistisch 2 Fälle, bei denen keine Löschversuche unternommen werden und die Brandlast in der Zelle räumlich zentriert abbrennt (Kerosinbrand).

A: Brandlast 100 MJ und Branddauer 5 Minuten

B: Brandlast 200 MJ und Branddauer 7,5 Minuten

Angenommen wurde ferner ein Wärmeübergangskoeffizient von $10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Errechnet wurde im Fall A eine Maximaltemperatur von $260 \text{ }^\circ\text{C}$ und im Falle B eine Maximaltemperatur von $340 \text{ }^\circ\text{C}$. Dies führt dazu, daß nach etwa 2 Minuten das Zellenvorfilter und das Hauptfilter der betroffenen Zelle versagt. Das Absolutfilter vor dem Abluftschornstein behält jedoch seine volle Filterwirkung, da die heiße Zellenabluft mit kalter Luft aus den übrigen Zellen und aus dem Gebäude vermischt wird. Wichtig für die Sicherheit der Anlage ist nun die Abschätzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei Brand- und Funktionsfähigkeit von nur einer Filterstufe.

Der ungünstigste Fall ergibt sich beim Brand eines Lösungsmittels, in dem radioaktive Stoffe gelöst sind. Hier kann pessimistisch mit einer Freisetzungsrate von maximal 1 % des radioaktiven Stoffes gerechnet werden. Für diesen Fall, der auch den Fall der aerosolförmigen Freisetzung mit einschließt, sollen die nachfolgenden Betrachtungen durchgeführt werden.

Aufgrund von Berechnungen zur radiologischen Umgebungsbelastung unter Verwendung wissenschaftlich gesicherter Annahmen kann gefolgert werden, daß bei einer Umgangsmenge vom 10^{10} -fachen der Freigrenzenwerte (genehmigten Umgangsmengen an Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen) max. 1 % in die Zelle freigesetzt wird. Nimmt man weiterhin an, daß die Zellenabluft nur über die Hauptfilterbank gereinigt wird, dann wird max. das

10^4 -fache der Freigrenzenwerte

über den Abluftkamin der heißen Zellen freigesetzt.

Die sich ergebende Strahlenexposition wurde berechnet für den Fall, daß jeweils das 10^4 -fache der Freigrenzenwerte für

Sr 90

J 131

Cs 137 und

Pu 239

freigesetzt wird.

Mit den ungünstigsten Ausbreitungsparametern und für alle Belastungspfade ergeben sich an der ungünstigsten Einwirkungsstelle (außerhalb des Zaunes der KFA) die nachfolgend aufgeführten Dosen für ein Kleinkind. Angegeben ist jeweils die sich ergebende Dosis für das kritische Organ sowie die Ganzkörperdosis.

| | Organdosen | Ganzkörperdosis |
|--------|-----------------------|--------------------------|
| Sr 90 | 46 μ Sv (Knochen) | 12 μ Sv (1,2 mrem) |
| J 131 | 1,3 mSv (Schilddrüse) | 2 μ Sv (0,2 mrem) |
| Cs 137 | 42 μ Sv (Leber) | 7 μ Sv (0,7 mrem) |
| Pu 239 | 51 μ Sv (Knochen) | 1,3 μ Sv (0,13 mrem) |

Die einzelnen Organdosen sind bis auf die Schilddrüsendosis um mehr als 3 Größenordnungen kleiner als die in § 28 Abs. 3 StrlSchV angegebenen Grenzwerte. Die berechneten Ganzkörperdosen sind sogar deutlich mehr als 3 Größenordnungen kleiner als die in § 28 Abs. 3 StrlSchV angegebene Ganzkörperdosis von 50 mSv (5 rem).

6. Brandmeldeanlage

6.1 Brandmelder

Die automatischen Brandmelder werden nach den jeweiligen örtlichen Brandkenngrößen ausgewählt. Es werden folgende Typen verwendet.

Optische Rauchmelder

Die Melder arbeiten nach dem Prinzip der Lichtstreuung beim Auftreten von sichtbarem Rauch.

Wärmemaximalmelder

Sie sprechen bei Überschreiten der vorgegebenen Maximaltemperatur von 60 °C (Alarmschwelle 59 °C \pm 3 °C) an.

Wärme-Differential-Maximal-Melder

Diese sprechen bei Überschreiten der vorgegebenen Maximaltemperatur von 60 °C an und ebenfalls bei einem Temperaturanstieg von mehr als 5 °C/2 min. Diese Melder sind in den Zellen und vor dem Hauptfilter in der Abluftanlage installiert. Wegen möglicher aggressiver Dämpfe im Batterieraum wird eine explosionsgeschützte Ausführung verwendet.

Nichtautomatische Brandmelder

Diese können bei visueller Branderkennung manuell ausgelöst werden. Sie sind neben der vorhandenen Gebäuderuf- und -warnanlage zur umgehenden Brandmeldung an Rettungswegen, an Zu- und Ausgängen und in der Nähe brandgefährdeter Anlageteile installiert.

Die Brandmelder in den einzelnen Brandabschnitten und Brandunterabschnitten werden in Meldergruppen zusammengefaßt. Jede einzelne Zelle zählt auch als Meldergruppe. Die Meldergruppen sind so geplant, daß bei Alarmabgabe eine eindeutige Bestimmung des Meldeortes möglich ist.

6.2 Brandmeldezentrale (Abb. 5)

Die Brandmeldezentrale ist in das Wandtableau der Kontrollwarte eingebaut. Das Bedien- und Anzeigefeld wird vom Personal der Kontrollwarte bedient. Alle Meldungen werden auf dem Anzeigefeld und auf einem Protokolldrucker ausgegeben. Jede Meldegruppe wird einzeln angezeigt. Für Brandmeldungen aus den Zellen wird ein zusätzlicher, akustischer Sammelalarm installiert.

Die Brandmeldezentrale steuert die Brandabschnittstüren zwischen A/B- und C-Brandabschnitt, die Brandschutzklappen in den Lüftungsleitungen sowie auch die Brandschutzklappen zu den Brandunterabschnitten.

Die ortsfesten Löschanlagen werden über separate Löscheinschübe in der Brandmeldezentrale ausgelöst. Die Schaltung ist so ausgeführt, daß vor Auslösung der jeweiligen Löschanlage die Brandschutzklappen des betroffenen Brandunterabschnitts geschlossen sind und Warnsignale aufleuchten.

Die Stromversorgung der Brandmeldeanlage wird an das vorhandene Notstromversorgungssystem des Labors angeschlossen. Die Eigen-Notstromversorgung der Brandmeldezentrale wird, gemäß den geltenden Richtlinien, für 30 Stunden ausgelegt.

Die Brandalarme werden automatisch von der Brandmeldezentrale zur Sicherheitszentrale, in der auch die Nachrichtenzentrale der Werkfeuerwehr KFA integriert ist, übertragen und angezeigt.

Vorhandene Löscheinrichtungen

Zur Brandbekämpfung stehen zur Verfügung:

- Eine Werkfeuerwehr mit ausgebildetem Personal
- Ein Löschwasserversorgungssystem
- Tragbare bzw. fahrbare Feuerlöscher
- Ortsfeste CO₂-Löschanlagen für die Zellenreihen
- Ortsfeste CO₂-Löschanlage für spezielle Räume

Werkfeuerwehr

Die Personalstärke der Werkfeuerwehr umfaßt 70 Feuerwehrmänner, die hauptberuflich tätig und voll ausgebildet sind.

Die Ansprechzeit von Brandmeldern beträgt bei der vorhandenen Installation ca. 30 sec. nach Brandzündung. Ankommende Alarmer werden als Sammelmeldung über die Sicherheitszentrale zur Feuerwehr geleitet. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, daß die Hilfsfrist für die Feuerwehr etwa 3 Minuten beträgt, so daß in weniger als 5 Minuten nach Brandentstehung ein Eingreifen der Feuerwehr möglich ist.

Löschwasserversorgung

Im Gebäudebereich des Zellengebäudes werden in Abständen von max. 80 m 5 Überflurhydranten aufgestellt. Ein Löschwasserbedarf von 3200 ltr./min wird gewährleistet.

Tragbare bzw. fahrbare Feuerlöscher

Es sind in allen Gebäuden tragbare Feuerlöscher vorhanden. Ihre jeweiligen Löschmittel sind auf die brennbaren Stoffe der Umgebung abgestellt, dabei werden an elektrischen Anlagen CO₂-Feuerlöscher aufgestellt. In der Nähe der Notstrom-Diesel-Anlage ist ein fahrbares 50 kg Feuerlöschgerät mit ABC-Pulver deponiert.

Ortsfeste CO₂-Löschanlagen für die Zellenreihe

An jeder Zelle ist eine 50 kg CO₂-Flasche installiert, die an einer ortsfesten Leitung angeschlossen ist. Über einen flexiblen Schlauch mit Löschdüse kann mittels Manipulatoren das Löschmittel gezielt an jeden Brandherd in den Zellen geführt werden. Eine Flutung der Zelle ist jedoch nicht möglich.

Ortsfeste Löschanlage für spezielle Räume (Abb. 6)

Zur aktiven Brandbekämpfung werden 3 Räume, in denen eine Vielzahl von elektrischen Schalt- und Verteilereinrichtungen installiert sind und die sich in Nähe des zentralen Kontrollraums befinden, ortsfeste CO₂-Löschanlagen installiert. Die Funktionsfläche und das Rohrleitungsnetz der Anlage wird entsprechend den Raummaßen und entsprechend den Anforderungen des zu schützenden Objektes festgelegt. Die CO₂-Anlagen können sowohl automatisch über die Brandmeldeanlage als auch manuell ausgelöst werden. Die Löschmittelvorräte werden außerhalb der zu schützenden Räume aufgestellt und sind so ausgelegt, daß Undichtigkeiten in den Raumumfassungsbauteilen kompensiert werden und eine Zweitlöschung möglich ist. Die Auslösung wird optisch in der Kontrollwarte und in Nähe der Löschstelle angezeigt. Durch diese optische und eine zusätzliche akustische Signalgebung wird evtl. im Löschbereich vorhandenes Personal aufgefordert, den Raum zu verlassen und die Zugänge zu schließen.

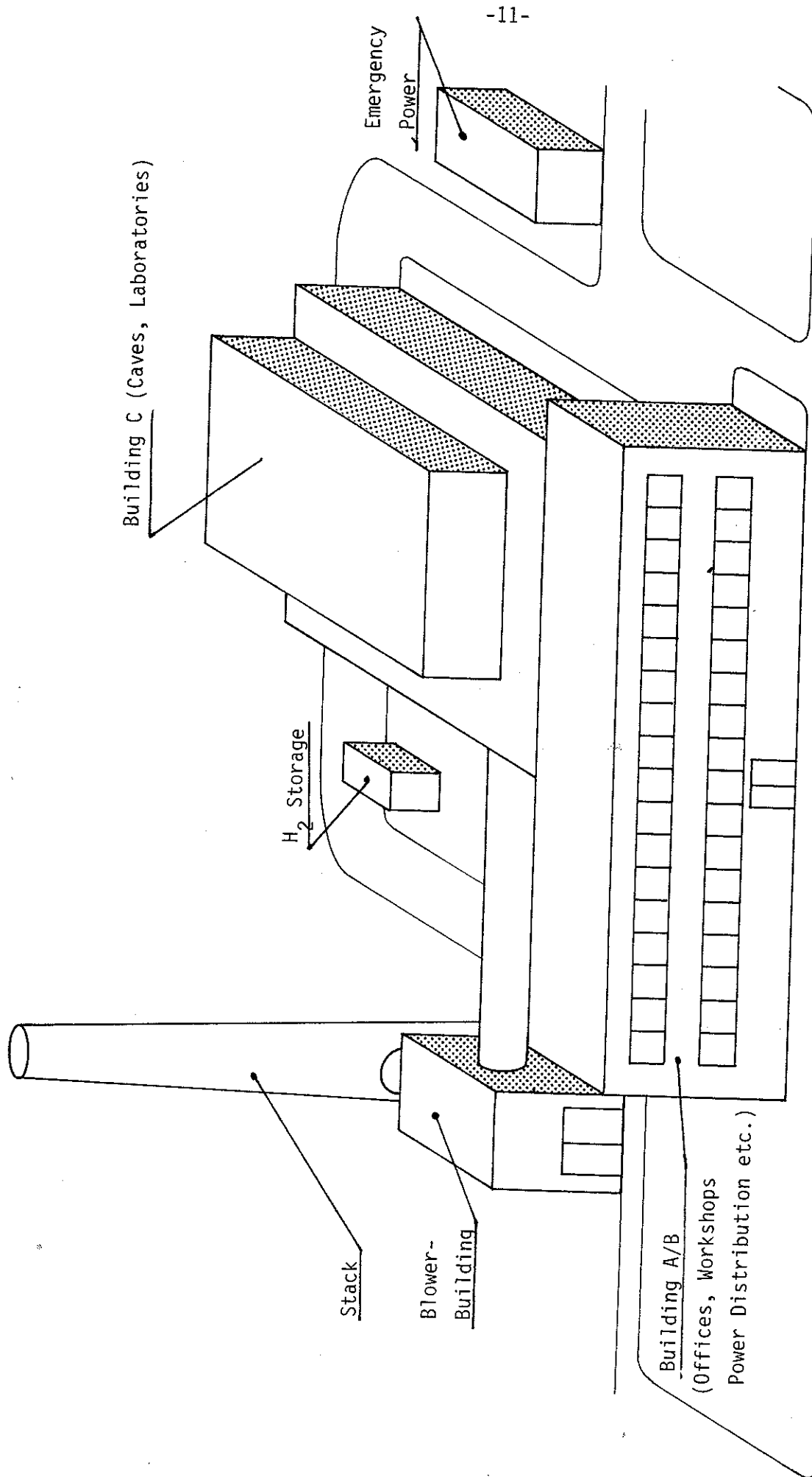
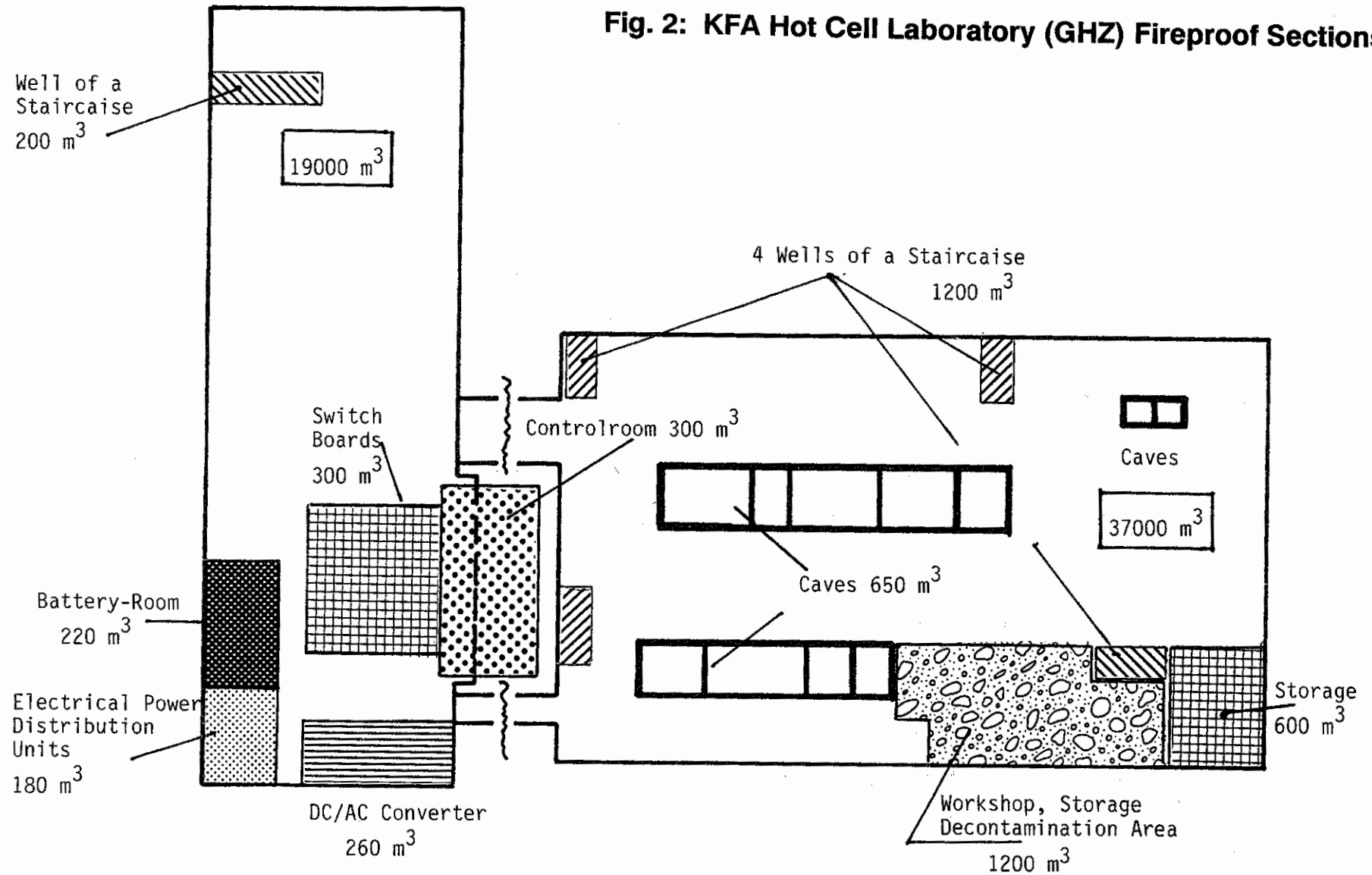


Fig. 1: KFA Hot Cell Laboratory (GHZ)

Fig. 2: KFA Hot Cell Laboratory (GHZ) Fireproof Sections



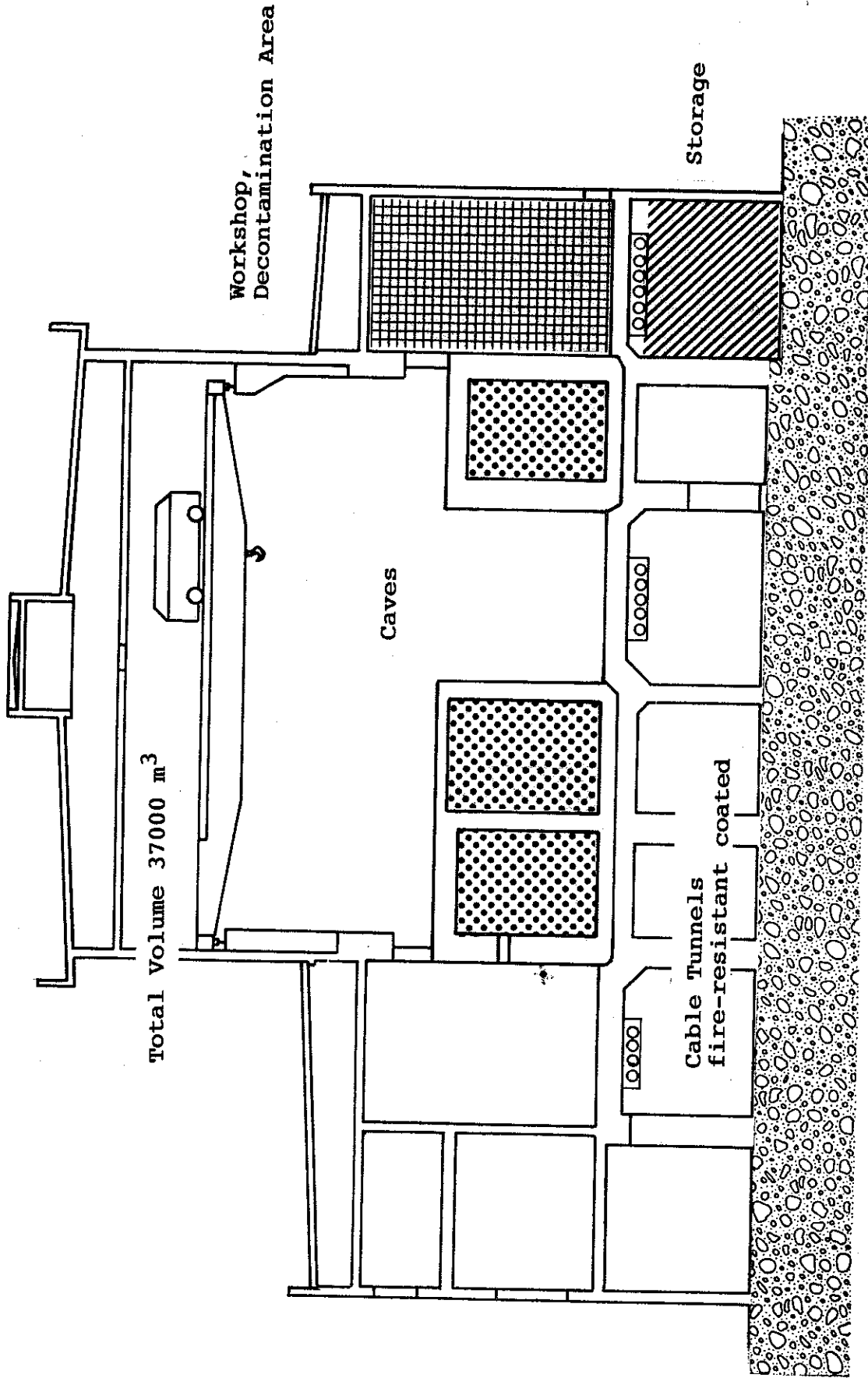


Fig. 3: KFA Hot Cell Laboratory (GHZ) C Building Sectional Drawing

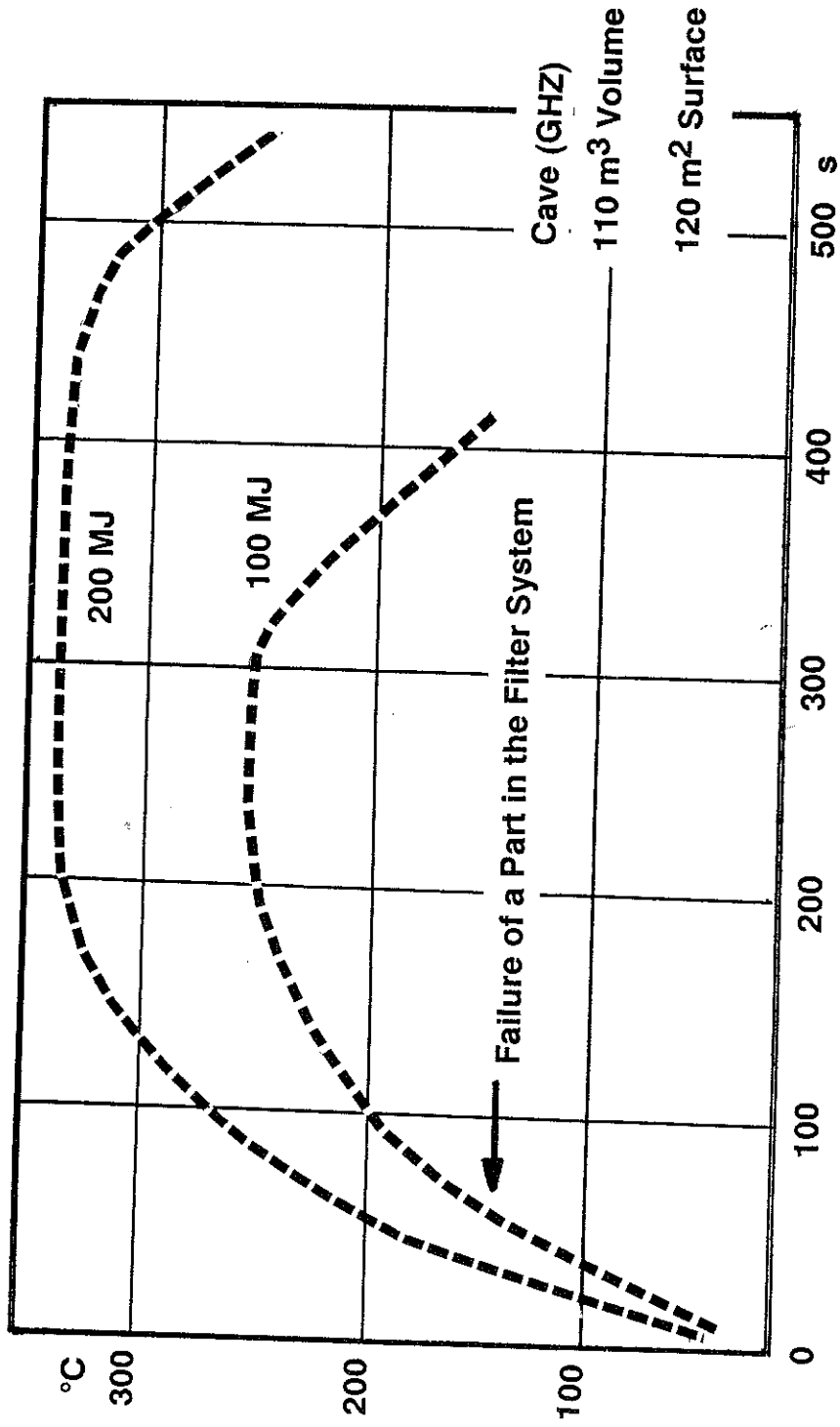


Fig. 4: Gas Temperature in a Cave (GHZ) during a Fire

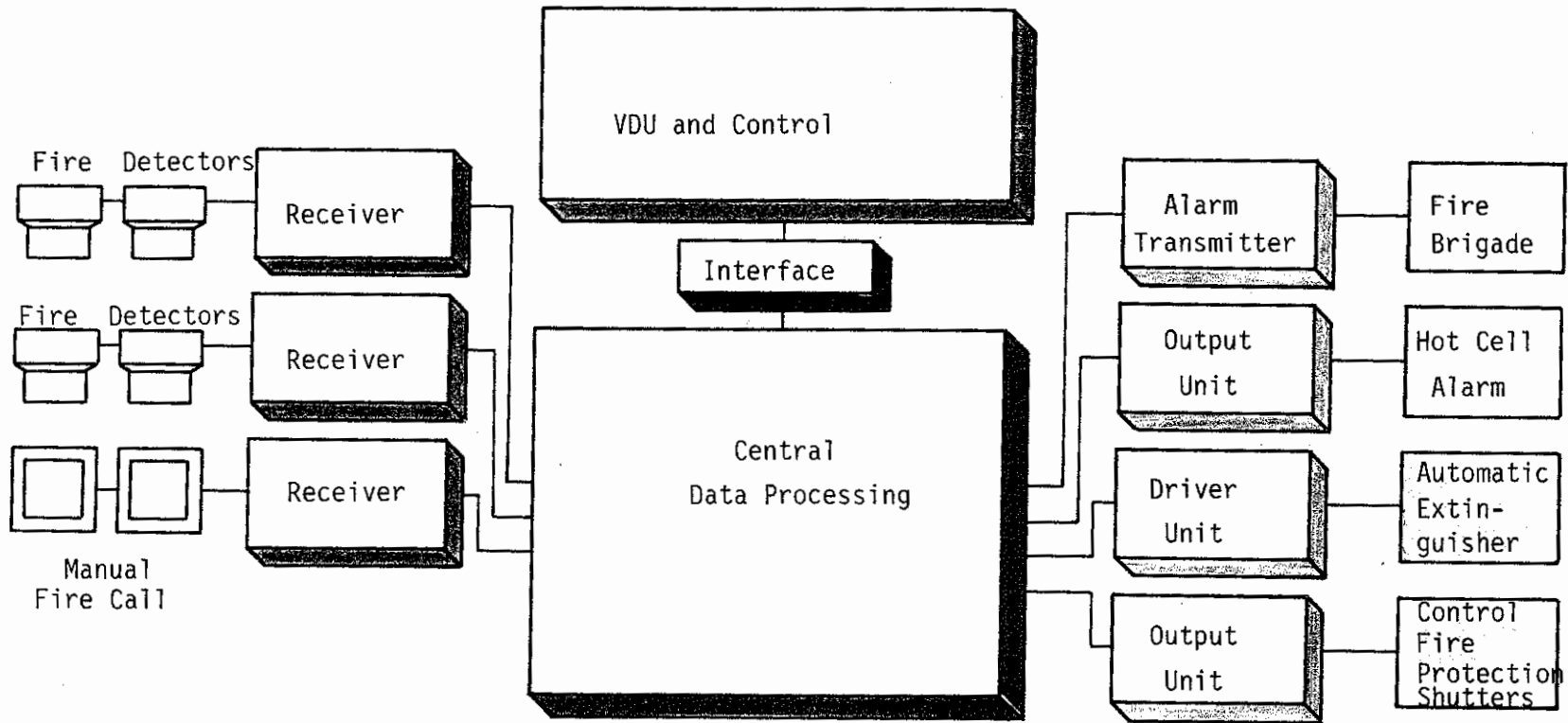


Fig. 5: Functional Sceme of Fire Alarm System

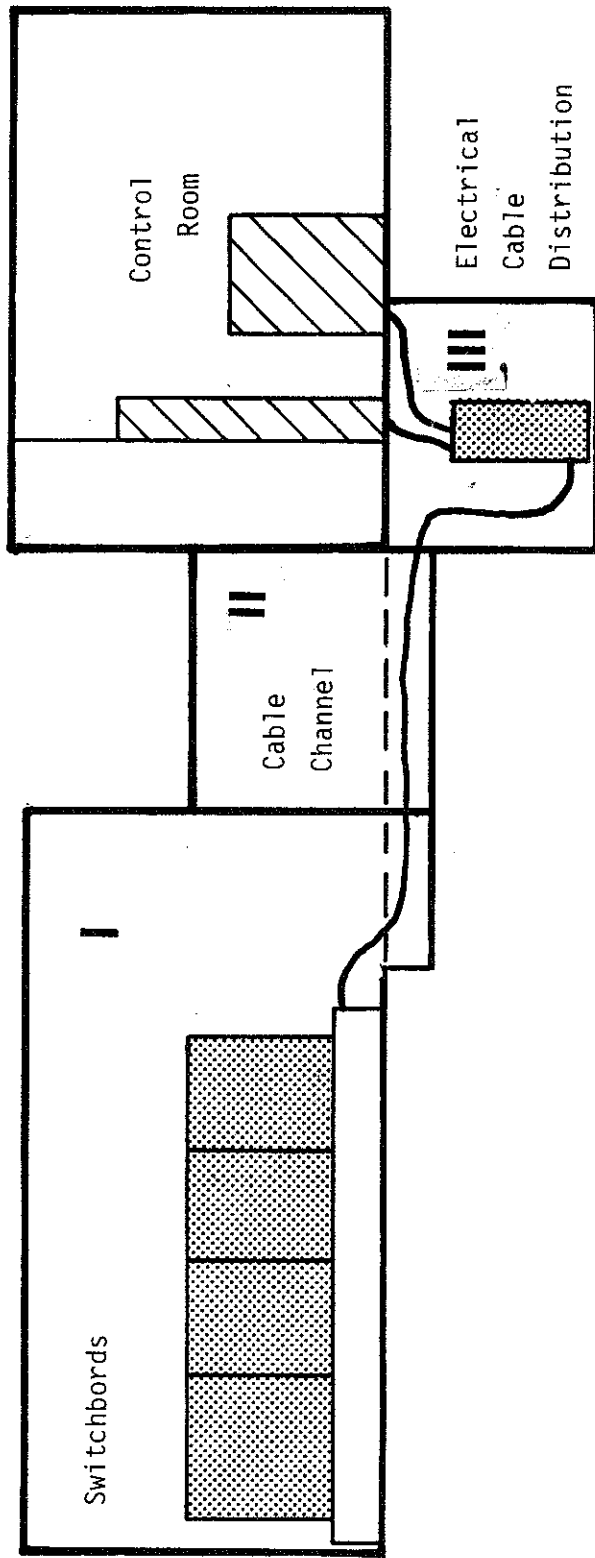


Fig. 6: CO₂ Extinguisher in fixed Positions (I, II, III)