



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Institut für Reaktorwerkstoffe / Heiße Zellen

BRANDSCHUTZ, BRANDERKENNUNG UND
BRANDBEKÄMPFUNG IN HEISSEN ZELLEN

von

M. Herren

vorgelegt

bei der Tagung der Euratom-Arbeitsgruppe

"HOT CELL AND REMOTE HANDLING TECHNOLOGY"

Jülich, 28.-29. September 1988

Brandschutz, Branderkennung und
Brandbekämpfung in Heissen Zellen

von

M. Herren

Zusammenfassung

Brandschutz ist ein wichtiger Bestandteil aller Sicherheitsbetrachtungen. Am Beispiel der Großen Heissen Zellen der KFA wird versucht, darzulegen, welche Maßnahmen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen erforderlich sind.

Verteiler:

IRW-Standard

HZ-Tagungsteilnehmer

I n h a l t

1. Einleitung
2. Brandschutzmaßnahmen
 - 2.1 Allgemeine Maßnahmen
 - 2.2 Brandschutzmaßnahmen für das Gebäude Heisse Zellen
 - 2.3 Brandschutzmaßnahmen für die Zellen
3. Brandmeldeanlagen
 - 3.1 Installierte Anlage
 - 3.2 Geplante neue Anlage
4. Brandbekämpfungsmaßnahmen
 - 4.1 Bei Bränden im Gebäude
 - 4.2 Bei Bränden in Zellen
5. Mögliche Auswirkung von Bränden
 - 5.1 Brände im Laborgebäude
 - 5.2 Brände in Zellen
 - 5.2.1 Schnellschlußklappen offen
 - 5.2.2 Schnellschlußklappen geschlossen
6. Bisherige Brände

1. Einleitung

Brände stellen entweder direkt oder indirekt große Gefahren für Gesundheit und Leben dar und sie verursachen erhebliche wirtschaftliche Schäden. Es ist deshalb wichtig, daß Brände möglichst verhütet werden. Sollten sie dennoch ausbrechen, müssen sie frühzeitig erkannt und bekämpft werden, um ihre Folgen gering zu halten. Durch vorbeugende Maßnahmen muß sichergestellt werden, daß eine Brandausbreitung begrenzt wird.

In kerntechnischen Anlagen, wie z.B. bei Heissen Zellen, ist ein besonderes Augenmerk den indirekten Folgen eines Brandes, die aus dem Umgang mit radioaktiven Stoffen entstehen können, zu widmen. Dabei kommt drei Punkten eine zentrale Bedeutung zu:

1. Die unzulässig hohe Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung muß verhindert werden.
2. Die Abschirmung für starke Strahlenquellen muß erhalten bleiben.
3. Wichtige Anlageteile (z.B. Sicherheitsinstrumentierung) müssen funktionsfähig bleiben bzw. ihr Ausfall darf nicht zu kritischen Situationen führen.

Auf der Basis der vorgesehenen Arbeiten in einem Labor mit Heissen Zellen muß schon bei der Planung ein Brandschutzkonzept erstellt werden, um die notwendigen baulichen Voraussetzungen zu schaffen.

Für die Heissen Zellen in Jülich ist dies auch geschehen. Jedoch haben sich die Rahmenbedingungen im Laufe der 20-jährigen Betriebszeit geändert. Zum einen werden mittlerweile mögliche Gefährdungen durch radioaktive Stoffe kritischer beurteilt und die baurechtlichen Vorschriften haben sich geändert, zum anderen wurden technische Brandschutzmaßnahmen (wie z.B. Brandschutzklappen, Brandmeldeanlagen) weiterentwickelt. Daraus folgt, daß das Brandschutzkonzept von Zeit zu Zeit durchdacht werden muß.

Dies erfolgte für die Großen Heissen Zellen der KFA 1987 durch die Erstellung eines Gutachtens im Auftrag der Genehmigungsbehörde.

2. Brandschutzmaßnahmen

2.1 Allgemeine Maßnahmen

Unabhängig von Schutzmaßnahmen für einzelne Bereiche sind allgemein für die KFA für den Brandfall Vorkehrungen getroffen. So verfügt die KFA über eine ständig besetzte Sicherheitszentrale, in der alle relevanten Störmeldungen eingehen (entweder über fest installierte Meldeleitungen, Notrufsäulen, "rote" Telefone oder das normale Telefonnetz). Von hier aus werden die Sicherheitsdienste (Werksberufsfeuerwehr, Strahlenschutzdienst usw.) alarmiert. Über eine zentrale Rufanlage können KFA-weit oder für einzelne Bereiche Räumungsanweisungen erfolgen.

2.2 Brandschutzmaßnahmen für das Gebäude Heisse Zellen

Die beiden Gebäudeteile (A/B-Teil mit Büros und C-Teil mit Kontrollbereich) der Großen Heissen Zellen bilden jeweils einen separaten Brandabschnitt. Die Treppenhäuser in den Gebäudeteilen sind zusätzlich gesichert. Zwischen den Gebäudeteilen sind alle Durchbrüche für Versorgungsleitungen feuerfest verschlossen, Lüftungsleitungen sind mit Brandschutzklappen versehen, die Türen entsprechen der Brandschutzklasse F 90 (Abb. 2). Die Brandgutmengen sind, besonders im C-Teil, relativ gering und könnten für konventionelle Anlagen außer Betracht bleiben. Wegen der besonderen Gefährdung beim Umgang mit radioaktiven Stoffen sind jedoch vorbeugende Maßnahmen notwendig. Zur Brandfrüherkennung, und damit Brandbegrenzung, wurde eine Brandmeldeanlage (s. Kap. 3) installiert. Es wurden zahlreiche Fluchttüren aus dem Kontrollbereich direkt nach außen vorgesehen. Zur Information der Mitarbeiter verfügen die Heissen Zellen über eine gebäudeeigene Ruf- und Warnanlage mit zahlreichen Sprechstellen. Im Gebäude verteilt befinden sich Fernsehkameras, um vom Kontrollraum aus gefährdete Bereiche überwachen zu können.

2.3 Brandschutzmaßnahmen für die Zellen

Solange bei einem Brand in einer Zelle alle Filterstufen intakt bleiben und die Entstehung eines Überdruckes verhindert wird, hat ein Zellenbrand keine Auswirkung nach außen. Da die eingesetzten Filter aber nur bis 130 °C beständig sind, muß der Brandschutz darauf abzielen, einen Zellenbrand so weit möglich zu verhindern.

Ganz allgemein sollen die Brandgutmengen in den Zellen so gering wie möglich gehalten werden.

Brennbare Flüssigkeiten der Gefahrenklasse AI, AII und B dürfen in den Zellen nicht verwendet werden.

Für besondere Arbeiten muß ein Sicherheitsblatt mit Abschätzung der Gefahren erstellt werden. Es werden dann im Einzelfall Sicherheitsmaßnahmen vorgeschrieben.

Eine dieser Maßnahmen ist z.B. der Betrieb der Zellen unter Stickstoffatmosphäre. Dazu können die Zellen vom Durchlüftungssystem getrennt und im Kreislaufbetrieb an eine Stickstoffanlage angeschlossen werden (Abb. 4).

3. Brandmeldeanlagen (Abb. 1)

3.1 Installierte Anlage

Im Gebäude der Heissen Zellen ist zur Zeit ein Feuerwarnsystem mit den 3 unterschiedlichen Meldertypen eingebaut:

- Temperaturmaximalmelder
- Temperaturdifferentialmelder
- Rauchmelder

	Gebäude	Zellen
- Temperaturmaximalmelder	x	x
- Temperaturdifferentialmelder		x
- Rauchmelder	x	

Die Temperaturmaximalmelder sprechen an, wenn eine Temperatur von 60 °C erreicht wird. Sie sind im gesamten Gebäude und in den Zellen verteilt installiert. Mehrere Melder eines Raumes oder von zueinander gehörenden Raumgruppen sind zu einer Meldeschleife zusammengefaßt.

Die Temperaturdifferentialmelder lösen aus, wenn ein Temperaturanstieg von $T \geq 2 \text{ °C/min}$ erreicht wird. Diese Melder sind in den Zellen eingebaut.

Die Rauchmelder sollen bei einem Schmelbrand mit Rauchentwicklung alarmieren. Sie sind in die verschiedenen Kanalabschnitte der Raumabluft eingebaut.

Die Meldeanlage befindet sich im sogenannten Relaisraum unmittelbar hinter dem zentralen Kontrollraum. Alarmmeldungen werden von hier als optische und akustische Einzelsignale auf einen Grundrißplan im Kontrollraum übertragen. Gleichzeitig wird ein Alarm als Sammelmeldung zur KFA-Sicherheitszentrale zur unmittelbaren Verständigung der Werksfeuerwehr weitergeleitet.

Aus heutiger Sicht ist die seit etwa 20 Jahren installierte Brandmeldeanlage nicht mehr optimal:

- Die Temperaturmaximalmelder sind teilweise aufgrund der Raumhöhen von möglichen Brandherden weit entfernt angebracht, d.h. sie sprechen erst bei relativ großen Bränden an.
- Die Rauchmelder in den Lüftungskanälen haben unterschiedliche Abstände zu den Lufteintrittsöffnungen bzw. überwachen längere Kanalsstücke mit mehreren Lufteintrittsöffnungen. Weiter sind Luftströmungsgeschwindigkeiten und Kanalquerschnitte unterschiedlich. Die Strömungs- und Durchmischungsverhältnisse sind also nicht konstant, d.h. in den überwachten Räumen oder Gebäudeteilen lösen unterschiedlich starke Rauchquellen die Rauchmelder aus.
Dies kann in ungünstigen Fällen dazu führen, daß ein Entstehungsbrand nicht sofort, sondern erst bei einer größeren Ausbreitung entdeckt wird.

- Die Brandmeldeanlage ist noch in Relais-technik aufgebaut. Der Reparatur- und Wartungsaufwand ist, besonders in Anbetracht des Alters der Anlage, ziemlich groß.
- Im Auslösefall verfügen die eingesetzten Melder nicht über eine Individualanzeige. Es müssen also immer alle Melder einer Schleife überprüft werden.
- Notwendige Ersatzteile sind nur noch schwierig zu beschaffen.

3.2 Geplante neue Anlage

Aus den vorgenannten Gründen wurde eine neue Brandmeldeanlage geplant.

Bei dieser Anlage kommen grundsätzlich wieder die 3 Meldertypen (Maximal, Differential, Rauch), wenn auch in neuer Technik zur Anwendung.

Die Zellen werden wieder mit Temperaturmaximal- und Temperaturdifferentialmeldern ausgerüstet. Allerdings sind jetzt Maximal- und Differentialteil kombiniert in einem Melder untergebracht.

Im übrigen Gebäude werden in der Regel anstelle der Temperaturmaximalmelder optische Rauchmelder direkt in den Räumen installiert. Nur an wenigen Stellen, wo mit Staub oder Rauch im normalen Betrieb gerechnet werden muß (z.B. Werkstattbereich) werden Maximalmelder vorgesehen.

Rauchmelder in Lüftungskanälen werden nicht mehr eingesetzt.

Die Brandmeldeanlage selbst wird direkt in das Tableau des Kontrollraumes eingebaut. Auf die Anzeige der Melder im Grundrißplan des Tableaus wird verzichtet, da an der Brandmeldeanlage auf einem Display Brandort, Meldernummer und -schleife im Klartext wiedergegeben werden.

4. Brandbekämpfungsmaßnahmen

4.1 Bei Bränden im Gebäude

Kleinere, sofort bemerkte Brände können mit überall im Gebäude vorhandenen Feuerlöschern bekämpft werden (Abb. 3). Das Personal wird regelmäßig mit der Benutzung dieser Geräte vertraut gemacht.

Unabhängig von dieser Erstmaßnahme wird die Werksberufsfeuerwehr entweder über die Alarmmeldung der Brandmeldeanlage oder die Notrufsysteme alarmiert.

4.2 Bei Bränden in Zellen (Abb. 5)

Zur Brandbekämpfung werden die folgenden Maßnahmen ergriffen:

- Am Steuerschrank vor jeder Zelle befinden sich Schaltelemente, mit denen die Zellenzuluftklappen geschlossen werden können. Die Abluftklappen regeln dann automatisch soweit nach, d.h. sie schließen ebenfalls weitgehend, so daß bei kleinstem Luftdurchsatz der Unterdruck aufrechterhalten bleibt.
Durch diese Maßnahme wird die Zufuhr von zusätzlichem Sauerstoff in die Zelle unterbunden.
Bei großen Zellen ist der Sauerstoffanteil jedoch trotzdem so groß, daß eine vollständige Verbrennung des Brandgutes möglich ist.

- Es wurde deshalb ein Stickstofflöschsystem vorgesehen. Aus einer Stickstoff-Flaschenbatterie kann über fest verlegte Leitungen Stickstoff in die Zellen geleitet werden. Der Stickstoffvorrat und die verlegten Leitungsquerschnitte erlauben jedoch keine Flutung der ganzen Zelle. Darum besteht der Stickstoffanschluß in der Zelle aus einem Edelstahlwellenschlauch mit Ausströmtrichter. Im Brandfall muß mit den Manipulatoren dieser Ausströmtrichter an den Brandherd herangebracht werden.
Dieses System eignet sich nur zur Bekämpfung von lokal begrenzten Entstehungsbränden.

- Als weitere Maßnahme wurden an jeder Zelle 1 oder 2 Durchführungsstopfen neben den Zellenfenstern eingesetzt, an die außen CO₂-Flaschen und innen flexible Schläuche mit Löschdüsen angekuppelt sind. Die Betätigung erfolgt manuell.
Mit dieser Löschvorrichtung lassen sich Brandherde gezielt bekämpfen und der Sauerstoffanteil in der Zellenatmosphäre wird soweit verringert, daß Brände erstickt werden.

5. Mögliche Auswirkung von Bränden

5.1 Brände im Laborgebäude

Aufgrund der Verteilung und Menge der Brandgüter sowie der getroffenen Maßnahmen (Brandabschnitte, -meldeanlage, -bekämpfungsmöglichkeiten) darf davon ausgegangen werden, daß mögliche Brände im Laborgebäude lokal begrenzt bleiben.

Es wird nicht mit einer Verletzung der Außenhülle des Laborgebäudes und damit auch nicht mit der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung gerechnet.

Bei einem Brand kann es zum Ausfall technischer Anlagen (z.B. Lüftungsanlage, Druckluftklappen) oder Teilen der Sicherheitsinstrumentierung (z.B. Strahlenschutzinstrumente) kommen.

Dies führt zu Betriebsstörungen oder -unterbrechungen, aber nicht zu einem kritischen Gesamtzustand. Die Zellen mit dem Hauptinventar der Umgangsmengen radioaktiver Stoffe bleiben intakt.

5.2 Brände in Zellen (Abb. 6)

5.2.1 Schnellschlußklappen offen

Brände in Zellen sind als wesentlich einzustufen.

In dem eingangs erwähnten Gutachten wurde angenommen, daß die Brandgutmenge in einer Zelle, bestehend aus PE- und PVC-Folien, Kabelumhüllungen, Manipulatorbootings, Schmierfette und -öle usw. insgesamt einem Energieäquivalent von 100 MJoule ($\approx 2,3$ l Heizöl) entspricht.

Dies erscheint auf den ersten Blick nicht viel. Geht man aber weiter davon aus, daß die gesamte Brandgutmenge mit linearer Energiefreisetzung abbrennt, ergibt sich eine zu erwartende Branddauer von 5 Minuten. Der Luftvorrat der Zelle reicht (auch bei unterbrochener Durchlüftung, also geschlossenen Lüftungsclappen) für die vollständige Verbrennung aus.

Es ergibt sich ein steiler Temperaturanstieg auf etwa 160 °C innerhalb der 1. Minute und auf etwa 210 - 260 °C nach 5 Minuten.

Die in der Zelle eingesetzten Filter der 1. Filterstufe und die unterhalb der Zelle in etwa 6 m Entfernung eingesetzten Filter der 2. Filterstufe sind für eine Temperatur von 130 °C ausgelegt. Im schlimmsten Fall muß also von einer Zerstörung dieser Filter ausgegangen werden. Es wären dann nur noch die Filter der 3. Filterstufe wirksam.

In der Literatur sind verschiedene Brandszenarien im Hinblick auf das Freisetzungsverhalten von radioaktiven Stoffen untersucht worden. Der ungünstigste Fall ergibt sich danach beim Brand eines Lösungsmittels, in dem radioaktive Stoffe gelöst sind. Hier kann pessimistisch mit einer Freisetzungsrute von maximal 1 % der radioaktiven Stoffe gerechnet werden.

Die Umgangsmenge in den Großen Heissen Zellen der KFA ist für radioaktive Stoffe in beliebiger Form (jedoch nicht gasförmig) auf das 10^{10} -fache der Freigrenzwerte der Str.Sch.V. begrenzt, d.h. z.B. für Sr 90 auf $3,7 \times 10^{13}$ Bq (10^3 Ci).

Bei einer Freisetzung von 1 % dieser Aktivität in die Zelle und nur noch einer wirksamen Filterstufe würden dann $3,7 \times 10^7$ Bq (10^{-3} Ci) emittiert, das entspricht etwa einer zulässigen Wochenemission. Mit den ungünstigsten Ausbreitungsparametern und für alle Belastungspfade ergeben sich daraus an der ungünstigsten Einwirkungsstelle eine Dosis für das kritische Organ (Knochen) von 46 μ Sv und eine Ganzkörperdosis von 12 μ Sv.

5.2.2 Schnellschlußklappen geschlossen

Eine Alternative zu den geschilderten Auswirkungen ergibt sich durch folgende Überlegung:

Durch den Brand und die dadurch hervorgerufene Temperaturerhöhung auf 160 °C innerhalb der ersten Minute werden die Filter der 1. und 2. Filterstufe nach etwa 0,5 Minuten zerstört. Es erfolgt eine lineare Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Zellenatmosphäre. D.h. nach etwa weiteren 0,5 Minuten erreicht die Aktivitätskonzentration in der Gesamtabluft an der Emissionsmeßstelle den eingestellten Grenzwert.

Gemäß der Betriebsanweisung löst der Operateur in der Kontrollwarte den Befehl zum Schließen der Schnellschlußklappen und damit Abschalten der Lüftung aus. Es werden zuerst die Zellenzuluft- und Abluftklappen (etwa 1,5 Minuten) und die Schnellschlußklappe in der Gesamtzellenabluft (etwa 2 Minuten) geschlossen. Nach etwa einer weiteren Minute fällt die Schnellschlußklappe der Gesamtabluft.

Innerhalb der ersten 0,5 Minuten nach Ausbruch des Brandes erfolgt keine Emission, dann in etwa 2,5 Minuten eine Emission von $1,85 \times 10^7$ Bq (0,5 mCi); das entspricht einer halben zulässigen Wochenemission. In den letzten 2 Minuten wird nichts mehr emittiert. Infolge des Druckaufbaus der geschlossenen Zelle kommt es durch die zulässigen Lecks (5 Vol%/h bei 1,5 mbar) zu einer Freisetzung von etwa 2×10^9 Bq (55 mCi) in das Labor.

6. Bisherige Brände

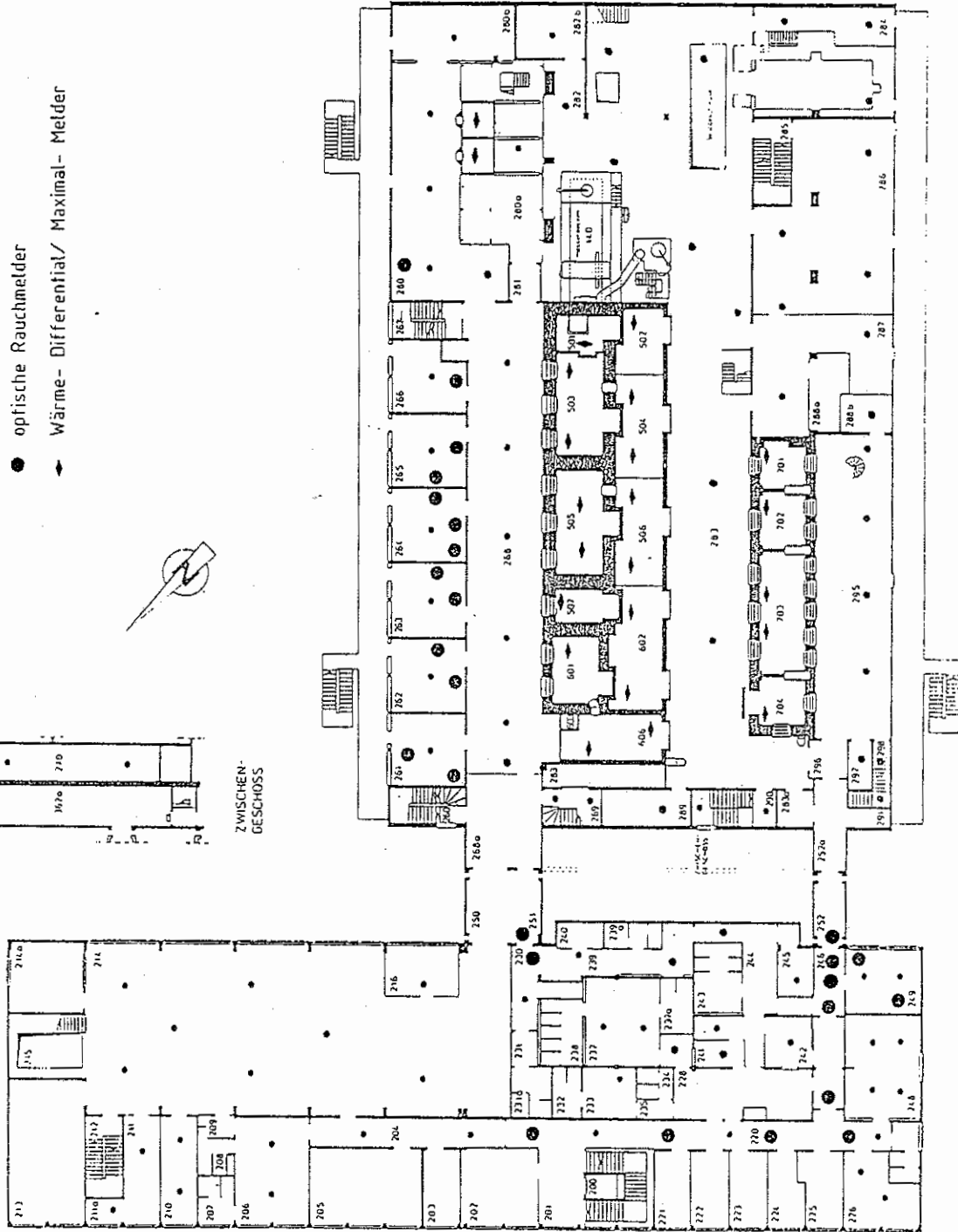
- 1974 Zellenreihe HZ 2
Bei Schweißarbeiten auf dem Zellendach fallen Funken durch eine geöffnete Dachluke und in der Zelle ausgelegte PVC-Folien.
Schwelbrand, selbstverlöschend
- 1982 Zellenreihe HZ 1
Die heißen Splitter einer geplatzten Fotolampe fallen in eine Öllache und entzünden diese.
Löschung des Brandes mit Hilfe der Stickstofflöschdüse nicht möglich; Handlöscher eingeschleust und Brand gelöscht (Damals noch keine CO₂-Löcher an die Zellen angeschlossen).
- 1978 Hygienetrakt
Bei Lötarbeiten im Zuge von Umbaumaßnahmen fällt erhitzter Kunststoff auf eine vorhandene Holzverschalung.
Schwelbrand, gelöscht mit Handlöscher

Brandmeldeeinrichtungen

- Wärme- Maximal- Melder
- optische Rauchmelder
- ◄ Wärme- Differential/ Maximal- Melder



ZWISCHEN-
GESCHOSS



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GMBH

Brandmeldeeinrichtungen

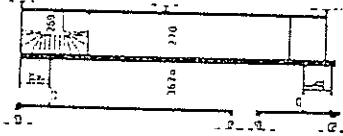
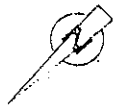
Abb. 1

KFA - Jülich
Heisse Zellen

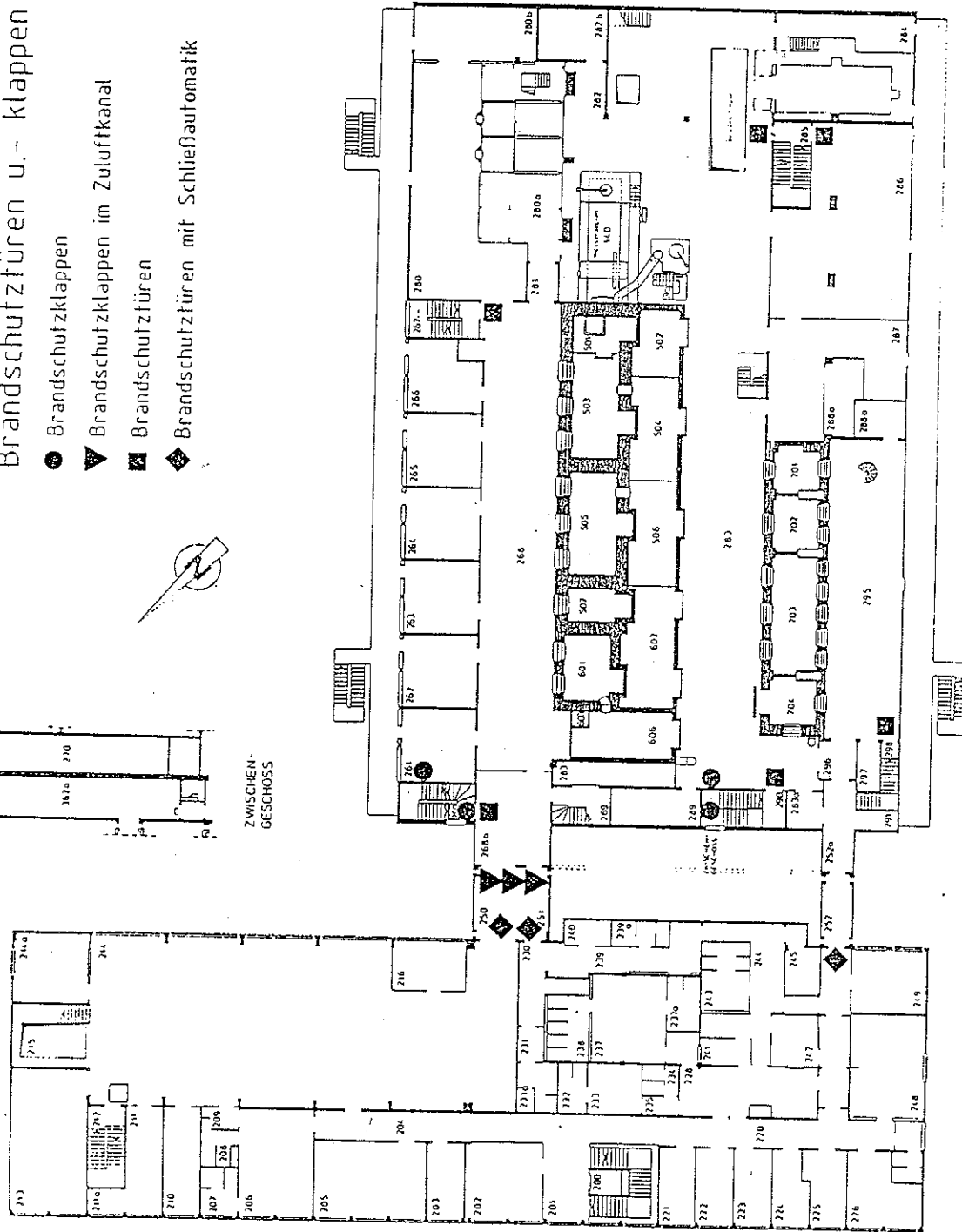
012 - 7 - 3.1

Brandschutztüren u.- klappen

- Brandschutzklappen
- ▼ Brandschutzklappen im Zuluftkanal
- Brandschutztüren
- ◆ Brandschutztüren mit Schließautomatik



ZWISCHEN-
GESCHOSS



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GMBH

Brandschutzeinrichtungen

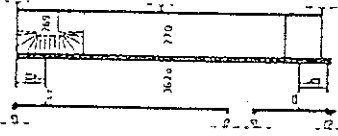
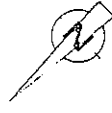
Abb. 2

KFA - Jülich
Heisse Zellen

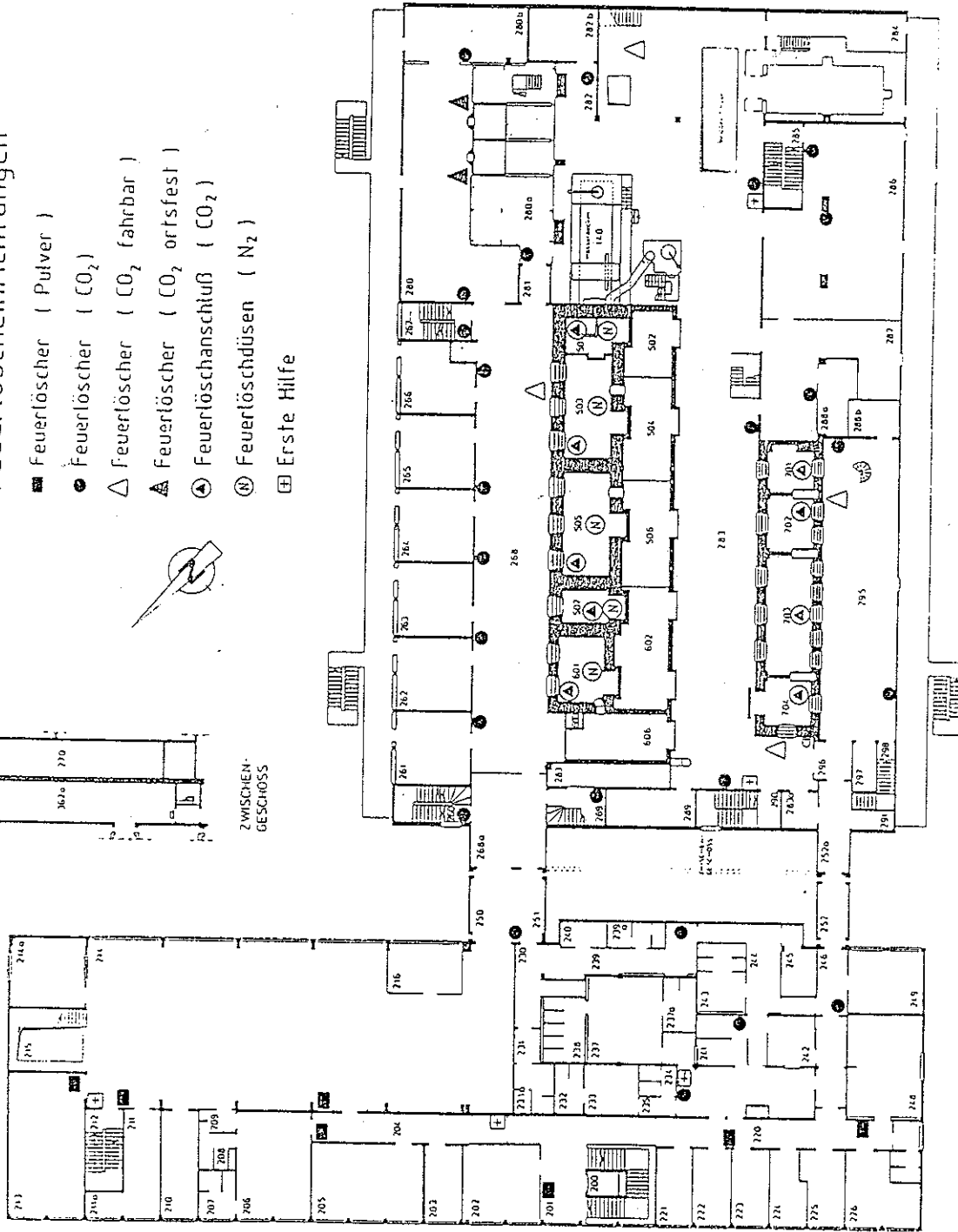
01.2 - 7 - 4.1

Feuerlöscheinrichtungen

- Feuerlöscher (Pulver)
- Feuerlöscher (CO₂)
- △ Feuerlöscher (CO₂ fahrbar)
- ▲ Feuerlöscher (CO₂ ortsfest)
- ⊙ Feuerlöschanschluß (CO₂)
- ⊗ Feuerlöschdüsen (N₂)
- ⊕ Erste Hilfe



ZWISCHEN-
GESCHOSS



KERNFORSCHUNGSANLAGE JULICH GMBH

Feuerlöscheinrichtungen

Abb. 3

KFA - Jülich
Heisse Zellen

01.2 - 7 - 5.1

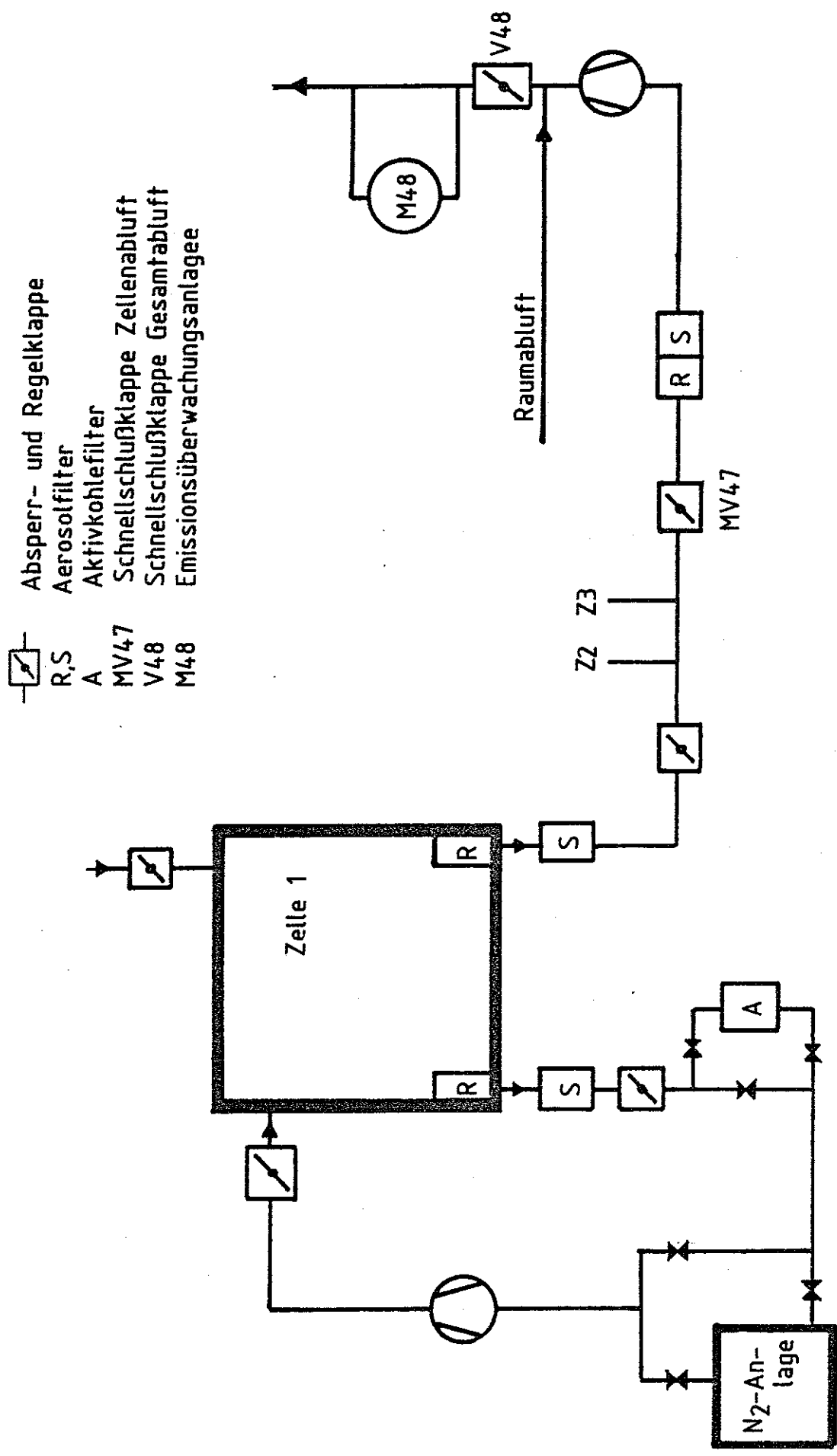


Abb. 4 Zellenlüftung (Durchluft- und Kreislaufbetrieb)

DMM komb. Differential/Maximal-Feuermelder

- ① Zellenzuluft zu, -abluft in Unterdruckregelung
- ② N₂-Löschsystem
- ③ CO₂-Löschsystem
- ④ Zelle im Stickstoff-Betrieb

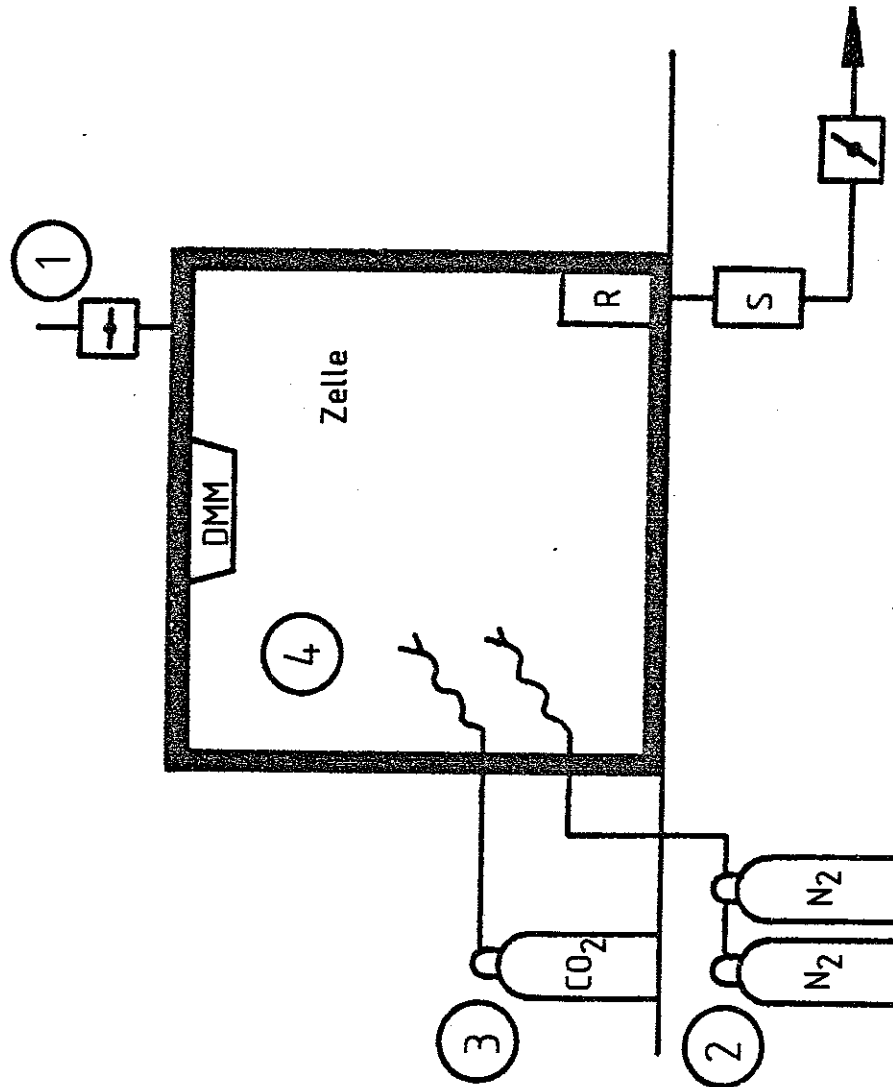


Abb. 5 Brandbekämpfungsmittel für Zellenbrände

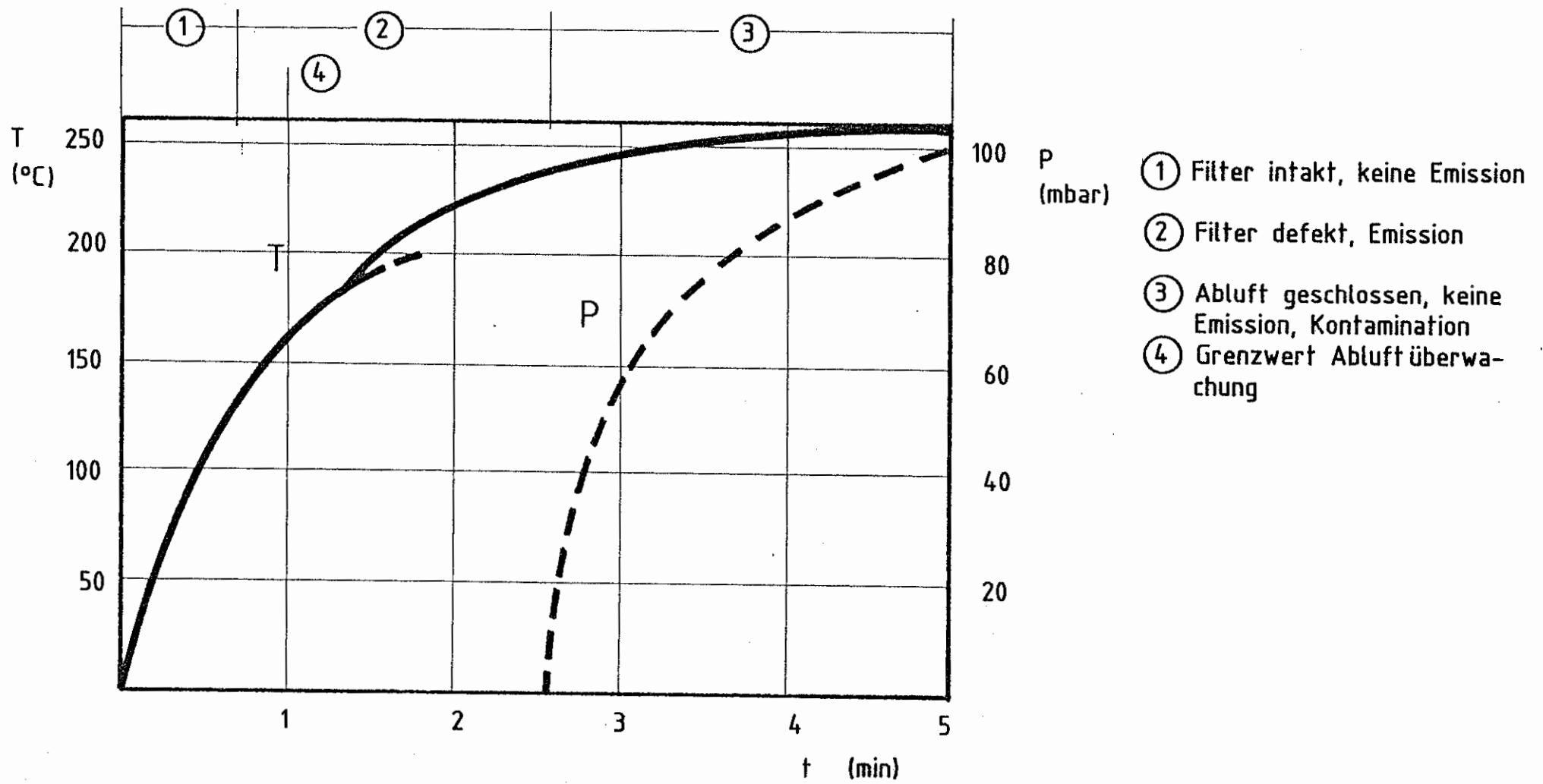


Abb. 6 Brandereignisablauf (Schnellschlußklappe geschlossen)