

5 Feuerschutz

Fire Protection, ATA 26

5.1 Definition

Die Einheiten und Komponenten, die Feuer und Rauch erkennen und anzeigen, die weiterhin Feuerlöschmittel speichern und in alle geschützten Bereiche weiter verteilen. Beinhaltet Flaschen, Ventile, Rohrleitungen, ect. (ATA 100)

5.2 Detektionsgrundlagen

Die Brandentdeckung beinhaltet den Teil der Feuerschutzanlage, der Überhitzung, Rauch oder Feuer erkennen kann (ATA 100).

Es gibt verschiedene **Wege einen Brand zu entdecken:**

- **direkte Überwachung** durch die Cockpit- oder die Kabinenbesatzung (optische Wahrnehmung, empfinden von Wärme oder eines Geruchs)
- **Übertemperaturfühler**
- **Rauchmelder**
- Temperaturänderungssensor
- Videoüberwachung
- Faseroptische Feuermelder
- Wärmebildkamera
- Abstrahlungsfühler
- Feuermelder im Flugzeug, der auf ultraviolettes Licht reagiert
- Entdecken von Verbrennungsgasen, wie CO oder CO₂

Ausgewiesene **Feuerzonen** müssen mit einer Feuerwarnanlage und einer Löscheinrichtung ausgestattet sein. Es handelt sich dabei um den:

- Triebwerksbereich (power plant compartment) (CS 25.1181)
- Einbauraum des Hilfstriebwerks (auxiliary power unit, APU compartment) (CS 25.A1181)
- Einbauraum eines Verbrennungsheizers (combustion heater chamber) (CS 25.859)

Im Frachtraum (cargo compartment) sind bestimmte Feuerwarnanlagen und Löscheinrichtungen vorgeschrieben. Dies ergibt sich aus der **Frachtraumklassifizierung** (cargo compartment classification) (CS 25.857).

- *Klasse A*: Frachträume sind zugänglich während des Fluges. Ein Feuer würde sehr einfach zu entdecken sein, wenn ein Besatzungsmitglied sich auf einem entsprechenden Flugbegleitersitz befindet. Ein mögliches Feuer wäre mit einem Handfeuerlöscher zu löschen.
- *Klasse B*: Frachträume bieten eine Zugangsmöglichkeit während des Fluges. Dies ermöglicht es einem Besatzungsmitglied, ein mögliches Feuer mit einem Handfeuerlöscher zu löschen. In den Frachträumen befinden sich Rauch- oder Feuermelder zur Überwachung.
- *Klasse C*: Frachträume sind mit einem Rauch- oder Feuermelder und einem integriertem Feuerlöschsystem ausgerüstet.
- *Klasse D*: Frachträume sind in der Lage ein Feuer komplett einzudämmen. Die Sicherheit des Flugzeugs ist dabei nie gefährdet.

Toiletten (lavatories) müssen mit einem Rauchmelder ausgestattet sein. Ferner muss für jeden Abfallbehälter ein integriertes Feuerlöschsystem installiert sein (CS 25.854)

Weitere Bereiche die eine Feuerwarnanlage aufweisen können, sind der Avionikraum (avionic compartment) sowie der Fahrwerksschacht (landing gear bay).

Feuermelder

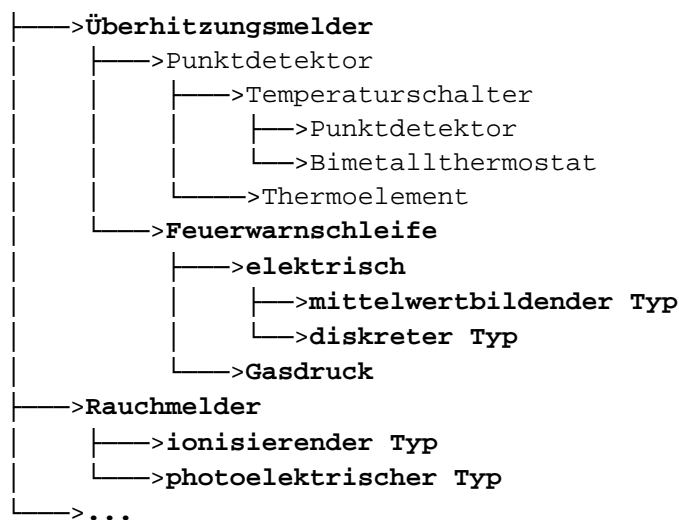


Bild 5.1 Übersicht der am häufigsten verwendeten Detektionsgeräte

Feuerwarnmelder sind üblicherweise *Überhitzungsmelder* oder *Rauchmelder*. Seit den Anfängen bis heute werden **Feuerwarnanlagen** für Flugzeuge von nur wenigen US-Firmen entwickelt: *Walter Kiddle*, *Fenwal*, und *Systron-Donner*. **Hillmann 2001** gibt einen detaillierteren Aufbau der Feuermelder. Bild 5.1 zeigt die Reihenfolge, nach der die einzelnen Detektionsgeräte im Folgenden beschrieben werden.

5.3 Überhitzungsdetektion

In den 1940er-Jahren wurde die Überhitzungsdetektion (overheat detection) in der Triebwerksgondel, mit Hilfe von *Bimetallschaltern* (thermal switch) oder *Thermoelementen* (thermocouple) durchgeführt. Mehrere Schalter wurden parallel verschaltet und an verschiedenen Stellen am Triebwerk positioniert. Der Feueralarm wurde aktiviert, wenn einer der Schalter auslöste. Man stellte fest, dass **Punkt-detektoren** nur einen begrenzten Bereich abdecken konnten. Die Positionierung des Punktdetektors war daher der entscheidende Faktor für den Erfolg des Systems.

Anfang der 1950er-Jahre wurden **Feuerwarnschleifen** (continuous-loop detector) in der Flugzeugindustrie eingeführt. Diese Technologie wurde die am häufigsten verwendete Detektionsmethode für Flugzeugtriebwerke bis heute. Hervorragend funktionieren *elektrische Feuerwarnschleifen* (electric continuous-loop detector) und *Gasdruckschleifen* (pneumatic continuous-loop detector). Bei elektrischen Feuerwarnschleifen unterscheidet man den *Mittelwert bildenden Typ* (averaging type) und den *diskretisierenden Typ* (discrete type) (Bild 5.2).

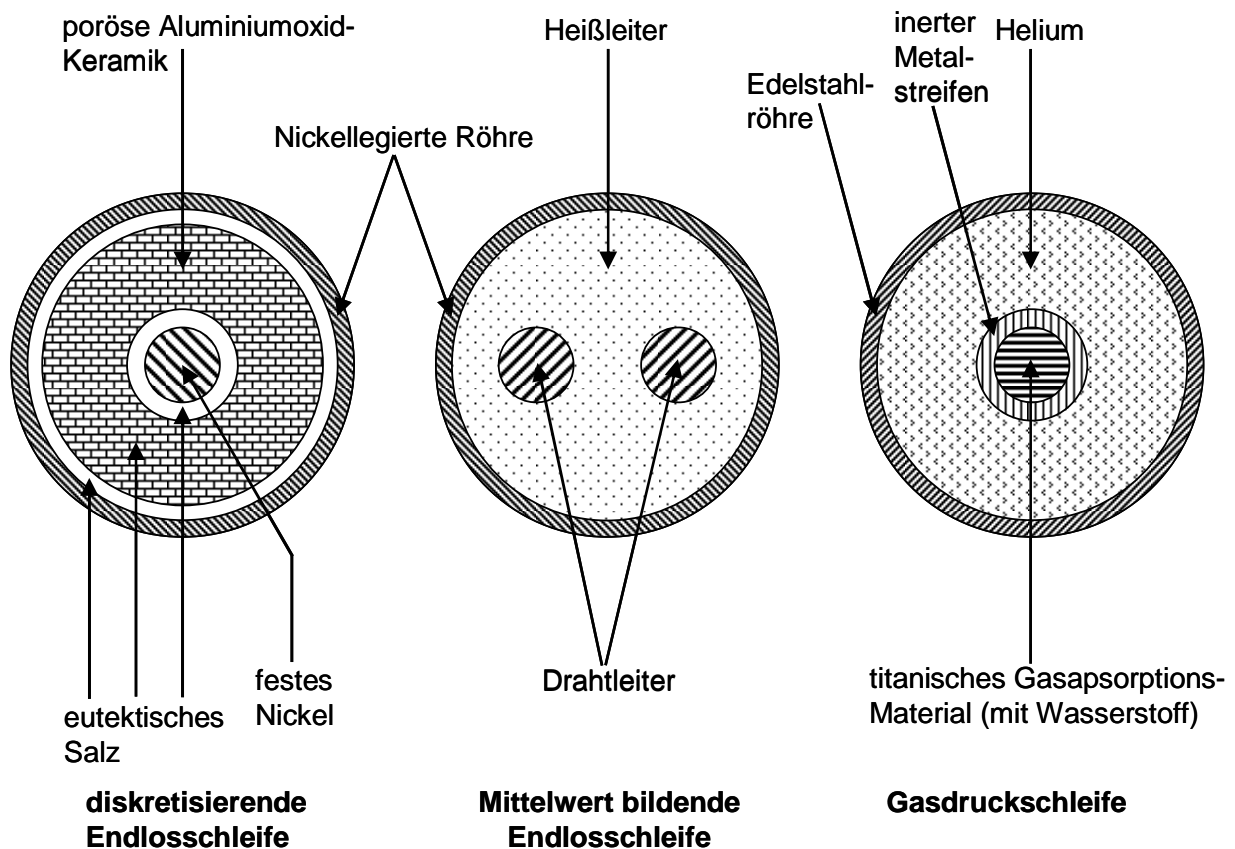


Bild 5.2 Querschnitte von Feuerwarnschleifen

Bei einigen Varianten der elektrischen Feuerwarnschleife, ist die Schwelle bis zum Auslösen abhängig vom erwärmten Bereich. Diese Art der Schleife wird auch **mittelwertbildende**

Endlosschleife (averaging electrical continuous-loop detector) genannt. Dabei wird eine durchschnittliche Temperatur über die gesamte Schleifenlänge ermittelt. Diese Art der Detektoren überprüfen entweder einen sich verändernden, elektrischen *Widerstand* oder eine Verknüpfung aus *Widerstands- und Kapazitätsänderung*. Elektrische Feuerwarnschleifen bestehen aus einem oder zwei Drahtleiter(n) (wire conductor). Sie sind umgeben von einem keramischen Heißleiter (thermistor) und eingeschlossen in einer metallischen Röhre. Steigt die Umgebungstemperatur an, so nimmt der Widerstand zwischen dem inneren Leiter und der äußeren Röhre ab, während sich die Kapazität vergrößert. Befinden sich zwei innere Leiter in der Halbleiterschleife, so wird die Widerstandsänderung zwischen den beiden Leitern gemessen. Fällt der Widerstand zwischen dem inneren Leiter und der äußeren Röhre unter ein vorher festgelegtes Niveau (und/oder nimmt die Kapazität zu), entsprechend der gewünschten Alarmtemperatur, gibt die überwachende *Regeleinheit* ein Warnsignal ab. Ist die Gefahrensituation vorüber und damit die Temperatur wieder gesunken, steigt der Widerstand die Kapazität hingegen sinkt, wodurch der Alarm aufgehoben wird. Es können eine Vielzahl an Widerstands-/Kapazitätseinstellwerten genutzt werden, um mehrere Alarmschwellen abzudecken und somit auf Feuer oder Wärme hinzuweisen.

Kurz nach der Einführung des Detektionssystems vom mittelwertbildenden Typ, wurde die **diskretisierende Endlosschleife** (discrete type electrical continuous-loop detector) eingeführt (Bild 5.3). Um die Alarmschwelle zu erreichen, nutzt das System des diskretisierenden Typs Messfühler, die unabhängig von der erwärmten Schleifenlänge sind. Dieser Typ ähnelt im Aufbau dem des Mittelwert bildenden Typs. Er besteht ebenfalls aus einem oder zwei Drahtleiter(n), die von einem keramischen Kernmaterial umgeben und in einem metallischen Rohr eingeschlossen sind. Das keramische Kernmaterial ist mit eutektischem Salz imprägniert. Das Salz schmilzt bei der eutektischen Temperatur, wobei nur ein kleiner Bereich der elektrischen Feuerwarnschleife erwärmt werden muss. Dabei kommt es zu einem rapiden Abfall des elektrischen Widerstands zwischen dem inneren Leiter und dem äußeren Rohr (ebenso nimmt die Kapazität zu), wodurch die überwachende Regeleinheit ein Warnsignal abgibt. Die Charakteristika des diskretisierenden Typs sind überragend. Sie liefern zuverlässige Warnungen von kleinen, örtlichen Erwärmungen, wie z.B. von Leckagen in einer Zapfluftleitung. Aufgrund der Beschaffenheit dieses Typs, kann er keine mehrfachen Alarmschwellen abdecken oder Temperaturtendenzen feststellen.

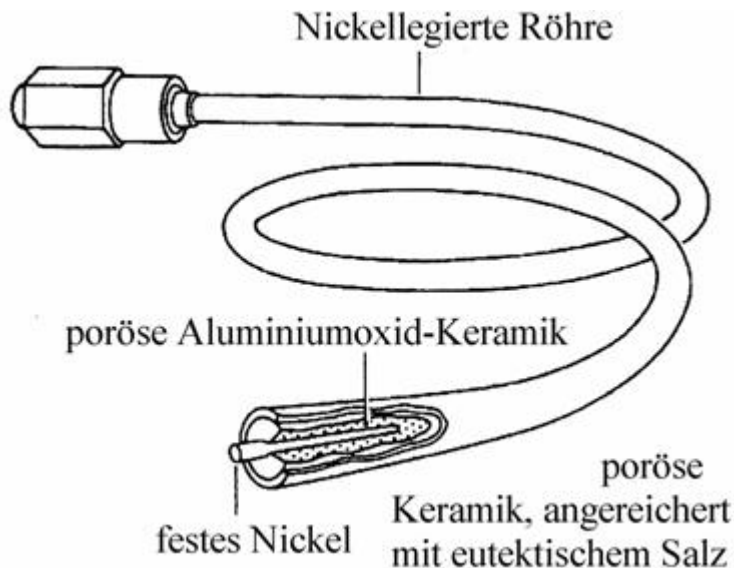


Bild 5.3 Diskretisierende Endlosschleife (A321 Pneumatikversorgung)

Gasdruckschleifen basieren auf dem Anstieg des Gasdrucks, um die Alarmschwelle zu erreichen. Diese Messfühler besitzen einen mit Wasserstoff angereicherten Kern, der von Helium umgeben und in einer metallischen Röhre eingeschlossen ist. Steigt die Umgebungstemperatur an, so nimmt der Gasdruck des Heliums zu, wodurch ein Druckschalter betätigt und der Alarm ausgelöst wird. Fällt die Temperatur ab, so reduziert sich der Gasdruck und der Alarm wird gestoppt. Tritt eine örtliche Erwärmung der Gasdruckschleife auf, so strömt Wasserstoff aus dem Kern aus, wodurch der Innendruck erhöht wird und der Druckschalter geschlossen wird. Kühlt sich der Messfühler ab, so strömt der Wasserstoff zurück in den Kern, womit der Gasdruck reduziert und der Alarm erlischt. Ein Leck im Sensor kann über einen Fehlerschalter (integrity switch) festgestellt werden, der sich bei einem Druckabfall öffnet (Bild 5.4).

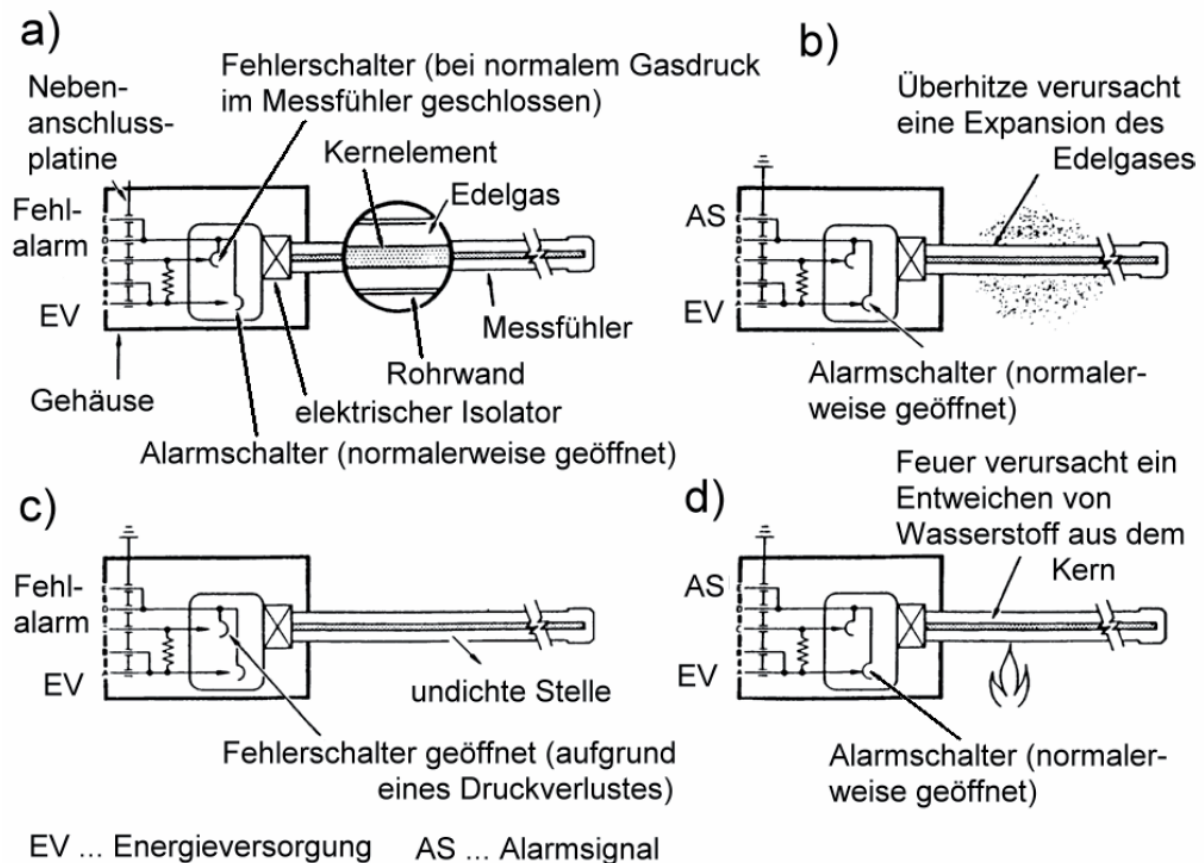


Bild 5.4 Prinzip einer Gasdruckschleife (Beispiel: Airbus A321). a) Bereitschaftszustand, b) Alarmzustand aufgrund von Überhitzung (overheat), c) Fehlerzustand (fault state) aufgrund einer undichten Stelle im Messfühler, d) Alarmzustand (alarm state) aufgrund eines lokalen Feuers

Die Überhitzungsdetektion kann z.B. am *Triebwerk*, am *Hilfstriebwerk*, an *Zapfluftventilen* und im *Fahrwerksschacht* angewandt werden.

5.4 Rauchdetektion

Systeme zur Rauchdetektion (smoke detection) werden primär zur Brandentdeckung im Frachtraum eingesetzt. Während in den letzten 50 Jahren neue Elektronik- und Optikkomponenten sowie Prozessalgorithmen eingeführt wurden, hat sich an dem grundlegenden Mechanismus der Detektoren nichts geändert. Es gibt zwei Grundauslegungen von Rauchmeldern: *ionisierende* (ionization type) und *photoelektrische* (photoelectric type).

Ionisierende Rauchmelder (ionization-type smoke detectors) überwachen ionisierte Verbrennungsnebenprodukte beim Passieren eines elektrischen Feldes. Photoelektrische Rauchmelder (photoelectric type smoke detector) messen die Abschwächung, Reflektion,

Brechung und oder Absorption des Lichtes in einem bestimmten Frequenzspektrum. Ionisierende Rauchmelder werden schon seit längerem verwendet. Es ist üblich ein radioaktives Isotop als Bestrahlungsquelle für die Verbrennungsnebenprodukte zu verwenden (Bild 5.5). Dabei kann es jedoch passieren, dass das radioaktive Isotop auch Staub oder kleine Wassertropfen bestrahlt. Dieses Phänomen macht die ionisierenden Rauchmelder unzuverlässig. Ionisierende Rauchmelder wurden in Verkehrsflugzeugen vor allem in den Toiletten und im Frachtraum, verwendet.

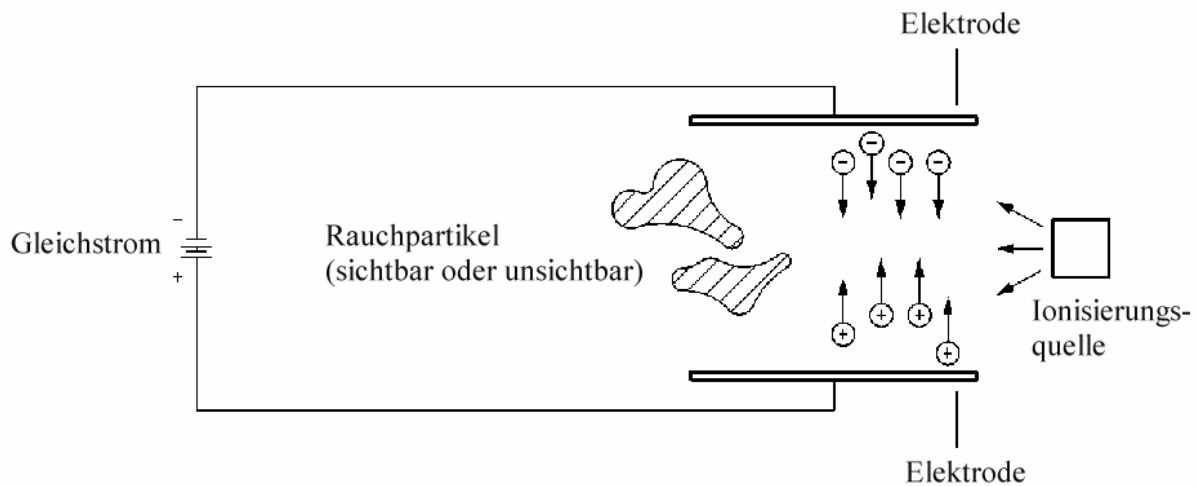


Bild 5.5 Prinzip eines Ionisations-Rauchmelders (A321)

Photoelektrische Rauchmelder sind mittlerweile zum Industriestandard geworden. Das bedeutet jedoch nicht, dass sie frei von Fehlern sind. In der Vergangenheit haben die Detektoren sich als problematisch erwiesen. Die am häufigsten im Frachtraum verwendeten photoelektrischen Rauchmelder stammen aus der Raumfahrt. Sie basieren auf Lichtbrechung oder Lichtstreuung durch feine Partikel, zwischen einer Strahlungsquelle und einem Detektor. Dabei wird eine langlebige LED (light emitting diode) als Lichtquelle verwendet.

Die verwendeten Rauchmelder besitzen jedoch noch viele Grenzen. Der Betriebserfolg hängt sehr von ihrer Platzierung in Bezug auf die Feuerquelle ab. Aber es gibt auch **Probleme mit anderen Detektoren**, wie z.B. der Videokamera bzw. der Wärmebildkamera. Eine Kamera ist nicht in der Lage den gesamten Frachtraum zu überwachen, so dass zukünftige Lösungen nicht nur auf Kameras basieren dürfen. Versteckte Feuer und/oder Feuer in LD3 Containern würden unentdeckt bleiben. Daher sind einzelne, auf Wärme basierte Systeme ebenfalls ungünstig. Ferner ist eine CO oder CO₂ Überwachung nicht fehlerfrei. Diese Gase können auch eine andere Quelle, als ein Feuer besitzen.

Rauchmelder können im *Frachtraum*, in den *Toiletten*, *Küchen* (galleys) und im *Avionikraum* eingesetzt werden.

5.5 Grundlagen der Feuerlöschung

Das Feuerlöschen beinhaltet den Teil des Feuerschutzsystems, der fest installierte oder tragbare Systeme umfasst (**ATA 100**).

Die **Feuerklassifizierung** schließt drei verschiedene Typen ein:

- *Klasse A:*
Feuer die auf gewöhnlichen, brennbaren Festkörpern, wie Holz, Papier, Gummi und viele Plastikarten, beruhen.
- *Klasse B:*
Feuer basierend auf brennbaren Flüssigkeiten, wie Ölen, Fetten, Farben, Lacken und Gasen.
- *Klasse C:*
Feuer die auf der elektrischen Ausrüstung beruhen.

Jede dieser unterschiedlichen Feuerquellen, erfordert eine entsprechende **Löschmethode**:

- Feuerlöscher die auf *Wasser* basieren, werden nur für Klasse A Feuer verwendet. Wasser darf nie für Feuer der Klasse C angewandt werden. Bei Klasse B Feuer, kann Wasser sogar kontraproduktiv sein.
- *CO₂* Feuerlöscher werden speziell für Klasse C Feuer genutzt. Ein tragbarer *CO₂* Feuerlöscher besteht aus einer trichterförmigen Düse. Sie ermöglicht es, dass *CO₂* Gas nah am Brandherd auszustoßen.
- Feuerlöscher die *trockener Chemikalien* als Löschmedium verwenden können für alle Feuerklassen angewandt werden. Bei der Verwendung solcher Feuerlöscher im Cockpit, kann es passieren, dass die Sicht stark eingeschränkt wird. Zudem könnte das nichtleitfähige Löschmittel die elektrischen Kontakte der Ausrüstung stören.
- *Halon* wird ausschließlich in Feuerlöschern in Flugzeugen verwendet.

In den *späten 1950er Jahren* wurde als Feuerlöschmittel der sehr effektive, halogenierte Kohlenwasserstoff (später als *Halon* bezeichnet) eingeführt. Das überwiegend eingesetzte Löschmittel für fest installierte Brandschutzsysteme war Methylbromid (methylbromide, *Halon 1001*) und Bromchlormethan (bromochloromethane, *Halon 1011*). **Halon 1011** ersetzte schließlich das *Halon 1001* für die Feuerlöschsysteme der Triebwerke, da es eine geringe Giftigkeit und Korrosionsgefahr aufweist.

Die *Halone* die zu *Anfang der 60er Jahre* eingeführt wurden, besaßen eine geringe Giftigkeit als das *Halon 1011*. In den darauf folgenden 30 Jahren ersetzte das Bromtrifluormethan für hohen Dampfdruck (higher vapor pressure bromotrifluoromethane, *Halon 1301*) im Wesentlichen das *Halon 1011*. Auf Grund des höheren Drucks benötigte man für das **Halon 1301** keine komplizierten Austrittsdüsen mehr. Das auf dem *Halon 1301* basierende Brandschutzsys-

tem war so ausgelegt, dass das Löschmittel bei sehr hohem Druck austritt. Diese Konzept nannte man *high rate discharge* (HRD) Konzept. Bei diesem System wurde das Halon mit bis zu 600 psi (40 bar) ausgestoßen.

Tragbare Dibromfluormethan (dibromofluoromethane, **Halon 1211**) und/oder auf Wasser basierende Feuerlöscher haben sich bei zugänglichen Feuern bewährt.

In den letzten Jahren ist der Bedarf an **Alternativen** zum Halon gestiegen. Ursache dafür sind internationale Vereinbarungen, die die Produktion und Verwendung von Ozon schädigenden Substanzen, verbieten. Jedoch ist der Gebrauch von Halonen für wichtige Anwendungen weiterhin gestattet. So darf in der Luftfahrt, weiterhin Halon verwendet werden, bis ein alternatives Löschmittel entwickelt, erprobt und genehmigt ist. Bis dahin ist der bestehende Vorrat an Halon, aus der Demontage vorhandener Brandschutzsysteme, ausreichend für den Bedarf der Luftfahrt. Studien möglicher Alternativen haben gezeigt, dass es keinen wirklichen Ersatz für das Halon 1301 gibt. Jeder Anwärter war in mindestens einer Eigenschaft schlechter.

5.6 Triebwerks- und APU-Feuerlöschanlage

Die Prozedur zur Bekämpfung eines Feuers im Triebwerk oder der APU ist:

Erster Schritt: **Triebwerk ausschalten** und die Zufuhr brennbarer Flüssigkeiten (Treibstoff, Hydraulikflüssigkeit und Triebwerksöl) zum Triebwerk unterbrechen. Dies ist notwendig, damit das Löschesystem am Triebwerk wirksam werden kann. Würden die Triebwerke nicht ausgeschaltet, so würde das Feuer vermutlich wieder aufflammen. Aus diesem Grund werden Feuerlöschesysteme nur in Flugzeugen mit mehreren Triebwerken verwendet.

Zweiter Schritt: Das **Löschmittel fließt von einem Druckbehälter** über Rohre in den versorgten Bereich des Triebwerks und wird dort versprüht.

Dritter Schritt: Sollte nach einer gewissen Zeit (30s) die Feuerwarnung noch bestehen, so kann **weiteres Löschmittel aus einem zweiten Druckbehälter** (wenn verfügbar für das Triebwerk), genutzt werden.

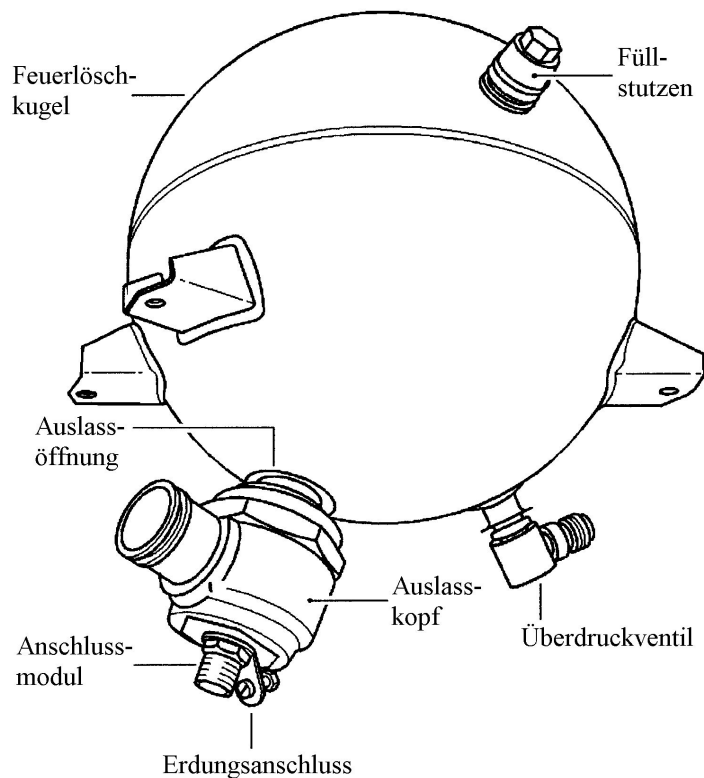


Bild 5.6 Feuerlöschkugel (A321)

Das Löschmittel befindet sich in einem Hochdruckbehälter, der auch als *Flasche* bezeichnet wird. **Der kugelförmige Druckbehälter** besitzt das beste Gewicht-Volumen-Verhältnis, um die größte Menge an Löschmittel aufzunehmen und bietet die beste Spannungsaufnahme. Daher ist der kugelförmige Druckbehälter die allgemeine Wahl (Bild 5.6). Weitere Details über die Auslegung sind CS 25.1199 zu entnehmen.

Das Löschen eines Feuers an der APU ist vergleichbar mit dem an einem Triebwerk. An der APU befindet sich jedoch nur eine Feuerlöschkugel.

5.7 Feuerlöschanlage im Frachtraum

Ist der Frachtraum zugänglich, so wird ein mögliches Feuer traditionell mit einem Handfeuerlöscher bekämpft. Unzugängliche Frachträume sind hingegen durch ein fest installiertes Brandschutzsystem geschützt.

Entsprechend dem Triebwerkslöschsystem muss das Frachtraumlöschsystem in der Lage sein, zu Anfang eine große Menge an Löschmittel zur Verfügung zu stellen, um das Feuer möglichst

rasch zu ersticken. Da dies jedoch nicht garantiert ist, muss das Frachtraumlöschsystem noch eine geringe Menge an Löschmittel bereithalten. Der Frachtraum ist somit vor der Entstehung bzw. vor der Ausbreitung eines Feuers geschützt. Der zu überbrückende Zeitraum beträgt 60 min. Im Falle der ICAO-Regeln *Extended range Twin Operations* (ETOPS) liegt die Zeitspanne wesentlich höher.

Ein typisches Frachtraumlöschsystem besteht aus zwei Feuerlöschleinheiten, die über ein Rohrnetz miteinander verbunden sind und so einen, oder mehrere Frachträume abdecken. Der erste Feuerlöscher ist nach dem *high rate discharge* Konzept ausgelegt und dadurch in der Lage, anfänglich eine große Menge an Löschmittel auszustößen. Der zweite Feuerlöscher ist dann nach dem *low rate discharge* (LRD) Konzept aufgebaut und enthält nur noch eine geringe Menge an Löschmittel.

5.8 Löschmethoden in der Passagierkabine

Feuer die im Cockpit oder in der Passagierkabine auftreten können entsprechen der Klasse A, B und C. Die Anzahl an Handfeuerlöschern die ein Flugzeug an Bord haben muss, sind in CS 25.851 vermerkt.

Bei Flugzeugen die eine Kapazität von 20 Passagieren oder mehr besitzen, muss über jedem Abfallbehälter in den Toiletten, ein Feuerlöscher installiert sein. Der Feuerlöscher muss in der Lage sein selbstständig auszulösen (CS 25.854).

5.9 Beispiel: Airbus A321

Für jedes Triebwerk stehen zwei *Löschflaschen* zur Verfügung. Beide Löschflaschen sind mit *Feuerlöschleitungen* verbunden. Die Leitungen befinden sich im Triebwerksstil (Pylon) und enden an den *Austrittsdüsen* in der Nähe des Triebwerks. Das Löschmittel der zweiten Kugel kann verwendet werden, wenn der Feueralarm nach dem Auslösen der ersten Kugel nicht erloschen ist. Die Löschkugeln werden über den „DISCH“ (discharge) Knopf im Cockpit ausgelöst. Dabei werden in der *Patrone* an der Kugel, *zwei Drähte* an eine 28V Gleichspannung angeschlossen (siehe Bild 5.6). Die Drähte entzünden dabei 400 mg explosives Pulver. Durch die Explosion zerbricht in der *Patrone* eine *Berstscheibe*, sodass das Löschmittel unter hohem Druck ausströmen kann.

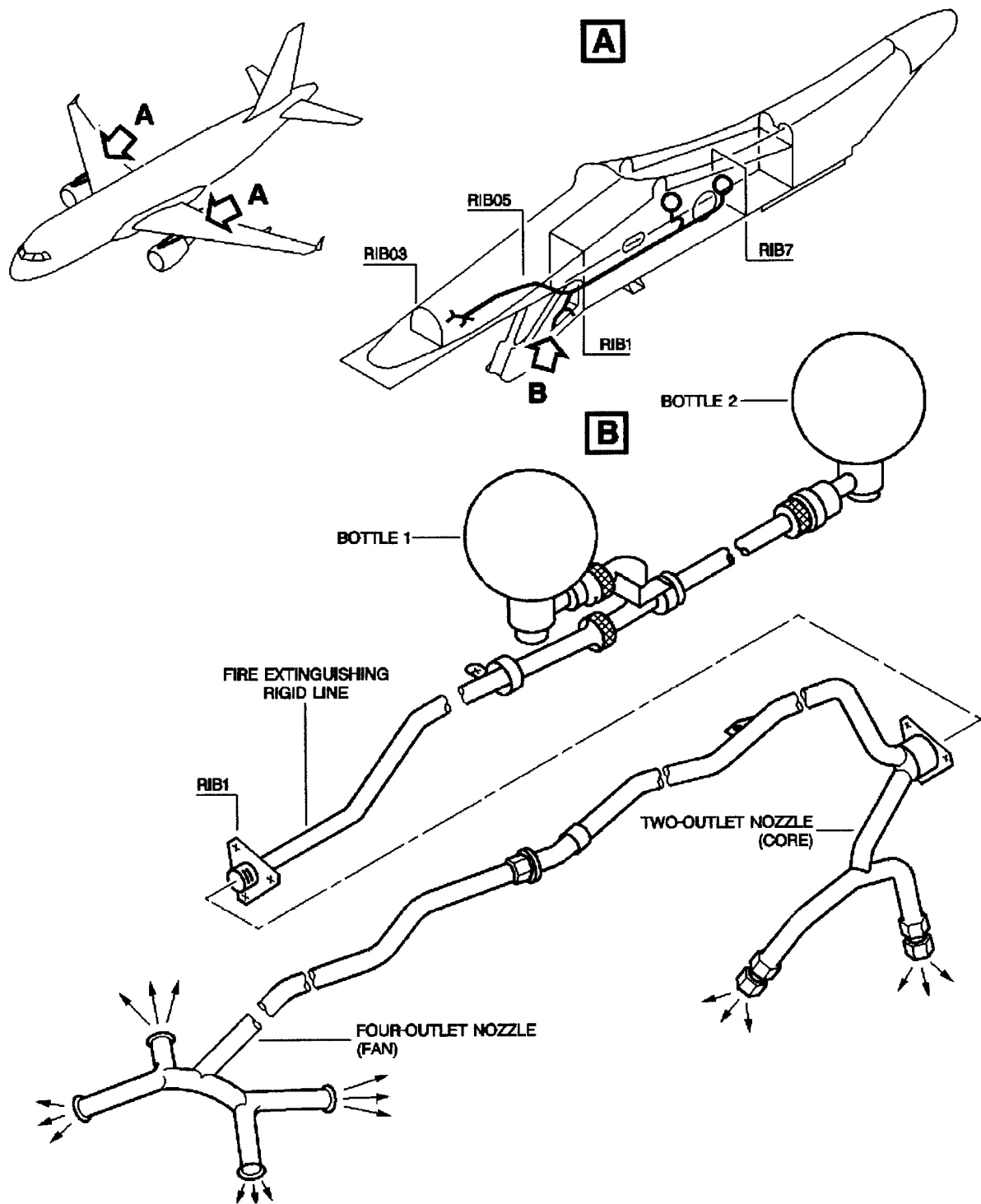


Bild 5.7 Feuerlöscher- und Löschmittelverteilungs-system im A321