



www.ffb.uni-karlsruhe.de

Dipl.-Ing. Jürgen Kunkelmann

Diese PowerPoint-Präsentation darf nicht kopiert oder verändert werden. Alle Urheber- und Leistungsschutzrechte bleiben vorbehalten.

Labore – Einsatz von Wassernebel- und Gaslöschanlagen

- Brand- und Rauchausbreitung in Gebäuden – Allgemeine Gefährdungsdarstellung
- Biologische Gefährdung – Besonderheiten in Gebäuden mit mikrobiologischen und gentechnischen Bereichen S3 und S4
- Eigenschaften von ortsfesten Löschanlagen (Sprinkler, Wassernebel, Inertgas, Sauerstoffreduktion, Halonersatzstoffe)
- Beurteilungskriterien für den Einsatz von ortsfesten Löschanlagen in mikrobiologischen und gentechnischen Bereichen

Gefährdungen durch Brandrauch

- Bereits in der **Brandentstehungsphase (Schwelphase)** bilden sich große Mengen an **hochtoxischem Brandrauch**.
- Innerhalb weniger Minuten: **Bewusstlosigkeit** oder **Tod**
- **Orientierung im Raum schwierig bis unmöglich.**
- **Personen werden im Brandraum zumeist und in erster Linie**
 - o durch die aus der **Inneneinrichtung der Räume** resultierende Brandlast
 - o und erst im **weiteren Brandverlauf durch die Brandlast, welche die Gebäudekonstruktion beinhaltet, gefährdet.**

Gefährdung von Feuerwehreinsatzkräften

Backdraft

Verpuffung durch schlagartige Entzündung brennbarer Brandrauchbestandteile

- kein sicheres Anzeichen für einen bevorstehenden Backdraft
- sehr unterschiedliche Brandrauchbestandteile mit unterschiedlichen Dichten, Explosionsgrenzen und Zündtemperaturen
- Feuerball, Stichflammenbildung, umherfliegende Teile, Glassplitter

Flashover

Nach dem Flashover brennt in der Regel das gesamte im Raum befindliche brennbare Material

- Übergang von der Brandentwicklungsphase zum stationären Abbrand

Details hierzu siehe Forschungsbericht Nr. 130

(http://www.ffb.uni-karlsruhe.de/download/IMK_Ber._Nr._130.pdf)

Charakterisierung der Gefährlichkeit von Krankheitserregern

Inkubationszeit

Zeit, zwischen der Infektion mit einem Krankheitserreger und dem Auftreten der ersten Symptome der Krankheit.

Noroviren:	ca. 10 – 50 Stunden
Tuberkulose (Bakterien):	ca. 6 Wochen bis mehrere Jahrzehnte

Minimale Infektionsdosis (ID)

geringste zum Starten einer Infektion erforderliche Erregermenge

Salmonellen (Bakterien):	ID = 10 ⁴ bis 10 ⁶ Erreger
Noroviren:	ID = 10 bis 100 Erreger
Pest (Bakterien):	ID = 1 Erreger

Kontagiosität

Ansteckungsfähigkeit eines Erregers

Hohe Kontagiosität:	Pest, Influenza, Masern
Niedrige Kontagiosität:	Diphtherie, Typhus und AIDS
Keine Kontagiosität:	Malaria und Tetanus

Manifestationsindex

Wahrscheinlichkeit mit der eine mit einem Erreger infizierte Person (oder im weiteren Sinne: ein Lebewesen) erkennbar erkrankt

Maul- und Klauenseuche (MKS):	über 95% (Ansteckung beinahe immer)
Borreliose (=> Zecken):	10 – 33 %.

Bei **gezielten Tätigkeiten** korrespondiert die erforderliche Schutzstufe mit der Risikogruppe des verwendeten biologischen Arbeitsstoffes.

Bei **nicht gezielten Tätigkeiten** mit biologischen Arbeitsstoffen ist das mögliche Spektrum von biologischen Arbeitsstoffen zu ermitteln bzw. abzuschätzen.

- **Die Einstufung biologischer Arbeitsstoffe in bestimmte Sicherheitsstufen ist kein abgeschlossener Prozess**, sondern kann sich aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse ändern. **Ggf. muss überprüft werden, ob die Sicherheitsmaßnahmen in den entsprechenden Laboren angepasst werden müssen.**
- Aufgrund der teilweise **sehr langen Inkubationszeiten** dürfte es **schwierig** sein, den **Ort und Zeitpunkt einer Infektion** genau zu ermitteln.
- **Die Eingruppierung der Tätigkeiten hat Auswirkungen auf den Einsatz von Feuerwehr und Rettungskräften**, wenn diese am Einsatzort die erforderlichen Maßnahmen ergreifen müssen, aber das zuständige fachkundige Laborpersonal für die Beratung nicht zur Verfügung steht.

Sicherheitsmaßnahmen (Auswahl) für den Laborbereich der Sicherheitsstufe 3: *)

- **Labor muss von seiner Umgebung abgeschirmt sein.**
- **Fenster dürfen nicht zu öffnen sein.**
- **Labor unter ständigem Unterdruck** sofern mit **pathogenen Organismen** gearbeitet wird, für die eine **Übertragung durch die Luft** nicht ausgeschlossen werden kann.
 - o **Abluft über Hochleistungsschwebstoff-Filter**
 - o **Schleuse**, über die das Labor zu betreten und zu verlassen ist.
- **Zu sterilisierende Abwässer sind grundsätzlich einer thermischen Nachbehandlung zu unterziehen:**
 - o Sammeln in Auffangbehältern und Autoklavierung oder zentrale Abwassersterilisation. Alternativ können auch erprobte chemische Inaktivierungsverfahren eingesetzt werden.
 - o Die Rückführung kontaminierter Abluft in Arbeitsbereiche ist unzulässig.

Sicherheitsmaßnahmen (Auswahl) für den Laborbereich der Sicherheitsstufe 4: *)

- **selbstständiges Gebäude** oder, als Teil eines Gebäudes, **durch einen Flur oder Vorraum deutlich von den allgemein zugänglichen Verkehrsflächen abgetrennt.**
- Das **Labor soll keine Fenster** haben.
 - Sind Fenster vorhanden, müssen sie dicht, bruchsticher und dürfen nicht zu öffnen sein.
- **Alle Türen selbstschließend:** Jedes unbeabsichtigte oder unerlaubte Betreten des Labors ist zu verhindern
- **ständiger Unterdruck** gegenüber der Außenwelt.
 - Belüftung des Labors über eigenes Ventilationssystem.
- **Die Abluft aus dem Labor muss so aus dem Gebäude gelangen, dass eine Gefährdung der Umwelt nicht eintreten kann.**
 - **Druckstaffelung:** Der Unterdruck muss vom Vorraum bis zum Arbeitsraum jeweils zunehmen.
 - **Zu- und Abluft des Labors über zwei aufeinanderfolgende Hochleistungsschwebstoff-Filter**
- **Durchreicheautoklav**
- **Flüssigkeitsleitungen** sind durch **keimdichte Filter** zu schützen.

*) **Quelle:** Verordnung über die Sicherheitsstufen und Sicherheitsmaßnahmen bei gentechnischen Arbeiten in gentechnischen Anlagen (Gentechnik-Sicherheitsverordnung – GenTSV), Ausfertigungsdatum: 24.10.1990, zuletzt geändert: 18.12.2008

Brandrisiken und Folgeschäden bei einem Brand – (1)

- **Verschiedene mikrobiologische und gentechnischen Bereiche**
Labore Produktionsbereiche Gewächshäuser Tierhaltungsbereiche
- **mit sehr unterschiedlichen Arten von Brandlasten**
 - o Elektr. Leitungen, EDV, elektron. Messgeräte (=> Defekte, Kurzschlüsse, Überlast, etc.)
 - o Kunststoffkäfige in großer Anzahl in Käfiggestellen
 - o Futtermittel, Streu
 - o brennbare Flüssigkeiten, wie z. B. Desinfektionsmittel (Alkohole, Peressigsäure etc.)
 - o Kühlgeräte, Wärmeschränke
 - o Druckbehälter mit technischen Gasen mit zum Teil brennbarem Nutzinhalt
(problematisch, wenn sich diese nicht in geeigneten Sicherheitsschränken befinden).
- Die **Sicherheitsstufen von mikrobiologischen und gentechnischen wurden für den Normalbetrieb einer Anlage** entwickelt.
- **Extremsituationen eines Brandgeschehens** sind hierbei ggf. **nicht berücksichtigt**.
 - o z.B. ggf. andere Brand- und Rauchausbreitung infolge der Luftzirkulation (Luftwechsel: 8 bis 10 [1/h]) in den S3 / S4- Bereichen => geeignete Branddetektion erforderlich

Brandrisiken und Folgeschäden bei einem Brand – (2)

- **Biologische Arbeitsstoffe sind nicht hitzebeständig. Sie werden durch direkte Beflammung oder zu hohe Temperaturen abgetötet.**
 - Die Temperaturverteilung in einem Brandraum ist jedoch von vielen Parametern abhängig. Es kann daher **nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass im Brandfall (z.B. bei einem Entstehungsbrand) alle biologischen Arbeitsstoffe vernichtet werden.**
- **Brandschäden und Dekontamination nach einem Brand**
- **Verlust von Forschungsergebnissen und teuren Versuchstieren**
- **Finanzielle Verluste aufgrund der Betriebsausfallunterbrechung**
- **Im Brandfall ergibt sich für Feuerwehreinsatzkräfte ohne frühzeitige Brandbekämpfung durch eine ortsfeste Löschanlage ein erhöhtes Gefährdungspotential**, da nach Feuerwehrdienstvorschrift FwDV 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ sowohl
 - der **Kontaminationsschutzanzug** (A-Einsatz, Körperschutz Form 2),
 - der **Infektionsschutzanzug** (B-Einsatz, Körperschutz Form 2) und
 - der **ABC-Schutzanzug** (Körperschutz Form 3)**im Allgemeinen nicht zur Brandbekämpfung bei höheren Temperaturen zulässig.**

Brandrisiken und Folgeschäden bei einem Brand – (3)

- Die **Wirkung von Hochleistungsschwebstoff-Filtern** kann bereits wenige Sekunden nach Beginn eines Brandes durch verstopfende Rußpartikel **zum Erliegen kommen**.
- **Handelsübliche HEPA** (High Efficiency Particulate Air)- und **ULPA** (Ultra Low Penetration Air)-**Filter**:
 - **Max. Betriebstemperatur von 70°C bis kurzfristig 90°C**
 - **Max. zulässige relative Luftfeuchtigkeit: 100%**

Brandklassen

- A:** Brände fester Stoffe, hauptsächlich organischer Natur, die normalerweise unter Glutbildung verbrennen
z.B. Holz, Papier, Stroh, Textilien, Gummi, verschiedene Kunststoffe
- B:** Brände flüssiger und flüssig werdender Stoffe mit Flammenbildung
z.B. Benzin, Öl, Lack, Alkohol, Wachs, thermoplastische Kunststoffe
- C:** Gasförmige, unter Flammenbildung brennende Stoffe
z.B. Methan, Propan, Wasserstoff
- D:** Brände von Metallen
z.B. Aluminium, Magnesium
- F:** Brände von Speiseölen/-fetten (pflanzliche oder tierische Öle und Fette) in Frittier- und Fettbackgeräten und anderen Küchen-Einrichtungen und -geräten

Schutz von Gebäuden durch ortsfeste Wasserlöschanlagen

- Sprinkleranlage
- Wassernebellöschanlage (Feinsprühlöschanlage)
Nieder-, Mittel-, Hochdruck-Ausführung

Normen und Richtlinien (Auswahl): **Sprinkleranlage**

- VdS CEA 4001:** Richtlinien Sprinkleranlagen - Planung und Einbau
DIN 14489: Sprinkleranlagen - Allgemeine Grundlagen
DIN EN 12259: Bauteile für Sprinkler- und Sprühwasseranlagen (Entwurf)
DIN EN 12845: Automatische Sprinkleranlagen - Planung und Installation (Entwurf)
NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems

Normen und Richtlinien (Auswahl): **Wassernebellöschanlage**

- VdS 2109:** Sprühwasserlöschanlagen - Richtlinien für Planung und Einbau
CEN/TS 14972: Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen - Feinsprüh-Löschanlagen - Planung und Einbau
NFPA 750: Standard on Water Mist Fire Suppression Systems

Wasserlöschanlagen – allgemeine Eigenschaften - (1)

- **besonders umweltfreundliches Löschmittel**
 - o keine Gefährdung durch toxische Zersetzungsprodukte
 - o keine Gefährdung durch Sauerstoffmangel beim Löschvorgang
 - o keine Verbrühungsgefahr durch heißen Wasserdampf, wenn die Löschanlage in der Brandentwicklungsphase ausgelöst wird
- **90 % aller Brände sind mit Wasser löschbar**
- **besondere Vorteile bei glutbildenden Brandstoffen (z.B. Holz)**
 - o Wasser hat die höchste Verdampfungswärme (2.257 KJ/kg) von allen als Löschmittel in Frage kommenden Stoffen
- **Verschlechterung der Sicht durch Wasserdampf- / Brandrauch-Aerosol beim Löschvorgang**
 - o insbesondere bei verspäteter Auslösung der Löschanlage je nach Typ der Wasserlöschanlage
- **unterschiedlich hohe Löschwasserschäden** in Abhängigkeit von der Anlagentechnik in (Sprinkler, Niederdruck- und Hochdruck-Wassernebel)
 - o **Löschwirksamkeit entsprechend der Brandlast beachten!**

Wasserlöschanlagen – allgemeine Eigenschaften - (2)

- **Ventilationsverhältnisse beeinflussen und verzögern möglicherweise die Auslösung und die Löschwirkung**
 - o z.B. natürliche oder maschinelle Rauchabzüge, Windeinfluss auf Fenster- bzw. Türöffnungen) => Einfluss umso größer, je feiner die Tropfen sind.
- **Anwendungsgrenzen - der Einsatzbereich von Wasser ist zu überprüfen z.B. für**
 - o Elektrische Betriebsräume
 - o Räume zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten
 - o Explosionsgefährdete Anlagen
 - o Stoffe, die nicht mit Wasser gelöscht werden dürfen wie z.B. Leichtmetalle und deren Legierungen wie Aluminium, Magnesium (Bildung von Wasserstoff => Knallgasreaktion).
- **Stagnation des Wassers in den Anlagenteilen erfordert ggf. besondere hygienische Aufmerksamkeit**
 - o Löschwasserversorgung und –speicherung
 - o Löschwasser ist ggf. auf Legionellen etc. zu überprüfen
 - o Besonders zu beachten bei Krankenhäusern, Altenheimen, mikrobiologischen und gentechnischen Bereichen

Sprinkleranlage

- **Sprinkler sind durch thermische Auslöseelemente (zumeist Glasfass) verschlossene Düsen mit einem Sprühteller (Deflektor), von denen jeder unabhängig von den anderen auslösen kann.**
 - o Verwendung von möglichst **schnellen thermischen Auslöseelementen mit kleinem Response Time Index (RTI-Wert)**, also solchen mit geringer Wärmeträgheit, ist empfehlenswert
 - o mittlerer Tropfendurchmesser hier: Sauter-Durchmesser $D_{32} = 400 - 1.200 \mu\text{m}$
- **Ziel der Sprinkleranlage ist es, einen Brand selbständig zu entdecken, Alarm auszulösen und das Schadenfeuer bis zum Eintreffen der Feuerwehr unter Kontrolle zu halten oder günstigstenfalls zu löschen.**
 - **Löschmechanismus:**
 - o hauptsächlich Kühlwirkung der relativ großen Wassertropfen auf der brennenden Oberfläche
 - o Vornässen der Brandnahbereiche behindert Brandausbreitung

Vergleich der Auslösung von Rauchmeldern und Sprinklern

(Beispiel: FFB 25 m²-Brandraum)



0 s
Zündung



27 s
Rauchmelder
(fotoelektronisch)
Deckentemp.: ca. 30°C



1 min 37 s
Indicatorsprinkler
(68°C, 3 mm Glasfuss,
RTI= 32 m^{1/2}s^{1/2})
Deckentemp.: ca. 140°C

- Bemerkung: Verzögerte Auslösung aufgrund von Brandgasen, die schwerer als Luft sind ist möglich**
 - insbesondere in der frühen Brandentwicklungsphase mit geringem thermischen Auftrieb, z. B.. Kabelbrand: Chlorwasserstoff (HCl): Normdichte: 1,63 kg/m³ gegenüber Luft 1,29 kg/m³
- Ggf. Verwendung von Rauchansaugsystem (RAS)**

Wassernebellöschanlagen (Nieder-, Mittel-, Hochdruck)

- **Sprühwasser-Feuerlöschanlagen, die im Dauer- oder Intervallbetrieb Wasser in feinverteilter Form versprühen.**
- **Löscheffekte** (s.a. Schremmer [1996] *)
 - o **Kühlwirkung durch Verdampfung** (Hauptlöscheffekt)
 - o **Sauerstoffverdrängung** (lokale Inertisierung) am Brandherd infolge Verdampfung
 - o **Verminderung der Strahlungswärme** auf benachbarte Bauteile u. Brandlast
 - o **Vornässen der Brandnahbereiche** behindert Brandausbreitung
 - o **Heterogene Inhibition** in der Mischungszone der Flamme mit Kettenabbruchreaktionen => Energieentzug aus den energiereichen freien Radikalen aus der Verbrennung durch den kühleren Wassernebel (Wandeffekte).
- **Tropendurchmesser $D_{v,0,90} < 1 \text{ mm}$ (1.000 μm)**
 - o gemäß CEN/TS 14972 (in 1 m Entfernung beim minimalen Betriebsdruck)
- **Zerstäubung erfolgt in Einfachdüsen (z.B. Dralldüsen) oder in Zweistoffdüsen mit Luft oder Inertgas bei unterschiedlichen Drücken.**
 - o Niederdruck: bis 12,1 bar
 - o Mitteldruck: > 12,1 bar bis 35 bar
 - o Hochdruck: $\geq 35,5$ bar

*Quelle: Schremmer, U.: Stationäre automatische Wasservernebelungsanlagen, Wirkungsweise, Gestaltung und Einsatzgrenzen, Dissertation, Universität Magdeburg, 1996

Eigenschaften von Wassernebellöschanlagen – (1)

Vergleich Normal-Sprinkler, ND-, HD-Wassernebel

Versuche in 4-geschossigem Versuchsholzgebäude sowie in integriertem Versuchsraum mit Schleuse in Anlehnung an ein Labor der Sicherheitsstufe S3

Erkenntnisse u.a. aus Versuchsergebnissen der Forschungsstelle für Brandschutztechnik

- Sowohl **Sprinkler als auch Nieder- und Hochdruck-Wassernebel begrenzen** im Allgemeinen **die Brandausbreitung auf die dem Brandherd benachbarten Bereiche.**
 - o Betriebsdruck Wassernebel: ND: 4 bar, HD: 80 bar und 135 bar
- Durch **sämtliche Wasser-Löschanlagen** wird das **Temperaturniveau schnell auf unkritische Werte abgesenkt.**
- Die **weitere Brandausbreitung auf im Umfeld der gezündeten Brandlast befindliche brennbare Stoffe wird durch Befeuchtung verhindert.**

Eigenschaften von Wassernebellöschanlagen – (2)

- **Wassernebel** ist kein Löschgas - **nur begrenzte Löschfähigkeit in verdeckten Bereichen.**
- **Brandherd muss durch Wassernebel eingehaust werden.**
- Die **Nebeldüsen** haben im Allgemeinen gegenüber einem einzelnen Sprinkler den Vorteil einer **gleichmäßigeren Wasserverteilung über dem Sprühquerschnitt.**
- **Löschwasserbedarf ist bei Wassernebellöschanlagen** im Allgemeinen **geringer als bei Sprinkleranlagen.**
- Die gemessenen **Brandgaskonzentrationen** blieben bei schnellem Löscheinsatz bei der überwiegenden Anzahl der Versuche **im Verhältnis zu einem nicht bekämpften Brand im unkritischen Bereich.**

Eigenschaften von Wassernebellöschanlagen – (3)

- Die **Wassernebellöschanlage** weist aufgrund ihres **gegenüber Sprinkleranlagen abweichenden Löschprinzips** auch ohne Löschmittelzusätze **Vorteile bei der Löschwirkung auf Flammenbrände**, insbesondere bei **flüssigen Brandstoffen** und **Kunststoffen**, bei gleichzeitig niedrigem Löschwasserverbrauch auf.
- **Hochdruck-Wassernebel hat eine nur geringe Löschwirkung beim Ablöschen von tiefsitzenden Glutbränden** (z.B. Holz mit spezifisch hoher Oberfläche wie etwa Holzkrippen, Tierkäfigschalen mit Streu) und bei Bränden von hochsiedenden Flüssigkeiten.
- **Bei flüssigen Brandstoffen hat sich gezeigt, dass**
 - **nieder siedende Flüssigkeiten** (z.B. Autobenzin, Benzol, Alkohol, Petroleum) **vorzugsweise mit kleineren Tropfen** und
 - **hoch siedende Flüssigkeiten** (z.B. Dieselöl, Transformatorenöl) **am besten mit größeren Tropfen****gelöscht werden. *)**

*) Krüger, A., Radusch, R.: Wasserzerstäubung im Strahlrohr, Forschungsbericht des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen Nr. 329, Forschungsstelle für Feuerlöschtechnik (jetzt Brandschutztechnik) an der Uni Karlsruhe (TH), Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen, 1956

Eigenschaften von Wassernebellöschanlagen – (4)

- Beim **Hochdruck-Wassernebel** ergab sich bei den Versuchen die **größte Verschlechterung der Sicht und dies bereits im Kaltsprühversuch ohne Brand**.
 - o Zu beachten: **Ablenkung des Sprühnebel-/ Wasserdampf-/ Brandrauch aerosols** aufgrund von **Ventilationsbedingungen** (z.B. Windeinfluss auf Rauchabzüge, Tür- oder Fensteröffnungen)
 - o => Bedeutung für die Nutzbarkeit von Flucht- und Rettungswegen.
- **Bei sämtlichen Versuchen** wurden sowohl bei **HD-Wassernebel** als auch bei **ND-Wassernebel** weder der kritische Wert von **100% relative Luftfeuchtigkeit** noch kritische Temperaturen für Schwebstofffilter erreicht.
 - o Durch Taupunktunterschreitungen bei niedrigen Temperaturen ist ein Überschreiten der zulässigen Feuchtigkeit jedoch möglich.
 - o Die Auswirkungen von Russbildung auf die Funktionsfähigkeit von Filteranlagen wurden in dieser Arbeit nicht untersucht.

Eigenschaften von Wassernebellöschanlagen – (5)

- Beim Auslösen der Löschanlage durch ein **thermisches (Glasfass-) Auslöseelement** wird der **maximal zulässige Extinktionskoeffizient (=> Rauchdichte) im Gegensatz** zur Auslösung mit **optischen Rauchmeldern (Streulichtprinzip) überschritten**
- Im **Gegensatz zu Hochdruck-Wassernebellöschanlagen** ergeben sich **beim Niederdruck keine besonderen Anforderungen bzgl. der Anlagentechnik**
 - o keine Hochdruckpumpen, keine Edelstahl-Verrohrung etc., da die Verstopfungsgefahr bei Hochdruckdüsen höher als bei Niederdruckdüsen ist, falls das Wasser vor Düseneintritt nicht ausreichend gefiltert wird.
 - o Anschluss von **ND-Wassernebel an Hauswasserversorgung** unter Beachtung der Trinkwasserverordnungen (=> Trennstation) **denkbar**.
 - o **Feuerwehrnoteinspeisung ist bei ND-Wassernebel möglich**.

Versuchsraum mit Schleuse in Anlehnung an ein mikrobiologisches bzw. gentechnisches Labor der Sicherheitsstufe S3

Versuchsaufbau mit Lüftungs- / Brandmelde- / Lösch- / Messtechnik - (1)



Nieder- und Hochdruck-Wassernebel-Löschdüsen



Brandlast

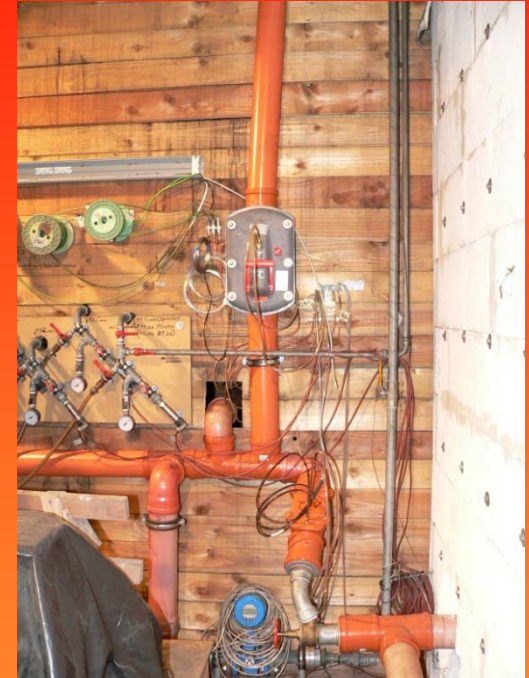
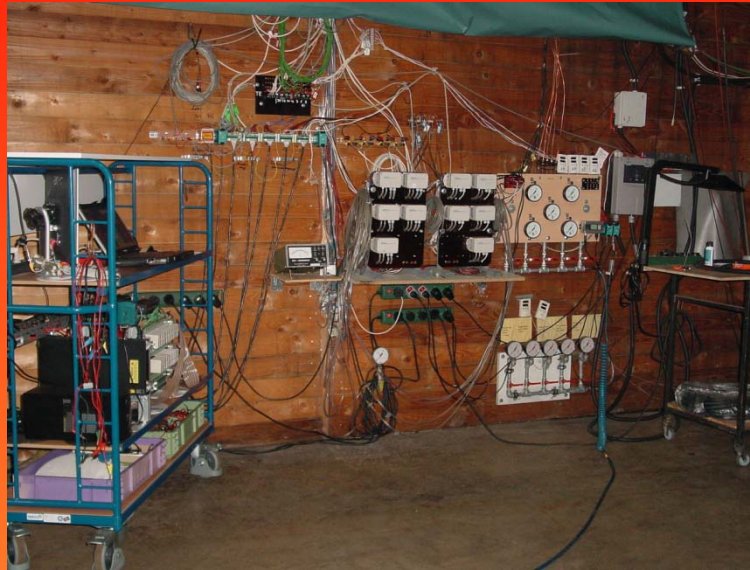


Versuchsraum mit Schleuse in Anlehnung an ein mikrobiologisches bzw. gentechnisches Labor der Sicherheitsstufe S3

Versuchsaufbau mit Lüftungs- / Brandmelde- / Lösch- / Messtechnik - (2)



Schleuse - Eingang



Kaltsprühversuch mit Wassernebel ohne Brandeinfluss

- **Hochdruck-Wassernebel** (135 bar, 13 l/min) $\triangleq$ 0,66 l/(m³ *min)
- Abluftöffnung im Deckenbereich (vorne links oben)
- Zuluftöffnung im Bodenbereich (hinten rechts unten)
- Labor: -64 Pa, Schleuse: -33 Pa Unterdruck, Luftwechsel: ca. 10 [1/h]



Sichtverhältnisse bei
Sprühbeginn



nach 2 min
Sprühdauer



nach 5 min
Sprühdauer

Kaltsprühversuch mit Wassernebel ohne Brandeinfluss

- **Niederdruck-Wassernebel** (4,5 bar, 13 l/min) $\triangleq$ 0,66 l/(m³ *min)
- Abluftöffnung im Deckenbereich (vorne links oben)
- Zuluftöffnung im Bodenbereich (hinten rechts unten)
- Labor: -70 Pa, Schleuse: -34 Pa Unterdruck, Luftwechsel: ca. 10 [1/h]



Sichtverhältnisse bei
Sprühbeginn

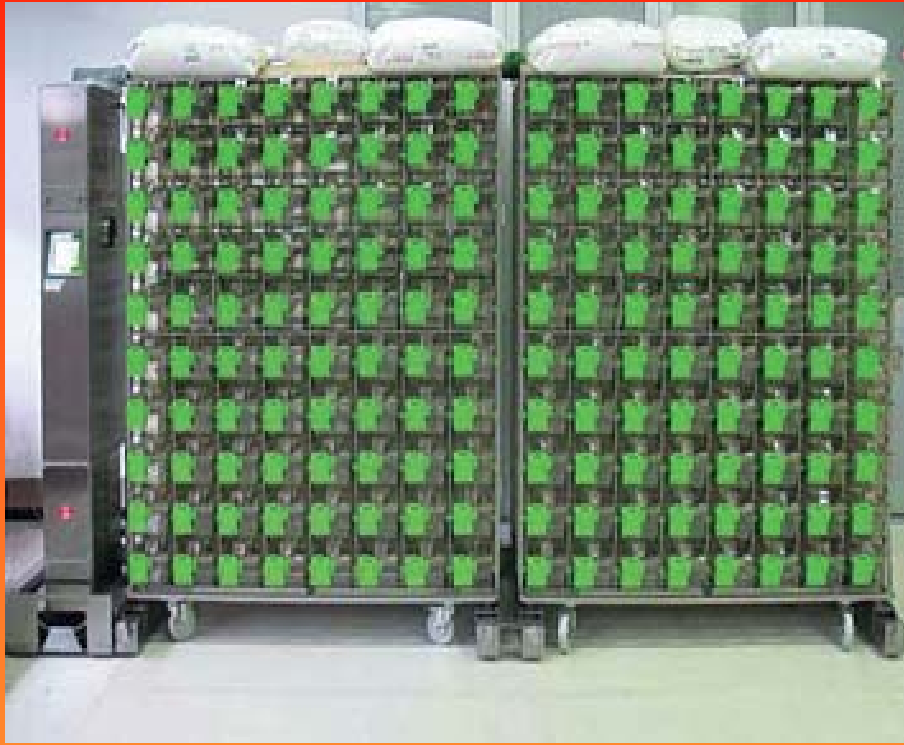


nach 2 min
Sprühdauer



nach 5 min
Sprühdauer

Brand- und Löschversuche



Brandlast in Tierhaltungen

Beispiel: Tierkäfigschalen mit Streu
hier: Kombination zweier fahrbarer
Racks mit je 160 Tierkäfigboxen
(Foto: Tecniplast [2012])



Brandlast bei den Versuchen an der FFB

Käfigschale aus Polycarbonat (600 g)
mit Tierstreu (90 g Wiesenheu),
Wärmestrahler (Keramikstrahler als
Zündquelle (linke Seite der Käfig-
schale))

Brand- und Löschversuch mit Wassernebel

- **Hochdruck-Wassernebel** (135 bar, 13 l/min) $\triangleq$ 0,66 l/(m³ *min)
- Abluftöffnung im Deckenbereich (vorne links oben)
- Zuluftöffnung im Bodenbereich (hinten rechts unten)
- Labor: -61 Pa, Schleuse: -32 Pa Unterdruck, Luftwechsel: ca. 10 [1/h]



**Sichtverhältnisse
nach
Löschzeit: 4 s**

**Löschbeginn: 3 min 36 s
Zweimelderkriterium für
Auslösung: Rauchmelder
RM7 (hl) + RM4 (hr)**



**Brandlast nach dem
Versuch
Löschwasserverbrauch
ohne Nachlöscharbeiten: 76,7 l
(Löschzeit: 5 min 54 s),
**Glutbrand musste
manuell abgelöscht
werden****

Brand- und Löschversuch mit Wassernebel

- **Niederdruck-Wassernebel** (4,5 bar, 13 l/min) $\triangleq 0,66 \text{ l}/(\text{m}^3 \cdot \text{min})$
- Abluftöffnung im Deckenbereich (vorne links oben)
- Zuluftöffnung im Bodenbereich (hinten rechts unten)
- Labor: -63 Pa, Schleuse: -34 Pa Unterdruck, Luftwechsel: ca. 10 [1/h]



**Sichtverhältnisse
nach
Löschzeit: 4 s**

**Löschbeginn: 3 min 53 s
Zweimelderkriterium für
Auslösung: Rauchmelder
RM4 (hr) + RM7 (hl)**



**Brandlast nach dem
Versuch
Löschwasserverbrauch
gesamt: 74,5 l nach
5 min 44 s Löschzeit
**Brand vollständig
gelöscht****

Gaslöschanlagen

- Kohlendioxid
- Stickstoff (IG001)
- Argon (IG01)
- Inergen[®] (IG541)
- Argonite[®] (IG55)

Dauerinertisierung (Sauerstoffreduktion)

Normen und Richtlinien (Auswahl):

VdS 2093: Richtlinien für CO₂-Feuerlöschanlagen. Planung und Einbau

NFPA 2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems

VdS 2380: VdS-Richtlinien für Feuerlöschanlagen. Feuerlöschanlagen mit nicht verflüssigten Inertgasen. – Planung und Einbau.

VdS 3527: VdS-Richtlinien für Inertisierungs- und Sauerstoffreduzierungsanlagen. Planung und Einbau.

Gaslöschanlagen - Löschmechanismen und Besonderheiten – (1)

- **überwiegend Stickeffekt:** Verdrängung des Luftsauerstoffs aus der Reaktionszone => Reaktionsgeschwindigkeit wird soweit abgesenkt, dass die Flammen erlöschen
- **Löschung ohne Rückstände**
- **Sauerstoffreduzierung auf unter 15 Vol.-% führt bei den meisten brennbaren Stoffen zum Abbruch der Flammenreaktion** bzw. bei gasförmigen, flüssigen und flüssig werdenden Brandstoffen zum völligen Erlöschen des Brandes.
- **Geringe bis keine Löschwirkung bei tiefsitzenden Glutbränden** (Holz, Papier, Textilien) aufgrund der nur geringen Kühlwirkung; infolgedessen ist fortschreitendes Glimmen bis 2 Vol.-% O₂ möglich (siehe Bussenius [1996])
- **Keine Löschwirkung bei Metallbränden**
- Die **Umfassungsbauteile** (Wände, Decken, Boden, Türen, Fenster usw.) müssen **gasdicht** sein.
 - o Die Umfassungsbauteile müssen dem Druckanstieg während der Flutung standhalten. Druckentlastungsöffnungen (ins Freie, nicht zu Fenstern oder Lüftungsöffnungen anderer Räume) dürfen nur bei Erreichen der vorgesehenen Überdrücke im Raum öffnen.

Gaslöschanlagen - Löschmechanismen und Besonderheiten – (2)

- **Personenschutz:** auf die besonderen Eigenschaften von Gaslöschanlagen abgestimmte Schutzmaßnahmen (**Fluchtwege, optische und akustische Alarmsignale, Warn- und Hinweisschilder etc.**) sind erforderlich .
- **Akustische Alarmierung ist sehr laut** (> 105 dB): Lautstärke kann bei Versuchstieren Schreck- und Fluchtreaktionen auslösen, die eine weitere Verwendbarkeit der Tiere für gesicherte wissenschaftliche Aussagen in Frage stellt.
- **Funktionsstörungen bei Festplatten in EDV- und IT-Bereichen durch hohen Schallpegel beim Ausströmen möglich** (siehe bvfa Information 2010 Einfluss von Schallquellen auf Festplatten“, <http://www.bvfa.de/pdf-download/de-24/>).
- **Rauchabzüge dürfen nur manuell angesteuert werden.**
- **Verteilungsgüte der Gaskonzentration im Raum** wird beeinflusst durch
 - o Ventilationsbedingungen,
 - o physikalische Eigenschaften der Gase, insbesondere Dichte, Diffusionskoeffizient und Viskosität

Kohlendioxid (hier: gasförmig)

- **Lagerung** im druckverflüssigten Zustand (20 bar (-20°C) - 57 bar (20°C))
- **schwerer als Luft**, Abfließen in tiefer liegende Räume, schwierig zu beseitigen
- **günstiger Preis** für Anlagen und Löschmittel, geringster Platzbedarf von allen zugelassenen Inertgasen und Inertgasgemischen => erforderliche Löschgaskonzentration bei CO₂ geringer
- **Elektrostatische Aufladung beim Ausströmen** (zündfähige Funkenüberschläge => brennbare Flüssigkeiten => Erdungsmaßnahmen erforderlich !)
- **Taupunktunterschreitung** der Luft unter Bildung von Nebel
- **Temperaturabsenkung im Raum während Flutung** auf -20°C bis - 40°C
- bei einer Mindesteinsatzkonzentration von 34 Vol.-% CO₂ (= 13,8 Vol.-% Sauerstoff) ist eine **Personengefährdung** immer gegeben.
 - o Sicherung des Personenschutzes auch für unmittelbar angrenzende Raumbereiche
 - o Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) : 5000 ppm
 - o Kurzeiteinwirkung von 3 - 4 Vol.-% 300%ige Erhöhung der Atmung, leichtes Unbehagen
 - o 5 - 6 Vol.-%: bei schnellem Anstieg der Konzentration: hämmernde Kopfschmerzen, Ohrensausen, Atemnot, Schweißausbruch, Ohnmacht
 - o 12 - 15 Vol.-%: nach wenigen Minuten bewusstlos, Atemstillstand
- **CO₂ ist kein Inertgas** und reagiert mit starken Basen sehr heftig unter Bildung von Carbonaten
- **Nach VdS 2093 ungeeignet für das Ablöschen von**
 - o tiefsitzenden Bränden von Holz, Papier, Textilien u. a.
 - o sauerstoffhaltigen Materialien und Chemikalien
 - o Materialien und Chemikalien, welche mit CO₂ reagieren, z.B. Alkalimetalle und Metallhydride.

- **Bevorratung** in Hochdruck-Stahlflaschen (200 bar)
- **Druckreduzierung** vor dem Verteilerrohrnetz nach dem Sammelrohr auf **max. 60 bar**
- **Raumbedarf gegenüber CO₂ doppelt so groß**
- **Löschmittelmengenerhöhung gegenüber reinem Kohlendioxid: + 7,5 %**
- **ca. 40 % teurer als CO₂**
- **Stickstoff hat geringere Dichte als Luft** und sollte daher aufsteigend in den zu schützenden Raum eingebracht werden
- **nur geringfügige Abkühlung** des Löschbereichs (um max. 4 - 6°C), keine Nebelbildung
- **nicht toxisch**, physiologisch unbedenklich in den vorgesehenen Löschgaskonzentrationen
- **Stickstoff reagiert mit brennenden Metallen zu Metallnitriden (Reaktion mit Lithium zu Lithiumnitrid (leichtentzündlich))** erfolgt bereits langsam bei Raumtemperatur)
- **nach VdS 2380 kein Einsatz bei**
 - o Chemikalien, die Sauerstoff abgeben können, z.B. Zellosenitrat
 - o Oxidationsmittel enthaltende Gemische, z.B. Natriumchlorat
 - o Chemikalien, die sich selbst thermisch zersetzen können, z.B. organische Peroxide
 - o reaktionsfreudige Metalle, z.B. Natrium, Kalium
 - o festen Stoffe, in denen Brände schnell tief sitzend werden können

Argon (IG01)

- **Bevorratung** in Hochdruck-Stahlflaschen (300 bar)
- **Druckreduzierung** vor dem Verteilerrohrnetz nach dem Sammelrohr auf **max. 60 bar**
- **sehr starke Ausströmgeräusche (> 105 dB)**
- **Größerer Raumbedarf als bei Kohlendioxid**
- **Löschmittelmengenerhöhung gegenüber reinem Kohlendioxid: + 12,5 %**
- **ca. 25 % teurer als Kohlendioxid**
- **nur geringfügige Abkühlung des Löschbereichs** (um max. 4 - 6°C), keine Nebelbildung
- **schwerer als Luft:** Be- und Entlüftungsmaßnahmen erforderlich, um das Löschgas aus tiefer gelegenen Räumen (z.B. Keller) zu entfernen
- **nicht toxisch**, physiologisch unbedenklich in den vorgesehenen Löschgaskonzentrationen
- **nach VdS 2380 kein Einsatz bei**
 - o Chemikalien, die Sauerstoff abgeben können, z.B. Zellulosenitrat
 - o Oxidationsmittel enthaltende Gemische, z.B. Natriumchlorat
 - o Chemikalien, die sich selbst thermisch zersetzen können, z.B. organische Peroxide
 - o reaktionsfreudigen Metallen, z.B. Natrium, Kalium
 - o festen Stoffe, in denen Brände schnell tief sitzend werden können

Inergen® *) (IG541)

- **Zusammensetzung:** 52 Vol.% Stickstoff, 40 Vol.% Argon, 8 Vol.% CO₂
- CO₂ -Konzentration im gefluteten Raum ca. 2,5 Vol.-% - 5 Vol.-% je nach Brandrisiko und Löschmittelmenge
- **Löschmittelmengenerhöhung gegenüber reinem Kohlendioxid: + 7,5 %**
- **sehr starke Ausströmgeräusche**
- **Bevorratung** in Hochdruck-Stahlflaschen (200 bis 300 bar)
- **Druckreduzierung** vor dem Verteilerrohrnetz nach dem Sammelrohr auf **max. 60 bar**
- **doppelter Raumbedarf gegenüber Kohlendioxid**
- ca. 80 % teurer als Kohlendioxid
- **nur geringfügige Abkühlung** des Löschbereichs (um max. 4 - 6°C), keine Nebelbildung
- **nicht toxisch**, physiologisch unbedenklich in den vorgesehenen Löschgaskonzentrationen
- **Argon u. Kohlendioxid sind schwerer als Luft:** Be- u. Entlüftungsmaßnahmen erforderlich, um das Löschgas aus tiefer gelegenen Räumen (z.B. Keller) zu entfernen
- **nach VdS 2380 kein Einsatz bei**
 - o Chemikalien, die Sauerstoff abgeben können, z.B. Zellulosenitrat
 - o Oxidationsmittel enthaltende Gemische, z.B. Natriumchlorat
 - o Chemikalien, die sich selbst thermisch zersetzen können, z.B. organische Peroxide
 - o reaktionsfreudigen Metallen, z.B. Natrium, Kalium
 - o festen Stoffe, in denen Brände schnell tief sitzend werden können
- **Stickstoff reagiert mit brennenden Metallen zu Metallnitriden (Reaktion mit Lithium zu Lithiumnitrid (leichtentzündlich))** erfolgt bereits langsam bei Raumtemperatur)

Argonite® **) (IG55)

- **Zusammensetzung:** 50 Vol.% Stickstoff, 50 Vol.% Argon
- **sehr starke Ausströmgeräusche**
- **Bevorratung** in Hochdruck-Stahlflaschen (300 bar)
- **Druckreduzierung** vor dem Verteilerrohrnetz nach dem Sammelrohr auf **max. 60 bar**
- **ca. 80 % teurer als Kohlendioxid**
- **nur geringfügige Abkühlung** des Löschbereichs (um max. 4 - 6°C), keine Nebelbildung
- **nicht toxisch**, physiologisch unbedenklich in den vorgesehenen Löschgaskonzentrationen
- **Argon ist schwerer als Luft:** Be- und Entlüftungsmaßnahmen erforderlich, um das Löschgas aus tiefer gelegenen Räumen (z.B. Keller) zu entfernen
- **nach VdS 2380 kein Einsatz bei**
 - o Chemikalien, die Sauerstoff abgeben können, z.B. Zellulosenitrat
 - o Oxidationsmittel enthaltende Gemische, z.B. Natriumchlorat
 - o Chemikalien, die sich selbst thermisch zersetzen können, z.B. organische Peroxide
 - o reaktionsfreudigen Metallen, z.B. Natrium, Kalium
 - o festen Stoffe, in denen Brände schnell tief sitzend werden können
- **Stickstoff reagiert mit brennenden Metallen zu Metallnitriden (Reaktion mit Lithium zu Lithiumnitrid (leichtentzündlich))** erfolgt bereits langsam bei Raumtemperatur)

**) KIDDE Brand- und Explosionsschutz GmbH, Ratingen

Dauerinertisierung (Sauerstoffreduktion)

- Durch eine **permanente Rauminertisierung** auf ein niedriges Niveau der Sauerstoffkonzentration wird gewährleistet, dass **eine Entzündung (Flammenbrand) des Brandstoffes nur schwer oder gar nicht auftreten kann**.
 - N_2 -Erzeugung vor Ort in einem Stickstoffgenerator: Luft wird mittels Hohlfasermembranen in N_2 und Restgase getrennt.
 - Je nach zu schützendem Gut wird der Sauerstoffgehalt auf ca. 13 bis 15 Vol.-% im Raum durch kontrollierte Einleitung von z.B. Stickstoff abgesenkt. **Die wirksame Konzentration ist bei nicht bekannten Stoffen in Versuchen zu ermitteln.**
 - **Schutzbereiche** bleiben bei den oben angegebenen Sauerstoff-Konzentrationen für Personen **begehbar**.
 - Inertgas hinterlässt keine Rückstände.
- Trotz Inertisierung ist **ggf. die Entstehung von Glimmbränden (bis 2 Vol.-% Sauerstoff *)) und starke Brandrauch- und Geruchsbildung z.B. durch die Einwirkung von Wärmestrahlung möglich.**
- **Überwachung der Sauerstoff-Konzentration** und des Druckes im Raum
 - Personenschutz ist bei kritischen Sauerstoff-Konzentrationen zu beachten: z. B. Alarmierung, mindestens 1 Fluchtweg je Schutzbereich
- Das ausgewählte **Inertgas darf** mit den im Schutzbereich **vorhandenen Materialien und Stoffen nicht reagieren**. (Einsatzgrenzen für nichtverflüssigte Inertgase siehe auch VdS 2380)
 - **Stickstoff reagiert mit brennenden Metallen zu Metallnitriden (Reaktion mit Lithium u Lithiumnitrid (leichtentzündlich))** erfolgt bereits langsam bei Raumtemperatur)

*) Quelle: Bussenius, S.: Wissenschaftliche Grundlagen des Brand- und Explosionsschutzes, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, 1996

Halondersatzstoffe

Trigon-300[®] (Trifluormethan, HFC-23)

FM-200[®] (Heptafluorpropan, HFC-227 ea)

Novec 1230[®] (1,1,1,2,2,4,5,5,5-Nonfluor-4-(Trifluormethyl)-3-Pentanon)

Normen und Richtlinien (Auswahl):

VdS 2381: VdS-Richtlinien für Feuerlöschanlagen. Feuerlöschanlagen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen. - Planung und Einbau.

NFPA 2001: Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems

Löschmechanismen und Besonderheiten – (1)

- **Löschmechanismen:**
 - Wärmeabsorption in der Flamme
 - Löschmittel wird während des Löschvorganges zersetzt und greift in die Verbrennungsreaktion ein
 - Stickeffekt bei hohen Konzentrationen
- **Ausbreitungsgeschwindigkeit im Raum wird durch physikalische Eigenschaften der Gase, insbesondere Dichte, Diffusionskoeffizient, Dampfdruck und Viskosität beeinflusst.**
 - Durch Abkühlen beim Ausströmen von unter Druck gelagerten Gasen können Temperaturunterschiede im Raum eine gleichmäßige Verteilung verzögern.
 - Die durch den Ausströmvorgang induzierte Strömung kann den Nachteil der Abkühlung für die Vermischung teilweise wieder aufheben.
- **In Flammen und an heißen Oberflächen erfolgt Zerfall in giftige, ätzende und korrosive Komponenten** (zum Beispiel Fluor, Fluorwasserstoff und andere Fluorverbindungen).
- Fluorwasserstoff greift Alkalimetalle, Eisen, Stahl, Edelstahl und einige Kunststoffe an.
 - Beständig sind Nickel, Kupfer, Monel, Inconel. Polyethylen, Polypropylen und PVC. Bei höheren Temperaturen können zahlreiche Metalle als Zerfallskatalysatoren wirken.

Löschmechanismen und Besonderheiten – (2)

- **erforderliche Löschkonzentration** der Halonersatzstoffe liegt **unterhalb der Konzentration von Inertgasen**
 - o geringerer Lagerraumbedarf gegenüber Inertgasen
- **nach VdS 2381 kein Einsatz bei**
 - o bei Chemikalien, die Sauerstoff abgeben können, z.B. Zellulosenitrat, Oxidationsmittel enthaltenden Gemischen, z.B. mit Natriumchlorat
 - o Chemikalien, die sich selbst thermisch zersetzen können, z. B. organischen Peroxiden
 - o reaktionsfreudigen Metallen, z.B. Natrium, Kalium
 - o festen Stoffen, in denen Brände schnell tief sitzend werden können
 - o Einrichtungen, bei denen aus betrieblichen Gründen heiße Oberflächen (mit Temperaturen über 150 °C) vorhanden sind.
- **Lösch Erfolg muss durch die nur einmal mögliche Flutung des Raumes gewährleistet werden**
 - o Auslösung in der frühen Brandentwicklungsphase => schnelle Branddetektion erforderlich!
 - o Falls ausbleibender Lösch Erfolg:
Brandbekämpfung durch die Feuerwehr im Innenangriff aufgrund der hohen Konzentration an giftigen und ätzenden Zersetzungsprodukten (Carbonylfluorid, Fluorwasserstoff) aus dem Löschmittel **beträchtlich erschwert.**

Löschmechanismen und Besonderheiten – (3)

- **Ventilationsbedingungen haben einen erheblichen Einfluss auf die Ausbreitung im Raum.**
- Die **Umfassungsbauteile** (Wände, Decken, Boden, Türen, Fenster usw.) müssen **gasdicht** sein.
- Die **Umfassungsbauteile müssen dem Druckanstieg während der Flutung standhalten.**
 - o **Druckentlastungsöffnungen (ins Freie, nicht zu Fenstern oder Lüftungsöffnungen anderer Räume)** dürfen nur bei Erreichen der vorgesehenen Überdrücke im Raum öffnen.
 - o Ein **Unterdruck kann in der Anfangsphase der Flutung entstehen**, wenn flüssige Halonersatzstoffe beim Verdampfungsvorgang der Umgebung Verdampfungswärme entziehen.
- **Personenschutz:** geeignete Schutzmaßnahmen (Fluchtwege, optische und akustische Alarmsignale, Warn- und Hinweisschilder etc.) sind erforderlich

Trigon-300[®] (Trifluormethan, HFC-23, FE-13)

- **gasförmiges Löschmittel**, farblos, Geruch süßlich
- Brandklasse A, B: ca. 16 Vol.-% Löschgas
- **In Flammen und an heißen Oberflächen (Temperaturen größer 400°C*) erfolgt Zerfall in giftige, ätzende und korrosive Zersetzungsprodukte (Fluor, Fluorwasserstoff, Carbonylfluorid und andere Fluorverbindungen, Kohlenmonoxid).**
- Bei höheren Temperaturen können zahlreiche Metalle als Zerfallskatalysatoren wirken.
Unverträglich mit Alkali- und Erdalkalimetallen.
- **Gas ist schwerer als Luft** und kann sich in geschlossenen Räumen ansammeln, insbesondere am Fußboden oder in tiefer gelegenen Bereichen
- **NOAEL = 30 Vol.-%**
 - NOAEL: No Observed Adverse Effect Level: Höchste Konzentration, bei der keine nachteiligen toxikologischen oder physikalischen Auswirkungen zu beobachten sind.
- **Sicherheitsdatenblatt **): Spezielle Schutzausrüstung für die Feuerwehr:**
Chemieschutzanzug, umluftunabhängiges Atemschutzgerät

*) Quelle: Angelino, G., Invernizzi, C.: Experimental investigation on the thermal stability of some new zero ODP refrigerants. International Journal of Refrigeration 26 (2003), p. 51 - 58

**) Quelle: DuPont Fluorproducts Wilmington
, Sicherheitsdatenblatt Version 2.1 vom 7.11.2011

FM-200® (Heptafluorpropan, HFC-227ea)

- **gasförmiges Löschmittel** (25 bis 40 bar, mit Stickstoffdruckpolster)
- **farblos, Geruch nach Ether**
- Brandklasse A mind. 5,8 Vol.-%, Brandklasse B mind. 8,0 Vol.-% Löschgas
- **Zersetzung bei Einwirkung von Feuer und an heißen Oberflächen (Temperaturen größer 425°C*) in giftige, ätzende und korrosive Zersetzungsprodukte: Carbonylfluorid, Fluorwasserstoff und Kohlenmonoxid (CO), ab 9 Vol.-% narkotische Wirkung**
- **Die Bildung von Kohlenmonoxid wird beim Löschvorgang im Vergleich zu freiem Abbrand und im Vergleich zum Einsatz von Halon 1301 erhöht.**
 - Wie bei den Zersetzungsprodukten HF und COF_2 nimmt die Menge an Kohlenmonoxid mit der Brandgröße und der Löschzeit zu **)
- Kontakt mit starken Laugen, starken Oxidationsmitteln, starken Reduktionsmitteln und Metallpulver vermeiden ***)
- **schwerer als Luft** und kann sich in geschlossenen Räumen ansammeln, insbesondere am Fußboden oder in tiefer gelegenen Bereichen
- bei der Flutung ist im Gegensatz zu den Inertgasen neben den Überdrücken auch das Auftreten von Unterdrücken während der Flutung zu beachten
- geringere Raumüberdrücke bei FM-200 als bei Inertgasen
- NOAEL = 9 Vol.-%
- **Sicherheitsdatenblatt ***) : Spezielle Schutzausrüstung für die Feuerwehr: Chemieschutzanzug, umluftunabhängiges Atemschutzgerät**

*) Quelle: Angelino, G., Invernizzi, C.: Experimental investigation on the thermal stability of some new zero ODP refrigerants. International Journal of Refrigeration 26 (2003), p. 51 - 58

***) Quelle: DuPont Fluorproducts Wilmington, Sicherheitsdatenblatt Version 2.1 vom 7.11.2011

**) Quelle: Su, J. Z.; Kim, A. K.: Production of Carbon monoxide during fire suppression using halon replacements. NRCC-42680, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 1999, <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc42680/nrcc42680.pdf>

Novec 1230[®] *) (FK-5-1-12)

(1,1,1,2,2,4,5,5,5-Nonafluor-4-(Trifluormethyl)-3-Pentanon)

- **bei Umgebungsbedingungen flüssig** => Verdampfung durch Zerstäubung bei hohem Druck mit Stickstoff (42 bar)
 - **Gas ist schwerer als Luft** und kann sich in geschlossenen Räumen ansammeln, insbesondere am Fußboden oder in tiefer gelegenen Bereichen
- Brandklasse A, B: ca. 6 Vol.-% Löschgas
- **farblos, geruchlos**
- **bei hohen Temperaturen erfolgt Zersetzung in Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Fluorwasserstoff, Perfluorisobutylen**
- Kontakt mit starken Basen, Aminen, Alkoholen, direktem Sonnenlicht und ultraviolettem Licht vermeiden (gemäß Sicherheitsdatenblatt *)
- NOAEL = 10 Vol.-%
- **Sicherheitsdatenblatt *) : Spezielle Schutzausrüstung für die Feuerwehr:**
Vollschutzanzug, umluftunabhängiges Atemschutzgerät

*) Quelle: 3M Deutschland GmbH, Neuss,
Sicherheitsdatenblatt Version 6.00 vom 4.8.2011

Vergleich der Dichte, ODP- und GWP- Werte bei gasförmigen Löschmitteln im Vergleich zu Luft

- **ODP:** Ozone Depletion Potential, Ozonabbaupotenzial
- **GWP:** Global Warming Potential, Erderwärmungspotenzial => Absorption der Wärmestrahlung

• Luft:	1,29 kg/m³ (Normzustand: 0°C, 1 bar)		
• Kohlendioxid:	1,98 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP = 1
• Argon:	1,78 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP = 0
• Stickstoff:	1,25 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP = 0
• Inergen[®] :	1,52 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP < 1
• Argonite[®] :	1,52 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP = 0
• Trigon 300[®] :	3,11 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP = 11.700 (bei Zeithorizont 100 Jahre)
• FM 200[®] :	7,82 kg/m ³ (im Norm.)	ODP = 0	GWP = 2.900 (bei Zeithorizont 100 Jahre)
• novec 1230[®] :	14,93 kg/m ³ (im Norm.) (Flüssigkeitsdichte bei 25°C: 1.600 kg/m ³)	ODP = 0	GWP = 1

zum Vergleich: **Halonlöschmittel** (nur noch eingeschränkt zugelassen z.B. Militär)

• Halon 1211:	7,62 kg /m ³ (im Norm.)	ODP = 3	GWP = 5000
• Halon 1301:	6,74 kg /m ³ (im Norm.)	ODP = 10	GWP = 4900

Beurteilungskriterien für den Einsatz von ortsfesten Löschanlagen in mikrobiologischen und gentechnischen Bereichen der Sicherheitsstufen S3 und S4

- Die Auslösung von Wasserlöschanlagen und von Gaslöschanlagen kann im Brandfall zu kritischen Zuständen mit erheblicher Rückwirkung auf die Aufrechterhaltung der für diese Labore im Betrieb erforderlichen Sicherheitsmassnahmen führen.
- Von ganz entscheidender Bedeutung sind hierbei die **Eigenschaften der eingesetzten Brandmeldetechnik und der ortsfesten Löschanlagen**.
- Aus den aus dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnissen ist es daher erforderlich, **Brand- und Löschversuche in einer originalgetreuen Laboranordnung mit der dort vorhandenen Lüftungstechnik, Unterdruckbedingungen, Brandlast, Brandmelde- und Löschtechnik durchzuführen**.
- Die Beurteilung der Funktionsfähigkeit einer Löschanlage ohne Brand reicht hier keinesfalls aus.

Detaillierte Ausführungen können folgenden Forschungsberichten auf der Webseite der Forschungsstelle für Brandschutztechnik entnommen werden:

Teil 1 der Untersuchungen: Forschungsbericht Nr. 149

Teil 2 der Untersuchungen: Forschungsbericht Nr. 160

<http://www.ffb.uni-karlsruhe.de/392.php>

Vielen Dank für Ihre Geduld