

# BRANDSCHUTZ - FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE

Löscheinsatz bei gelagerten Stoffen  
Teil 8: Literaturlauswertung Sprinkler

78

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER INNENMINISTERIEN DER BUNDESLÄNDER  
ARBEITSKREIS V - UNTERAUSSCHUSS "FEUERWEHRANGELEGENHEITEN"

Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Bundesländer  
Arbeitskreis V - Unterausschuß "Feuerwehrangelegenheiten"

Forschungsbericht Nr.78

Löscheinsatz bei gelagerten Stoffen  
Teil 8: Literaturlauswertung Sprinkler

von  
Dipl.-Ing. Hermann Schatz

Forschungsstelle für Brandschutztechnik  
an der Universität Karlsruhe (TH)

Karlsruhe  
September 1991

FA: Nr. 132 ( 3 / 90 )

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
2. ALLGEMEINE ANGABEN ÜBER SPRINKLER	2
3. BRÄNDE UND SPRINKLER	14
4. STAPPELLAGERUNG UND SPRINKLER	20
5. LÜFTUNG UND SPRINKLER	24
6. ANZAHL DER AUSGELÖSTEN SPRINKLER	27
7. BRANDVERSUCHE UND SPRINKLER	29
8. EINFLUßGRÖßEN VON SPRINKLERN	34
9. SPRINKLER IN KLEINEN WOHNEINHEITEN	35
10. TROPFEN UND SPRINKLER	38
11. ZUSAMMENFASSUNG	39
12. LITERATURVERZEICHNIS	41

## 1. EINLEITUNG

Ortsfeste Löschanlagen werden sowohl in bereits bestehenden als auch in neu errichteten Gebäuden immer häufiger installiert, da sich bei den meisten Fachleuten die Erkenntnis durchgesetzt hat, daß Löschanlagen den besten Schutz gegenüber Bränden bieten. Am häufigsten wird dabei auf das fast unbegrenzt zur Verfügung stehende Löschmittel Wasser zurückgegriffen, das auch in den allermeisten Brandfällen verwendet werden kann.

Andere Löschmittel wie Pulver, Schaum und Kohlendioxid finden in speziellen Fällen ihre Anwendung. Das als umweltschädlich eingestufte gasförmige Löschmittel Halon, das bisher seine Anwendung hauptsächlich als Ersatzstoff für Kohlendioxid fand, da es einerseits weniger Raumbedarf benötigte und andererseits den früheren Einsatz bei mit Personen besetzten Räumen erlaubte, darf in Kürze nicht mehr verwendet werden. Derartige Anlagen müssen deshalb umgerüstet werden, wobei sicherlich häufig auf Wasser zurückgegriffen werden kann.

Die Risiken in der Produktion und im Lagerbereich sind so hoch, daß ohne Sprinkleranlagen, die im Brandfalle ausgelöst werden, um wertvolle Zeit vor dem Eintreffen der Feuerwehr zu nutzen, viele Brände nicht mehr gelöscht werden könnten. In Kombination mit Brandmeldeanlagen läßt sich die Effektivität von Sprinkleranlagen noch erhöhen. Hierdurch kann zusätzlich die Zeit zum Auslösen der Sprinkler verkürzt werden.

Im Brandfalle ist es von großer Bedeutung, daß die Sprinkleranlage voll funktionsfähig ist und genügend Wasser zur Verfügung steht. Um dies zu gewährleisten sollte die Installation nach den Richtlinien des Verbandes der Sachversicherer (VdS) erfolgen.

Der Löscherfolg hängt sehr stark von den z. B. im Lagerbereich

aufbewahrten Stoffen ab, die entweder selbst brennbar und/oder deren Verpackung brennbar sein kann, so daß Lagerrisiken bestimmten Brandgefahren zugeordnet werden müssen und die Wasserbeaufschlagung der Sprinkler danach festgelegt werden kann.

In der vorliegenden Arbeit wird die Auswertung des in- und ausländischen Schrifttums weitergeführt, so daß ein besserer Überblick über bereits durchgeführte Untersuchungen vorhanden ist, um diese bei folgenden Untersuchungen an der Forschungsstelle für Brandschutztechnik zu berücksichtigen.

## 2. ALLGEMEINE ANGABEN ÜBER SPRINKLER

In einem kurzen Bericht werden von Aresu de Seui /1/ die vier für Sprinkleranlagen zuständigen Institutionen CEA (Comite Europeen des Assurances), FOC (Fire Office Committee), NFPA (National Fire Protection Association) und FM (Factory Mutual) aufgeführt. Für den Bereich Belgien gibt er an, daß im Jahr 1982 350 Sprinkleranlagen vorhanden waren und diese zweimal im Jahr überprüft werden. Außerdem werden Untersuchungen an Brandmeldern beschrieben.

In /2/ werden die von 8 verschiedenen Herstellerfirmen gefertigten Sprinkler in Tabellenform aufgelistet und verglichen. Die Liste beinhaltet stehende und hängende Normalsprinkler, Sprinkler mit großem Öffnungsquerschnitt, Seitenwand- und Deckensprinkler, Großtropfen- und Trockensprinkler, schnellansprechende - und korrosionsbeständige Sprinkler sowie die Anschlußgrößen und Ansprechtemperaturen der Sprinkler.

Cooper /3/ stellt fest, daß der Sachschaden bei Bränden in Büros, bei denen Sprinkler auslösten, weniger als halb so hoch ist wie in Fällen ohne Sprinklereinsatz. Auch für Computerräume sind

Sprinkler der beste Schutz, da die Ausrüstung durch Wasser nicht beschädigt wird. Die mit aufgeführte Tabelle zeigt die durch den Einsatz von Sprinklern verringerten Brandschäden.

Sugahara /4/ versucht auf mathematische Weise die Effektivität von Sprinklern und Brandmeldern im Brandfall darzustellen und kommt zum dem Ergebnis, daß Sprinkler gegenüber Wärmemeldern bei einem Feuerübersprung doppelt so zuverlässig arbeiten.

Elton /5/ befaßt sich mit der Brandsicherheit im "Metroland Vergnügungspark", der sich innerhalb eines Gebäudekomplexes befindet. Sprinkler- und Rauchabzugsanlagen sind vorhanden, aber es wird u.a. die Frage aufgeworfen, ob Sprinkler einen Brand mit einer Leistung von 5 MW aus einer Höhe von 17 m löschen können.

Cooper /6/ geht kurz auf die Entwicklung der Sprinkler durch Parmelee und Grinnell ein und stellt fest, daß in den USA hauptsächlich Sprinkler mit Schmelzlot verwendet werden, während in Europa meist Glasfaßsprinkler eingesetzt werden.

Willey /7/ nennt den Sprinklereinsatz als einzige Möglichkeit, um Großbrände, wie sie im "Dupont Plaza Hotel" oder im "MGM Grand Hotel" aufgetreten sind, zu verhindern. Die NFPA hat diesbezüglich nicht näher dargestellte Testversuche durchgeführt. Für neu errichtete sowie alte Hotels und für kleinere Wohneinheiten wird Sprinklerschutz gefordert.

Ramachandran /8/ schätzt mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung Brandrisiken mit und ohne Sprinklerschutz ab. Der Brandschaden wird für 4 Fälle betrachtet: kein Sprinkler, der Sprinkler löst nicht aus, der Sprinkler arbeitet normal und der Brand gerät außer Kontrolle. Für die Textilindustrie in Großbritannien werden in einer Tabelle die mittleren Werte der Schadensflächen für gesprinklerte und die wesentlich höheren für nicht gesprinklerte Gebäude angegeben. Sprinkler erhöhen die Möglichkeit, einen Brand bereits vor dem Eingreifen der Feuerwehr zu

löschen, was auch bei einem Drittel der Einsätze der Fall war. Daten für das Gebäude, den Brand und die Sprinkler werden in Gleichungen berücksichtigt und in einem Bild dargestellt.

Brannigan /9/ berichtet von der Meinung vieler Leute, daß Sprinkler ganze Gebäude überschwemmen und führt deshalb Demonstrationen mit ausgelösten Sprinklern durch, um die Meinung der Leute für Sprinkler zu korrigieren.

Domecq /10/ bemerkt, daß trockene Sprinkleranlagen zwar keinen Frostschutz benötigen, aber das Wasser in weniger als 90 s aus den Sprinklern austreten muß. Bei normal gefüllten Leitungen muß bei Frostgefahr entweder Glykol oder eine Chemikalie zugesetzt werden.

Montail /11/ spricht die in einem Turmhochhaus in Paris vorbildlich installierten Sicherheitseinrichtungen an, zu denen die Sprinkleranlage mit 7500 Sprinklern für je 6,75 m<sup>2</sup>, die Brandmeldeanlage und nicht zuletzt die regelmäßig stattfindenden Übungen zählen.

Isenburg /12/ gibt einen kurzen Überblick über den Schutz von Baudenkmälern mit Sprinkleranlagen wie z. B. in Dachkonstruktionen, Theatern, Schlössern und Gasthöfen. Denkmalpfleger und Kunsthistoriker lassen oftmals den Einbau einer Sprinkleranlage wegen vermeintlicher Fehlauflösungen nicht zu, obwohl gerade vorgesteuerte Trockenanlagen in vielen Fällen wertvoll wären.

Günther /13/ verweist ebenfalls darauf, daß in Museen, Kirchtürmen, Bibliotheken, Warenhäusern, Kabelschächten und anderen für die Feuerwehr schwer zu erreichenden Orten Sprinkler eingesetzt werden sollten. In einer Tabelle werden diesbezüglich Schäden detailliert aufgelistet.

Larin /14/ berichtet über zwei neue Sprinkler, deren Auslösetemperaturen zwischen 66 °C und 76 °C und deren Ansprechzeiten zwischen 80 s und 200 s liegen.

In /15/ werden Hersteller und Löscheinrichtungen für den speziellen Gefahrenschutz aufgelistet. Zum Löschen brennbarer Flüssigkeiten, Gaskesseln, Rohrleitungen, Transformatoren und Motoren werden Wassersprühanlagen verwendet.

In /16/ werden die Sicherheitseinrichtungen des größten Einkaufskomplexes in Großbritannien, des "Milton Keynes" Zentrums, mit 130 zweistöckigen Ladeneinheiten auf einer Länge von 850 m vorgestellt. Insgesamt sind 4200 Sprinkler in Trocken- und Naßanlagen installiert. An einem System befinden sich jeweils etwa 250 Sprinkler.

In /17/ sind in kurzer Form Angaben über Sprinkler, deren Auslösung, Wasserversorgung und Einsatzbereich zu finden.

In /18/ wird ein Einkaufszentrum der Größe 305 m x 46 m x 18 m beschrieben, in dem für den Brandschutz 5 Sprinklersysteme (Trocken- und Naß-) installiert sind. Die Anlagen schützen z.B. Arkaden, Balkone, Treppen und Aufzüge und sind zusätzlich mit Alarmeinrichtungen verbunden.

In einem kurzen Bericht /19/ wird auf das Versagen von Sprinkleranlagen durch Korrosion oder Schmutz in den Leitungen hingewiesen sowie auf die Reinigung mit hydraulischen Methoden.

In /20/ wird über die in einem Verteilzentrum eines Warenhauses mit einer Fläche von 28000 m<sup>2</sup> und in einem Hochregallager mit den Abmessungen 170 m x 35 m x 33 m und 34560 Palettenplätzen installierte Sprinkleranlage berichtet. Insgesamt sind 11000 Sprinkler für eine Betriebsdauer von 2 Stunden installiert und dafür ein Wasserreservoir mit einem Volumen von 2500 m<sup>3</sup> angelegt.

Neuenschwander /21/ erwähnt die Auslegung von Sprinkleranlagen für gelagerte brennbare Flüssigkeiten. Außerdem wird die zusätzliche Verwendung von Schaumsprinklern und die Wirkung auf die Umwelt diskutiert.



Euskirchen /22/ berichtet über die Anordnung der Sprinkler in einzelnen Schutzzonen mit 200 bis 300 Sprinklern in einer Papiermaschinenanlage. Die Mindestwasserbeaufschlagung ist mit 5 mm/min vorgesehen. Die Auslösetemperaturen sind wegen der höheren Betriebstemperaturen auf 141 °C festgelegt. In Finnland wurden in den Jahren 1968 bis 1981 insgesamt 92 Schadenfälle mit Papiermaschinen registriert, bei denen durch Sprinkler Brände gelöscht werden konnten, wobei bei der Hälfte ein Sprinkler genügte. Wenn die Abbrandgeschwindigkeit größer ist als die Öffnungsgeschwindigkeit benachbarter Sprinkler ist eine Bekämpfung des Entstehungsbrandes nicht mehr möglich.

Schmidt /23/ gibt das Funktionsschema einer Sprinkleranlage wieder und geht näher auf den Schutz der Anlage ein, die durch Korrosion und Mikroorganismen stark beeinträchtigt werden kann.

Morris /24/ weist auf die Furcht vieler Leute hin, Sprinkler könnten von selbst öffnen. Bei der Untersuchung von 153 Wasserschäden in gesprinklerten Bibliotheken konnten jedoch andere Ursachen festgestellt werden. Insgesamt waren im Jahre 1973 in nur 38 % der Bibliotheken Sprinkleranlagen installiert. Hier werden einige Beispiele für den Einbau beschrieben. Zusätzlich werden automatische und vorgesteuerte Trockensprinkleranlagen für frostgefährdete Bereiche und Naßsprinkleranlagen aufgelistet. Außerdem wird näher auf "on-off"-Sprinkler eingegangen. Die Auslösetemperaturen können dabei unterschiedlich hoch sein.

Piers und Smith /25/ stellen in ihrem kurzen Bericht ein spezielles Ventil vor, das sowohl bei Sprinkler-Naßanlagen als auch bei Sprinkler-Trockenanlagen verwendet werden kann.

Brannigan /26/ stellt fest, daß im Brandfalle Sprinkleranlagen in Hochregallagern, wenn sie nur an der Decke installiert sind, wenig nützen und sogar Regalsprinkler evtl. nicht ausreichen können. In besonderen Maße muß jedoch der Schutz der Feuerwehrleute gewährleistet sein.

Field /27/ berichtet über den Einbau einer Sprinkleranlage im Welthandelszentrum in New York 13 Jahre nach der Fertigstellung des Gebäudekomplexes.

Casaccio /28/ vertritt die Meinung, daß Sprinkleranlagen notwendig sind in brennbaren Gebäudekonstruktionen, bei brennbaren Gebäudeinhalten, unzugänglichen Räumen, vertikalen Schächten, Computer- und Kontrollräumen oder auch zum Schutz von nicht-brennbaren Stahlausrüstungen.

Turner /29/ legt die Gründe dar, warum in Großbritannien in unterirdischen Tiefgaragen Sprinkleranlagen installiert werden sollten, auch wenn ein Teil der Feuerwehren dies nicht wünscht. Außer Sprinklersystemen gibt es kein anderes Mittel, einen Brand bereits ohne Eingreifen der Feuerwehr zu löschen.

Baumann /30/ geht von den vielen durch Frost verursachten Schäden an Sprinkleranlagen im kalten Winter 1985 aus und gibt an, wie die Mischungsverhältnisse von Frostschutzmittel und Wasser zu bestimmen sind, um derartige Schäden auszuschließen.

Boughen /31/ spricht die Wichtigkeit von Sprinklern für den Personenschutz an. Untersuchungen zeigen, daß bereits 50 % mehr Personen aufgrund des Einsatzes von Sprinklern gerettet werden konnten.

Holland /32/ weist darauf hin, daß sich nach Analysen des NBS (National Bureau of Standards) die Anzahl der Opfer bei Bränden in Wohnungen durch die Installation von Brandmeldern und den Einsatz von Sprinklern stark verringert haben. Sprinkler haben besondere Auswirkungen auf die Rettung von Verletzten und auf die Höhe von Sachschäden.

Schuster /33/ betont in einem kurzen Bericht die Notwendigkeit des Einbaus von Sprinkleranlagen oder auch von Pulver- und Gasanlagen.

In /34/ werden Sprinklerrohrleitungen aus Kunststoff zur Vermeidung von Korrosionsschäden erwähnt. Die Sprinkler selbst werden mit einer Wachsschicht oder mit einem Plastikbecher geschützt. Für die Installation in korrosiver Umgebung werden Sprinkler aus speziellen Legierungen hergestellt.

McGary /35/ berichtet von Sprinkleranlagen mit Stahl- und Kunststoffrohren und sieht im Brandfall schnellansprechende Sprinkler in Wohnungen als wertvollen Beitrag zum Schutze von Personen und Eigentum. Da dieser Schutz auch von FM als erwiesen angesehen wird, werden auch Hotels mit Sprinklern ausgerüstet.

Nonaka und Jernigan /36/ berichten von der Befürchtung, daß der Einbau von Sprinkleranlagen bzw. ein beim Einsatz entstehender Wasserschaden größer sein könnte als der Brandschaden selbst. Kunststoffleitungen sollen die Kosten für die Installation gering halten. Außerdem sollten Hotels mit mehr als 7 Stockwerken mit Sprinklern ausgerüstet werden.

In /37/ wird lediglich auf die in den USA für Sprinkleranlagen zugelassenen Rohre und Fittings aus Polyvinylchlorid (PVC) eingegangen.

Kaiser /38/ berichtet über Löschanlagen mit Wasser und Halon. In Österreich schützten im Jahre 1985 ca. 200 Löschanlagen Produktions-, Lager-, Verkaufs- und Verwaltungsgebäude, wobei seiner Meinung nach die Sprinkleranlage die Aufgabe hat, einen Brand unter Kontrolle zu halten. Zusätzlich werden die Wirkfläche, die Wirkzeit, die spez. Wasserleistung und die Risikoklassen L (leicht: Altersheim, Schule, Wohnbereich), N (normal: Büro, Einkaufszentrum, Produktion) und H (hoch: Hochregallager, Lackierbetrieb, Schaumstoffverarbeitung) angegeben. Die Statistik besagt, daß 96 % aller Brände kontrolliert wurden.

Kaiser /39/ gibt an, daß im Jahre 1989 in Österreich 300 Sprinkleranlagen mit ca. 470000 Sprinklern installiert waren. Derartige Anlagen sollten immer durch die Feuerversicherer begleitet gebaut werden.

Casaccio /40/ berichtet über den guten Schutz von feuerwiderstandsfähigen Kabeln in Verbindung mit dem Einbau von Sprinkleranlagen. Diesbezüglich besitzt FM in den USA eine Testmethode für Kabel.

Cook /41/ hält die Überprüfung bei der Installation sowie die Wartung von Sprinkleranlagen für sehr wichtig, damit nicht Sprinkleröffnungen zugeschweißt werden und Steine oder Schweißperlen in den Leitungen liegenbleiben.

Coates /42/ beschreibt das nach den Richtlinien des FOC eingebaute Sprinklersystem in einem Einkaufszentrum. In den Einkaufsstraßen, in den daneben liegenden Geschäften und unter den Dachflächen mit Lichtöffnungen aus Acrylglas ist ein Hochdruckwasserring mit einem Druck von 6,65 bar für Brandlasten der Klasse III installiert.

Holdercraft /43/ gibt an, daß nach den NFPA-Richtlinien in Kellergeschossen, in denen sich mehr als 100 Personen aufhalten, Sprinkler installiert werden müssen. Zusätzlich müssen bauliche Vorkehrungen getroffen werden sowie Rauch- und Wärmeabzugsanlagen vorhanden sein.

Brannigan /44/ weist darauf hin, daß Sprinkleranlagen oft nur installiert werden, um bei den Versicherungsprämien Rabatte zu erzielen. Dabei werden auch nur Teilbereiche geschützt. Die Kontrolle von Sprinkleranlagen wird als wichtig eingestuft, da z. B. Trockenanlagen durch Wassereintritt unbrauchbar werden, Ventile und Pumpen nicht immer in Ordnung sind und bei frostgefährdeten Naßanlagen das Frostschutzmittel zusammenklumpen kann.

Für McCarthy /45/ sind automatische Sprinklersysteme das beste Mittel, den Brandschaden bei höheren Risiken zu begrenzen. Der entstehende Wasserschaden wird gegenüber dem evtl. Brandschaden als gering eingestuft. Als Beispiel wird ein Brand in einer Textilfabrik mit hohem Sachschaden genannt, bei dem ein Ventil

der Wasserzufuhr nicht geöffnet war.

Capper /46/ nennt als Hauptlöscheigenschaften des Wassers die Kühlung, die Verdampfung und die Verteilung. Auf dem seit 1882 bestehenden Prinzip der Sprinkler werden Flüssigkeitsläger ebenso mit Sprinklern geschützt wie Transformatoren. Diese Spray-Sprinkler werden mit einem Druck von 1,5 bar oder 3,5 bar betrieben.

Whye /47/ beschreibt in einem kurzen Bericht Schutzmaßnahmen in einem Flugzeughangar, die durch Sprinkler, AFFF-Löschdüsen und Brandmelder gebildet werden.

Gross /48/ berichtet über die Notwendigkeit, in bestimmten Fällen schnell ansprechende Sprinkler mit großen Tropfen einzusetzen wie z. B. bei Bränden mit starker Wärmeentwicklung und großen Flammengeschwindigkeiten. Kleinere Tropfen würden wegen des Auftriebs den Brandherd nicht erreichen.

Ickov /49/ gibt in einer systematischen Auflistung Hinweise zur Wartung automatischer Sprinkler-, Gas-, Schaum- und Pulveranlagen.

Richardson /50/ weist auf die hohe Funktionssicherheit von 99 % für Sprinkleranlagen hin, wenn die Wartung regelmäßig durchgeführt wird. Sprinkleranlagen sind anerkannt und in vielen Fällen erforderlich. Zwischen 1897 und 1969 sind laut NFPA 80000 Brandfälle mit Sprinklereinsätzen aufgetreten. In Australien und Neuseeland waren es von 1886 bis 1969 über 5700 Brandfälle. Ganz selten werden in gesprinklerten Gebäuden Personen bei einem Brand getötet. Während die Löscherfolgsraten in den NFPA-Statistiken bei 96 % liegen, werden sie in Australien mit 99,75 % angegeben. Für Mißerfolge werden Ursachen wie die Sprinklerung in Teilbereichen, Wassermangel, Einfrieren der Leitungen und falsche Auslösetemperaturen genannt. Ein Sprinklersystem sollte immer für die höhere Anforderung ausgewählt werden.

Pennel /51/ macht einige Angaben über den Einsatz von Computern für die Planung und Errichtung von Sprinkleranlagen und Rohrleitungen. Diese Rechentechnik hat vor über 15 Jahren begonnen und wird in allen Bereichen fortgeführt.

Bowen /52/ weist auf ein Computermodell hin, mit dem Brandrisiken abgeschätzt und bewertet werden. Dadurch können Kosten und Nutzen von Sprinklern und Brandmeldern in unterschiedlichen Gebäuden und Räumen festgelegt werden.

Porter und Schofield /53/ berichten von einem als Studentenwohnheim genutzten alten Gebäude von 1897, in das bei Renovierungsarbeiten eine Sprinkleranlage eingebaut werden mußte, um die Holzkonstruktion zu schützen.

Coleman /54/ vergleicht Sprinklersysteme aus Stahl und Kunststoff und stellt die Kosten gegenüber, wenn die beiden Systeme in gleichen Gebäuden installiert werden. In einzelnen Bereichen unterscheiden sich die Kosten erheblich, während sie in ihrer Summe nur gering differieren.

Lundsgaard /55/ gibt einen Überblick über die neuesten Entwicklungen im Bereich europäischer und amerikanischer Sprinklertechnologie und über die Festlegung internationaler Bestimmungen.

Nelson und Walton /56/ berichten über Annahmen bei der Brandschutzplanung. Gebäudekonstruktionen, Sprinkler, Brandmelder und Rauchabzüge werden in diesem Konzept, das einen Brand besser beherrschbar machen soll, betrachtet.

Morris /57/ stellt fest, daß 70 % aller Brände in Bibliotheken durch Brandstiftung verursacht werden und deshalb immer mehr Bibliotheken mit Sprinkleranlagen ausgerüstet werden. Einerseits wird die Befürchtung über evtl. Wasserschäden geäußert und andererseits die Kombination von Brandmeldern und Sprinklern als bester Schutz vor allem in den ersten 5 min eines

Brandes oder auch bis zum Eintreffen der Feuerwehr betrachtet, um Schlimmeres zu verhindern. Der Wasserschaden wird oft überbewertet, denn ein sich ungehindert ausbreitender Brand vernichtet alles.

Papaioannou /58/ hebt den internationalen historischen Wert der Gebäude und Klöster sowie der Waldflächen des Berges Athos hervor. Die Klöster beinhalten bis zu  $500 \text{ kg/m}^2$  aufgestapelte Bücher, die, obwohl Wasser nicht gerne gesehen wird, mit Sprinkleranlagen und Brandmeldern geschützt werden sollten.

Stookey /59/ berichtet in kurzer Form über Schnellverbindungen für Rohrleitungen von Sprinkleranlagen.

Nielson /60/ berichtet, daß in Oak Brook (USA) alle öffentlichen Gebäude trotz Widerstand einiger Leute mit Sprinklern geschützt werden.

Wood /61/ gibt Hinweise zu den FOC-Richtlinien für Sprinkleranlagen, die die hydrodynamischen Berechnungen mittels eines Computers betreffen.

Sotis /62/ weist auf die Nutzung von Trockensprinkleranlagen in frostgefährdeten Bereichen hin. Da die Funktion durch seltene Benutzung beeinträchtigt werden kann, soll sie mindestens einmal im Jahr überprüft werden. Dies gilt besonders für die Trockenventile, über die ausführlich berichtet wird.

Schänman und Daly /63/ machen Angaben über Sprinkleranlagen in Hotels und Motels in den USA. In den Jahren 1984 bis 1988 wurden entsprechende NFPA-Richtlinien aufgenommen. Es wird aufgelistet, wieviele Hotels Rauchmelde- und Sprinkleranlagen besitzen. Die Anzahl der installierten Brandmelde- und Sprinkleranlagen ist je nach Höhe der Gebäude unterschiedlich. Es treten außerdem Unterschiede auf, je nachdem ob es sich dabei um Hotelketten, die besser ausgerüstet sind oder um einzelne Hotels handelt.

Hart /64/ verweist auf den Beschluß von Monterrey (USA) in den 70er Jahren, daß Sprinkler für den Brandschutz wichtig sind und alle Gebäude mit einer Fläche von mehr als ca. 460 m<sup>2</sup> sowie Gebäude mit drei und mehr Stockwerken gesprinklert werden müssen. Im Jahre 1981 war insgesamt eine Fläche zwischen 70000 m<sup>2</sup> und 90000 m<sup>2</sup> geschützt. Bei Kontrollen wurde entdeckt, daß in einem Fall neben 60 bis 70 ordnungsgemäß installierten Sprinklern ca. 20 Sprinkler an die Decke geklebt und Rohrleitungen einfach nicht miteinander verbunden waren.

Smith /65/ hält die Installation und Wartung von Sprinkleranlagen bei den vielen Vorschriften und neuen Entwicklungen in der Technik für schwierig und kostenaufwendig. Deshalb kommt man nicht mehr darum herum, Sprinklersysteme mit Hilfe von Computern zu erstellen, wobei es sich um einfache oder um verzweigte Systeme handeln kann. Hydraulische Details wie Wasserdruck und -menge, Rohrleitungsgrößen, aber auch unterschiedliche Materialien können dabei berücksichtigt werden.

In /66/ wird über die Verwendung von Sprinklern in den verschiedensten Bereichen berichtet wie z. B. bei brennbaren Stoffen in Gebäuden, in Kabelkanälen, in Aufzugsschächten, in Computerräumen und auch bei flüssigen Gefahrstoffen. Besonders wird darauf hingewiesen, daß alle Ventile geöffnet sein müssen, um bei einem Brand die Wasserzufuhr zu gewährleisten. Zusätzlich werden andere Löschmittel wie Halon, CO<sub>2</sub>, Pulver und Schaum erwähnt.

In /67/ wird allgemein über die Brandschutzanlagen, Melde- und Sprinkleranlagen im gesamten Gebäude des Internationalen Kongreß Zentrums berichtet.

Kitson und Guy /68/ geben die Leistung, die Saughöhe und den Druck von Sprinklerpumpen an. Beim Einbau von Anlagen sind die Werte aus den Tabellen und die hydraulischen Berechnungen der FOC-Richtlinien einzuhalten.



Efanova /69/ berichtet über den Einbau von Brandschutzanlagen wie Sprinkler-, Schaum-, CO<sub>2</sub>- und Wasserberieselungsanlagen, die zweimal im Jahr kontrolliert werden.

In den Jahresberichten /70,71/ des VdS wird die Anzahl der Sprinkleranlagen in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1984 mit 7288, für das Jahr 1985 mit 7422 und für das Jahr 1986 mit 7568 angegeben. Zusätzlich werden geprüfte Bauteile für Sprinkleranlagen tabellarisch ebenso aufgeführt wie Brände in gesprinklerten Risiken.

In /72/ wird anhand einer Tabelle angegeben, welcher Anteil von Bränden in den Jahren 1980 bis 1984 in den USA in gesprinklerten Einrichtungen stattfanden, wobei nach Art der Einrichtung unterschieden wird.

In /73/ werden in einer Tabelle eines kurzen Berichtes für die Jahre 1980 bis 1983 Brände mit und ohne Sprinklereinsatz verglichen. Wurde bei Bränden die Sprinkleranlage ausgelöst, waren die Sachschäden weniger als halb so hoch wie bei Bränden ohne den Einsatz von Sprinklern.

### 3. BRÄNDE UND SPRINKLER

Die Jahresberichte /70,71/ geben einige Beispiele über den Einsatz von Sprinkleranlagen, über Fehlauflösungen und das Ablöschen von Bränden wieder. Die bis zum Jahre 1986 mit Sprinklern erfolgreich abgelöschten Brände werden mit 98,3 % angegeben. Außerdem wird ein Großbrand in einem gesprinklerten Warenhaus in Toulouse erwähnt, bei dem ein Schaden von etwa 200 Mio FF entstand.

In /74/ wird kurz über einen durch statische Aufladungen und einen Funken entstandener Brand von Druckerflüssigkeit an einer

Druckmaschine berichtet. Da der Brand mit einer CO<sub>2</sub>-Anlage nicht vollständig gelöscht werden konnte, löste die Sprinkleranlage aus und verteilte die Druckerflüssigkeit am Boden. Der Sachschaden betrug 250000 Dollar.

Courtney /75/ berichtet von einem Laborbrand in einem Krankenhaus. Da nur die Flure mit einer Sprinkleranlage ausgerüstet waren, entstand ein Schaden von 425000 Dollar. Bei einem weiteren Brand in einem fünfstöckigen Gebäude entstand ein Schaden von 350000 Dollar, da zu diesem Zeitpunkt die Sprinkleranlage außer Betrieb war.

Courtney /76/ beschreibt einen Brand in einem älteren zweistöckigen Gebäude, den 4 Sprinkler unter Kontrolle hielten. In einem dreistöckigen Mühlengebäude wurde ein bei Deckenarbeiten entstandener Brand mit 20 Sprinklern unter Kontrolle gehalten. Der Schaden betrug über 200000 Dollar.

Morris /77/ wirft erneut die Frage auf, ob Sprinkler Leben retten können. Experten mit gegenteiliger Meinung sollten durch den Brand in einem Einkaufszentrum, der durch ein in dichtem Nebel zur Landung ansetzendes Flugzeug verursacht wurde, belehrt werden. Nach dem Aufprall des Flugzeuges auf dem Dach des Gebäudes und dem anschließenden Feuerball sprachen die Sprinkler im Gebäude in weniger als 2 min an, so daß sich viele Personen in Sicherheit bringen konnten.

Günther /78,13/ berichtet von 3 Brandserien in Hamburg mit insgesamt 79 Bränden, bei denen die Sprinklereffektivität untersucht und als zufriedenstellend bezeichnet wurde. Zusätzlich wurde über den entstandenen Wasserschaden diskutiert und Empfehlungen ausgesprochen.

Casaccio /79/ erwähnt den Brand eines brennbaren Gemisches, das in Behältern auf 25 Paletten bis zu 2,4 m gestapelt war. Die Sprinkleranlage löste aus, die Behälter fielen um und es entstand ein Schaden von ca. 1 Mio Dollar.

Clarke /80/ berichtet von Brandschäden von über 140 Mio Pfund in Großbritannien. Bei 20 % dieser Lagerbrände waren Sprinkleranlagen vorhanden und in 50 % dieser Fälle konnte der Brand im Entstehungsstadium mit Sprinklern gelöscht oder kontrolliert und der Schaden jeweils unter 50000 Pfund gehalten werden.

Best /81/ berichtet von einem Brand im größten Warenhaus der Welt in New York. Das 20-stöckige Gebäude war mit einer Sprinkleranlage ausgerüstet. Der Brand brach im 5ten Stockwerk in der Sportabteilung aus und breitete sich in weitere Abteilungen aus, in denen die Sprinkler auslösten. Diese hätten den Brand wohl gelöscht, wenn nicht ein Ventil geschlossen gewesen wäre. Ein Feuerwehrmann starb an Rauchvergiftung. Der Sachschaden betrug 10 Mio Dollar.

Dosne /82/ beschreibt die Brandentwicklung in einer Halle mit einer Fläche von 45000 m<sup>2</sup>, in deren Längsachse Bahngleise verlaufen. Die darüber befindliche etwas veraltete Sprinkleranlage löste aus, lief 1,5 Stunden lang mit einer Wassermenge von 80 l/min, konnte aber die durch zusätzlichen Wind hervorgerufene schnelle Brandausbreitung nicht verhindern, was einen Totalschaden zur Folge hatte.

Courtney /83/ berichtet über einen Brand in einem Schlafzimmer, der von dem installierten Sprinkler ohne großen Schaden gelöscht werden konnte. In einem einstöckigen sprinklergeschützten Gebäude brach im Elektroraum ein Brand aus, der erst mit Hilfe der Feuerwehr gelöscht werden konnte, da im Sprinklerraum selbst keine Sprinkler installiert waren. Der Schaden betrug 700000 Dollar.

Stapelfeld /84/ stellt fest, daß bei einer Brandanschlagsserie im Jahre 1986 auf Hamburger Geschäftshäuser der Schaden wesentlich geringer gehalten werden konnte, wenn eine Sprinkleranlage vorhanden war. Der Brand wurde oft mit einem oder zwei Sprinklern gelöscht.

In /85/ wird von einem Brand in einer Möbelfabrik berichtet, die mit einer Sprinkleranlage geschützt war. Der Brand entwickelte sich auf eine Art und Weise, daß fast gleichzeitig 526 Sprinkler auslösten, so daß das System nicht mehr genügend Wasser zum Löschen zur Verfügung hatte. Es entstand ein Schaden von 4 Mio Dollar.

Courtney /86/ berichtet von einem kleineren Brand bei einem Asphalthersteller, den 4 Sprinkler bis zum Eintreffen der Feuerwehr unter Kontrolle halten konnten. Eine herabfallende Deckenleuchte löste in einem 3-stöckigen Gebäude mit Kunststoffdecken einen Brand aus. Bei der vorhandenen Sprinkleranlage lösten im zweiten Stock 20 Sprinkler und im dritten Stock 7 Sprinkler aus.

In /87/ wird von einem schnell umsichgreifenden Brand in einem Lagergebäude berichtet. Die Sprinkler der installierten Anlage konnten den Brand nicht löschen, da, wie später festgestellt wurde, wegen Reparaturarbeiten die Wasserzufuhr abgestellt worden war.

In /88/ wird von einem Brand in einem Gerbereibetrieb in Liverpool berichtet. Aufgrund eingefrorener Rohrleitungen in der Sprinkler-Naßanlage und sogar in einzelnen Teilen der Sprinkler-Trockenanlage konnte der Brand nicht gelöscht werden. Der Sachschaden betrug 3,2 Mio Pfund.

Kyte /89/ berichtet über einen Brand in einem 85 Jahre alten voll gesprinklerten 4-stöckigen Lagerhaus, durch den mehrere Sprinklerlinien auslösten. Da die Anlage jedoch außer Betrieb gesetzt war, kam kein Wasser. Die eintreffende Feuerwehr speiste Wasser ein. Es entstand ein Sachschaden von 10 Mio Dollar.

Corbett /90/ beschreibt einen von spielenden Kindern mit Streichhölzern an gelagerten Naphtalinfässern entfachten Brand. Die installierte Sprinkleranlage fiel aus, so daß sich das Feuer schnell und ungehindert ausbreiten konnte. Insgesamt wurden 17 Häuser und 60 Geschäfte zerstört, wobei ein Schaden von

400 Mio Dollar entstand.

Ojgaard /91/ stellt fest, daß bei 2 Bränden in Möbelhäusern Schäden von 34 Mio Kronen (Ikea in Schweden) und 250 Mio Kronen (Ikea in Hofheim-Wallau) entstanden. Die hohen Brandlasten erlaubten eine schnelle Brandausbreitung. Die installierten Sprinkleranlagen konnten den jeweiligen Brand nicht unter Kontrolle bringen, da die Wasserversorgung zu gering war. Außerdem sollten die Brandabschnitte 10000 m<sup>2</sup> nicht übersteigen.

Courtney /92/ berichtet von einem durch chemische Reaktion von Mops, die sich in einem PU-Behälter befanden, hervorgerufenen Brand in einem 5-stöckigen Krankenhaus, in dem Brandmelder und eine Sprinkleranlage installiert waren. Das Auslösen nur eines einzigen Sprinklers begrenzte den Schaden auf 10000 Dollar.

Bryan /93/ beschreibt 3 Großbrände in Hotels und das Verhalten von Personen, um Lehren daraus zu ziehen. Dabei wird erwähnt, daß z. B. im MGM Hotel nur im Bereich des Theaters, der Sportstätte und des Restaurants eine Sprinkleranlage installiert war.

Heath /94/ erwähnt einen Brand in Europas größten Filmstudios, bei dem die Sprinkleranlage ausfiel und ein Sachschaden von ca. 2,1 Mio Pfund entstand.

Comer /95/ berichtet von einem im Jahre 1980 in einem Industriekomplex mit Pflanzen aus Plastik ausgebrochenen Brand. Die Feuerwehr fand starken Qualm und blockierte Gänge zwischen den Paletten vor. Die vorhandene Sprinkleranlage wurde überlaufen und das Dach schmolz ab. In derartigen Objekten genügt nicht nur eine Sprinkleranlage, sondern es müssen auch entsprechende bauliche Maßnahmen getroffen werden. Der Gesamtschaden betrug 20 Mio Dollar.

Rule /96/ berichtet von einem bei Renovierungsarbeiten durch Funken entstandenen Brand in einem 90 Jahre alten Geschäftsgebäude mit den Abmessungen 91,44 m x 41,15 m x 33,52 m. Für

diese Arbeiten wurden die installierte Sprinkleranlage sowie Aufzüge und Leitungen entfernt, so daß sich der Brand durch große Öffnungen ausbreiten konnte und das Gebäude total verwüstete. In anschließenden Nachbargebäuden waren die Sprinkleranlagen in Betrieb. 18 Gebäude wurden beschädigt und 67 Fahrzeuge zerstört.

Sachs /97/ beziffert die nach einem Brand eines Freizeitzentrums beim Wiederaufbau entstandenen Kosten für Brandschutzmaßnahmen mit 1,7 Mio Dollar. Insgesamt wurden dabei 1300 Sprinkler in 21 einzelnen Sprinkler- und Rohrsystemen sowie Feuerlöscher und ein 12 t schwerer "Schutzvorhang" installiert.

Courtney /98/ beschreibt einen durch Funken verursachten Brand von Sägespänen in einem kleinen zweistöckigen Gebäude. Die vorhandene Sprinkleranlage konnte den Schaden auf 2500 Dollar begrenzen.

Sheldon /99/ berichtet über einen durch Überhitzung entstandenen Brand einer Prägemaschine, wobei Tapeten bei der Verarbeitung entzündet wurden. Mit 4 Sprinklern einer Sprinkleranlage konnte der Brand unter Kontrolle gehalten werden.

Hermann /100/ beschreibt den Brand in einem 3-stöckigen Gebäude aus dem Jahre 1893 mit einer Fläche von 82 m x 32 m x 17,5 m. Die Sprinkleranlage wurde im Dachgeschoß für 5 l/min/m<sup>2</sup> ausgelegt, da dort Papp- und Kunststoffspulen lagerten. Sie konnte aber den sich durch die brennbaren Baustoffe schnell ausbreitenden Brand nicht löschen.

Casaccio /101/ gibt anhand von Untersuchungen von FM in den letzten 10 Jahren an, daß 25 Brände einen Schaden von insgesamt 28 Mio Dollar verursachten, weil die Sprinkleranlagen und die Feuerwehren die gleiche Wasserquelle benutzt hatten. Die Sprinkleranlage sollte immer zuerst versorgt werden.

Mullen /102/ beschreibt einen Brand in einer Lackierfabrik, der

einen Toten und 4 Verletzte forderte, weil zu dieser Zeit das Sprinklersystem wegen Reparaturarbeiten abgeschaltet war. Es wurde festgestellt, daß von den 80 installierten Sprinklern das Schmelzlot bei 71 Sprinklern geschmolzen war.

Morehard /103/ berichtet von einem durch einen kleinen Transformator in einem Atriumgebäude verursachten Brand, der schnell gelöscht werden konnte. Das Gebäude wurde durch hängende Sprinkler und Seitenwandsprinkler geschützt, von denen jedoch erst bei den Löscharbeiten 4 Sprinkler auslösten. Die Ursache dafür ist nicht bekannt.

Courtney /104/ geht auf einen in einem eingeschossigen Supermarkt im Farbenbereich ausgebrochenen Brand ein, bei dem zunächst 20 und anschließend weitere 90 Sprinkler öffneten. Der Brand konnte erst durch den Einsatz der Feuerwehr gelöscht werden. Der Schaden betrug 265000 Dollar.

Courtney /105/ erwähnt einen durch Kurzschluß verursachten Dachbrand, bei dem die Sprinkler nichts ausrichten konnten. Der Schaden betrug 50000 Dollar.

Arbogast /106/ weist auf einen Schweißbrenner als Brandursache nach einer vorangegangenen Staubexplosion hin. Die hohe Druckwelle setzte sowohl die vorhandene Melde- als auch die Sprinkleranlage außer Betrieb. Der Schaden betrug ca. 1,5 Mio Dollar.

#### 4. STAPPELLAGERUNG UND SPRINKLER

Andrews /107/ berichtet über den Brand in einer Lagerhalle in Donnington mit einem Schaden von 165 Mio Pfund. Beim Wiederaufbau wurden modernste Brandschutzeinrichtungen wie Regalsprinkler und Dachentlüftungen nach den FOC-Richtlinien installiert. Der gesamte Komplex umfaßt eine Fläche von 35000 m<sup>2</sup>, 140 km

Sprinklerleitungen und 43000 Sprinkler, die auf 42 Systeme verteilt sind.

Courtney /104/ beschreibt einen Unfall mit einem gasgetriebenen Gabelstapler, der einen Brand in einem Papierrollenlager verursachte. Die Feuerwehr konnte mit Unterstützung von 31 Sprinklern den Brand löschen. Der Schaden betrug 250000 Dollar.

Casaccio /79/ weist für gelagerte brennbare Flüssigkeiten auf die Brandklassen I, II und IIIa hin. Bei einer Größe des Lagers von mehr als 232 m<sup>2</sup> sind Sprinkler erforderlich. In freistehenden Gebäuden dürfen brennbare Flüssigkeiten auf Paletten bis zu 3 m hoch und in getrennten Räumen innerhalb eines Gebäudes nur in Palettenhöhe gestapelt werden.

Clarke /80/ berichtet, daß der in den USA entwickelte Großtropfensprinkler in Großbritannien noch nicht angewendet wird, obwohl in Lägern größerer Höhe mit Deckensprinklern die Wassertropfen den Brandherd nicht erreichen, sondern bei einem großen Brand vorher verdampfen. Die Stapelhöhe wurde auf 9 m festgelegt und später auf 7,5 m reduziert. Die Auslösetemperaturen bei Deckensprinklern liegen bei 141 °C und bei Zwischenebenensprinklern bei 68 °C.

In /108/ werden Löscheinrichtungen wie Sprinkler erwähnt, die oft in Lägern Verwendung finden. Bei der Installation sind die Richtlinien für Sprinkler, die z. B. die Lagerhöhen und den Abstand vom Lagergut zum Sprinkler enthalten, zu beachten.

Wäckerlig /109/ geht auf die Brandgefahren und Vorsichtsmaßnahmen in Lagerbereichen ein und empfiehlt Sprinkleranlagen für die meisten Lagernutzungen, wobei bei den Lagerhöhen und Abständen den Richtlinien entsprochen werden sollte.

Neuenschwander /110/ beschreibt eine in der Schweiz installierte Sprinkleranlage in einem Hochregallager, die auf dem "System Maurer" beruht. Dabei werden sowohl das Wasser zum Löschen als



auch für die Heizung in einer Hohlprofilkonstruktion untergebracht.

Hems /111/ berichtet über die in einem Lagergebäude mit einer Fläche von 120 m x 60 m x 30 m eingebauten schnellansprechenden Sprinkler und deren Einbaukosten. Es werden hohe Brandlasten in 15 Ebenen und schmale Gangbreiten angegeben. Für derartige Installationen kann oft die Theorie Versuche nicht ersetzen.

In /112/ wird die versicherungstechnische Bewertung des Brandschutzes in Hochregallagern beschrieben und dabei auf den vorbeugenden Brandschutz in bezug auf bauliche Maßnahmen, Brandentdeckung, -meldung und -bekämpfung eingegangen. Löschanlagen gelten nur als 100 %ig wirksam, wenn sie vom VdS mit mindestens 40 % Prämie ausgewiesen werden. Beim Einbau ist auf die verschiedenen Abstände in den Lagerbereichen, auf jeweils zwei unabhängige Energie- und Wasserquellen, dezentrale Ventilstationen und selbsttätige Überwachung zu achten.

Casaccio /40/ verweist darauf, daß ESFR-Sprinkler auch im Lagerbereich für Höhen von 7,6 m bis 9,1 m eingesetzt werden. Für spezielle Bereiche in Lägern (Aerosole, Papierrollen) und höhere Läger sollen Tests und zeitaufwendige Großversuche mit in Regalen aufgestapelten Kartons eingespart werden, indem entsprechende Computermodelle entwickelt werden.

Ward /113/ macht Angaben über Brände in Lägern, die mit Sprinkleranlagen ausgerüstet waren. Dabei werden verschiedenen Lagertypen, -güter, -höhen und -flächen sowie die Brandursachen dargestellt. So öffneten bei einem Brand 127 Sprinkler, weil die Anlage zu alt war und bei einem anderen Brand 130 Sprinkler, weil der Abstand zu den Sprinklern zu gering war.

In /114/ wird auf die Erhöhung der Brandlast hingewiesen, wenn andere Teile auf vorhandene Lagergüter oder in den Gängen gestapelt werden. Im Brandfall werden dadurch mehr Sprinkler ausgelöst, wie Untersuchungen gezeigt haben. Brennbare Flüssig-

keiten in Plastikbehältern zählen zu den höchsten Brandgefahren. Zusätzlich werden Angaben gemacht, welche Sprinkler bei welchen Temperaturen in Lägern bis zu welcher Höhe eingesetzt werden sollten. Die Sprinkleranlage sollte immer für die höchste Brandgefahr ausgelegt werden.

In /115/ werden drei Gefahrenbereiche mit weniger als 25 %, zwischen 25 % und 55 % und mit mehr als 55 % für die nicht mit Wasser mischbaren brennbaren Flüssigkeiten genannt. Zusätzlich werden für den Lagerbereich Stapelhöhen, Anordnungen von Sprinklern und deren Auslösetemperaturen angegeben.

Pankow /116/ beschreibt Sprinkleranlagen in einem Hochregallager mit den zugehörigen Bauteilen. So wurden u. a. 1575 Sprinkler mit Auslösetemperaturen von 74 °C und 68 °C für Regal- und Deckenschutz installiert.

Courtney /105/ erwähnt den Brand in einem Lager, bei dem Papier durch eine Lampe entzündet wurde und Sprinkler auslösten. Der Schaden betrug 385000 Pfund.

Herth /117/ berichtet über Richtlinien, Vorschriften und technische Regeln für Läger und gibt die vom VdS geforderten Abstände für Sprinklerebenen, die Wirkflächen, die Wasserbeaufschlagung und die Lagerrisiken an. Außerdem wird über zwei bekanntgewordene Brände in Hochregallägern berichtet.

Eisele /118/ berichtet von Sprinkleranlagen als dem einzig wirksamen Schutz von Hochregallägern, auch wenn bisher Großversuche nur bis zu einer Höhe von 12 m den Beweis lieferten. Es kommt dabei auf viele Faktoren und Bemessungsgrößen an, wie der Größe des Entstehungsbrandes, der Größe der Wassertröpfchen, der Öffnungstemperatur der Sprinkler, der Lagerhöhe, der Anzahl der Sprinklerebenen, der Brandgefahr, der Schutzfläche ( 9 m<sup>2</sup> bis 12,8 m<sup>2</sup> ), der Wasserbeaufschlagung ( 5 mm/min bis 10 mm/min ) und der Ausflußrate (150 l/min). Bilder ergänzen den Bericht.

Schmitz /119/ berichtet von der Notwendigkeit von Sprinkleranlagen in Hochregallägern und von der Installation von 8700 Sprinklern in einem Waren- und Verteilzentrum mit Wasserbeaufschlagungen von 5 mm/min bis 7,5 mm/min und Auslösetemperaturen von 68 °C. So können gleichzeitig 45 Deckensprinkler und 131 Regalsprinkler gleichzeitig mit Wasser versorgt werden. Die Einrichtung wird von der Wasserversorgung bis hin zum Sprinkler beschrieben.

## 5. LÜFTUNG UND SPRINKLER

In /71/ wird von dem Brand in Toulouse berichtet, daß sich unmittelbar über der Brandstelle ein Rauch- und Wärmeabzugsgerät befand, durch das die Flammen schlugen und das Dach entzündeten. Wegen des starken Windes und der sehr starken Raumentwicklung schloß die Feuerwehr auf einen sehr starken Innenbrand mit Dachbrand, der jedoch, wie sich später herausstellte, mit Hilfe der ausgelösten Sprinkler hätte gelöscht werden können.

Talbert /120/ geht auf die seit über 10 Jahren andauernde Diskussion über die Anwendung von Sprinkleranlagen in Verbindung mit Rauch- und Wärmeabzugsanlagen ein. Diesbezüglich wurden Untersuchungen in einem 23 m x 8 m x 5 m großen Raum durchgeführt, wobei Propan oder Holz als Brandlast und Sprinkler mit Auslösetemperaturen von 74 °C und 141 °C eingesetzt wurden. Mit den installierten Rauch- und Wärmeabzügen war keine Verbesserung für den Brandschutz zu erzielen.

Hinkley /121/ führt aus, daß bei Bränden mit starker Rauchbildung oder wenn Sprinkler den Brand nicht löschen können, für den Einsatz der Feuerwehr Rauchabzüge notwendig sind. Bei theoretischen Untersuchungen der FRS (Fire Research Station) wird von 25 geöffneten Sprinklern und der Luftzufuhr im Raum von unten ausgegangen. In Bildern wird die Höhe der rauchfreien Schicht in

Abhängigkeit von der Versuchszeit mit und ohne Rauchabzug dargestellt.

Hinkley /122/ beschreibt den Einbau von Dachentlüftungen als Vorteil, wenn bei einem Brand unter Berücksichtigung der Raumgröße zuerst die Sprinkler ansprechen. Diesbezüglich werden ausführlich mathematische Modelle zur Bestimmung der Rauchgasschicht unterhalb der Decke und das Auslösen des ersten Sprinklers angesprochen. In Bildern werden die Ergebnisse dargestellt.

Battrick /123/ vertritt die Ansicht, daß die Kombination von Rauch- und Wärmeabzügen und Sprinklern kosteneungünstig wäre und der Sprinklereinsatz beeinträchtigt werden könnte. Die Meinungen darüber gehen jedoch weit auseinander. FM führte 1970 einen Versuch in einem Reifenlager durch, bei dem der erste Sprinkler nach 135 s öffnete und 43 Sprinkler nach 8 min 20 s den Brand kontrollierten. Nach einer Versuchszeit von 60 min wurden Türen und Fenster geöffnet und der Brand dadurch verstärkt. Nach etwa 2 Stunden waren 95 Sprinkler ausgelöst. Die Abzüge hatten den Vorteil, daß die Temperaturen niedriger lagen und die Sichtverhältnisse besser waren.

Nach Heselden /124/ sollten Sprinkler direkt über und neben dem Brandherd auslösen, damit einerseits der Brand gelöscht und andererseits eine Ausbreitung verhindert wird. Ventilationsöffnungen können kalte Luft heranzuführen, so daß evtl. keine Sprinkler auslösen und sich deshalb der Brand weiter ausbreitet. Durch die heißen Gase können auch weiter entfernte Sprinkler ausgelöst werden. Die Systeme müssen daher gut aufeinander abgestimmt werden.

In /125/ wird über ein mit einer Sprinkleranlage ausgerüstetes Atriumgebäude berichtet, bei dem bis zu einer Höhe von 24 m die Stockwerke zum Atrium hin offen sind. Durch die Sprinkler soll das Bersten von Glasscheiben verhindert werden, die in das Atrium hinabfallen könnten. Weiterhin werden Maßnahmen zur Rauchfreihaltung durch Klappen erläutert.

Hinkley /126/ beschreibt die Schichten der bei einem Brand auftretenden Rauchgase, die durch die Entlüftung in gleichem Maße wegbewegt werden müssen, wie sie entstehen, um Frischluft nachzuführen. Vorteile entstehen, wenn die Sprinkler, die Lüftungsanlage, die Brandmelder und die baulichen Maßnahmen aufeinander abgestimmt sind. Zusätzlich werden mehrere Autoren erwähnt, die sich mit diesem Thema befassen.

In /127/ werden für den Normalfall Lüftungsanlagen für ungesprinkelte Gebäude verwendet. Wenn eine Sprinkleranlage vorhanden ist, sollte die Lüftungsanlage im Brandfall immer nachgeschaltet werden und zwar dann, wenn sich die Brandgase bereits etwas abgekühlt haben und deshalb den Raum nicht mehr verlassen würden. Das Auslöseelement für die Lüftung sollte daher immer die höhere Temperatur besitzen.

Kunze /128/ gibt an, daß bei größeren Nutzungseinheiten in Atriumgebäuden eine Vollsprinklerung erforderlich ist. Natürliche Abzüge sind nur bis zu 3 Vollgeschossen zulässig.

Morgan /129/ berichtet sehr ausführlich über Rauch- und Wärmeschutzmethoden in Einkaufszentren. Untersuchungen zeigten, daß das Wasser aus den Sprinklern zu einem Wärmeverlust bei der Auftriebsströmung führt. In einem Beispiel wird in einer gesprinkelten Passage ein Brand mit einer Wärmeleistung von 5 MW angenommen. Die Auslegung der Sprinklerauslösetemperaturen und der Entlüftungsflächen sowohl in der Passage als auch in den angrenzenden Läden muß darauf abgestimmt werden. Die Entlüftungen sollten automatisch gesteuert und die Sprinkler in den Läden eine niedrigere Auslösetemperatur als in der Passage besitzen. In Tabellen werden die vorzusehenden Entlüftungsöffnungen und der Wärmeverlust in unterschiedlichen Entfernungen angegeben.

Edwards /130/ erwähnt, daß unterschiedliche Meinungen für den Einsatz von Sprinklern in Verbindung mit Rauch- und Wärmeabzugsanlagen bestehen. Untersuchungen in Schweden haben ergeben, daß

beides gemeinsam eingesetzt werden kann.

Hinkley /131/ berichtet über den durch zahlreiche Untersuchungen belegten Nutzen von Lüftungssystemen, vor allem bei durch Sprinkleranlagen kontrollierte Brände, die viel Rauch erzeugen. Der umfangreiche Bericht gibt durch ein mathematisches Modell die Wechselwirkung von Lüftung und Auslösen von Sprinklern wieder. Gleichungen, Tabellen und Bilder zeigen die Abhängigkeiten bei verschiedenen Parametern.

#### 6. ANZAHL DER AUSGELÖSTEN SPRINKLER

Cooper /3/ gibt an, daß bei 56 % der Brände in Büroräumen zum Löschen 1 Sprinkler und bei 74 % der Brände 2 Sprinkler ausreichten.

In /132/ wird eine Versuchsreihe erwähnt, bei der 4 Sprinkler von insgesamt 36 Sprinklern genau über der Brandlast positioniert wurden. Die bei den jeweiligen Versuchsbränden ausgelöste Anzahl von Sprinklern wird mit 1 bis 11 Sprinkler angegeben.

Morris /77/ berichtet von vielen Personen, die sich bei einem Brand aufgrund von 45 ausgelösten Sprinklern einer nicht näher genannten Anzahl installierter Sprinkler in Sicherheit bringen konnten und somit Schlimmeres verhindert werden konnte.

Casaccio /79/ berichtet, daß bei FM bei Brandversuchen mit Farbverdünnung Normalsprinkler beim Löscheinsatz keinen Erfolg hatten. Von den beim zweiten Versuch eingesetzten Großtropfensprinklern öffneten 42 Stück innerhalb von 3 min, zeigten aber ebenfalls keine Wirkung. Beim dritten Brandversuch mit Alkohol und Wasser löste je ein Normalsprinkler nach einer Versuchszeit von ca. 16 min und ca. 25 min aus. Der Brand wurde damit kontrolliert. Beim vierten Brand mit PE-Behältern und Alkohol als

Brandlast konnten 41 Normalsprinkler nichts ausrichten, während bei Maisöl als Brandlast die Kontrolle über den Brand erreicht wurde.

Euskirchen /22/ gibt an, daß bei mehr als 50 % der Brände an Papiermaschinen in Finnland ein Sprinkler zum Löschen genügte. In Tabellen und Bildern werden Schadenshöhen genannt. In 54,9 % löschte 1 Sprinkler, in 15,4 % genügten 2 Sprinkler, in 23,1 % waren es 3 bis 9 Sprinkler und in 6,6 % 10 bis 18 Sprinkler, die den Brand löschen konnten.

Morris /24/ bemerkt, daß in den Jahren 1925 bis 1964 bei 38 % von ca. 70000 Bränden ein Sprinkler zum Löschen ausreichte, bei 71 % der Brände lösten bis zu 4 Sprinklern aus. Nach neueren Untersuchungen ist bei 70 % aller Brände ein Sprinkler zum Löschen ausreichend.

Morris /57/ berichtet, daß bei 43 % der Brände mit einem einzigen Sprinkler gelöscht wurde und bei 70 % der Brände bis zu 3 Sprinkler ausreichten.

Courtney /105/ berichtet von dem geringen Sachschaden bei einem Brand in einem Apartmenthaus, wo ein einzelner Sprinkler den Brand löschen konnte. Ein beim Ummanteln von Draht entstandener Brand wurde mit 8 Sprinklern kontrolliert. Der Schaden betrug 85000 Dollar. Der Brand in einem Elektroniklabor wurde mit 5 Sprinklern auf einen Schaden von 105000 Dollar begrenzt.

Skingle /133/ gibt an, daß 70 % der Brände mit weniger als 4 Sprinklern und 90 % mit weniger als 16 Sprinklern gelöscht wurden.

Riou /134/ stellt fest, daß in Frankreich bei 97,5 % der Brandfälle weniger als 30 Sprinkler auslösten. Bei 66 % der Brände waren es ein bis vier Sprinkler und bei 16 % lösten fünf bis zehn Sprinkler aus. In diesem Zusammenhang wird kurz über die Entwicklung und Amortisation von Sprinkleranlagen berichtet.

In /114/ wird in einer Tabelle die Anzahl der Sprinkler angegeben, die im Mittel bei verschiedenen Gefahrenklassen auslösten: bei Klasse I (Maschinenteile auf Holzpaletten) 6,5 Sprinkler, bei Klasse II (einzeln in Kartons verpackte Maschinenteile auf Holzpaletten) 4,4 Sprinkler, bei Klasse III (Lederhandschuhe) 6,8 Sprinkler, bei Klasse IV (elektronische Teile mit geringem Plastikanteil in Kartons) 8,3 Sprinkler, bei Plastikmaterialien 12,5 Sprinkler und bei Polyurethan 15,1 Sprinkler.

## 7. BRANDVERSUCHE UND SPRINKLER

Cooper /6/ berichtet von Untersuchungen bei FM mit ESFR-Sprinklern bis zu Lagerhöhen von 7,9 m und 9,1 m, wobei eine bessere Wirkung als mit Standard- und Großtropfensprinklern erzielt wurde. Gebäude werden in 3 Gefahrenklassen eingestuft wie z. B. Schulen, Kirchen und Hotels in die leichte Gefahrenklasse, Bäckereien, Garagen, Restaurants in die Gruppe I bis zu Höhen von 2,4 m und Getreidemühlen, Maschinenhallen, Textilverarbeitung bis zu Höhen von 3,7 m. Weiterhin werden Sprinklertypen für spezielle Anwendungen genannt.

In /132/ werden Brandversuche und der Einsatz von ESFR-Sprinklern erwähnt. Bei insgesamt 11 Versuchen wurden die Stapelhöhen zwischen 4,3 m und 7,6 m variiert. Die Deckenhöhe betrug 9,1 m. Von insgesamt 36 installierten Sprinklern befanden sich zentral über der Brandlast aus Kartons mit Kunststoffüllung 4 Sprinkler.

Richardson und Boehmer /135/ beschreiben Untersuchungen zur Bestimmung der Effektivität von Sprinklern zum Schutz von Verglasungen in einem Raum der Größe 1,83 m x 2,44 m x 3,05 m. Der Brand wurde mit einem Propanbrenner simuliert. Die bei den 11 Versuchen verwendeten Normalsprinkler und schnellansprechenden Sprinkler lösten zwischen 11 s und 315 s aus. Die an den Glasscheiben auftretenden Temperaturen konnten durch den Einsatz von



Sprinklern wesentlich gesenkt werden, so daß die Scheiben zwei Stunden hielten. Tabellen und Bilder veranschaulichen die Ergebnisse.

Richardson und Oleszkiewicz /136/ berichten ebenfalls sehr ausführlich über die mit Normalsprinkler und schnellansprechenden Sprinklern durchgeführten Untersuchungen an Verglasungen in dem in /135/ genannten Raum. Die Ergebnisse werden anhand von Bildern verdeutlicht.

Richardson und Chown /137/ beschreiben Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Glasscheiben im Brandfall, um festzustellen, ob durch Sprinkler die dem Brand zu- oder abgewandte Seite der Glasscheibe besser zu schützen ist. Das früheste Auslösen eines Sprinklers war nach 11 s zu verzeichnen und die längste Zeit, die eine Scheibe standhielt betrug 140 min.

Gospodkin u.a. /138/ berichten über Brandversuche, bei denen verschiedene alte und neue Sprinkler auf ihr Auslöseverhalten hin untersucht wurden.

Palmer /139/ weist auf die Schwierigkeiten bei Bränden in Krankenhäusern hin und nimmt dies zum Anlaß, Brandversuche mit und ohne Sprinkler in Zimmern mit 6 Betten durchzuführen. Mit einem schnellansprechenden Sprinkler über dem Bett konnte der Brand sofort gelöscht werden. Ein Nachteil war, daß der Brandrauch weit nach unten gedrückt wurde.

Kunkelmann und Schatz /140/ befassen sich mit der Untersuchung der Brandausbreitung und dem Löscheinsatz mit Sprinklern an gestapelten Stoffen. So wurde u. a. untersucht, wie groß die zum Löschen eines Lagerstapels mit einer Höhe von 3 m benötigte Wassermenge ist.

In /141/ wird der Brand von 900 l Kerosin unterhalb eines Flugzeugtrupfes beschrieben, durch den ein Flugzeugabsturz simuliert wurde. Eine Sprinkleranlage zum Schutz der Kabinen wurde dabei

mit Erfolg getestet. Laborversuche bestätigten das Ergebnis. Somit können wertvolle Sekunden zur Rettung von Personen gewonnen werden.

Hinkley /121/ weist auf die durch die europäischen Versicherer durchgeführten Großversuche hin, bei denen bei verschiedenen Lageraufbauten Wasserbeaufschlagungen von 7,5 mm/min bis 30 mm/min aufgebracht wurden, der Brand jedoch nicht immer vollständig gelöscht werden konnte.

Casaccio /79/ erwähnt Branduntersuchungen mit Sprinklern, die von FM an gestapelten brennbaren Flüssigkeiten durchgeführt wurden. Die Behälter aus Plastik stellen gegenüber denen aus Metall oder Glas die größere Gefahr dar.

Albert /142/ berichtet, daß bei Untersuchungen in U-Bahnwagen in Hamburg, Brände mit Sprinklern sehr effektiv gelöscht werden konnten. Da Personen einen Entstehungsbrand meist nicht löschen, kann somit eine noch größere Gefährdung vermieden werden.

In /143/ wurde der Brand bei Woolworth, bei dem 10 Personen ums Leben kamen und ein Sachschaden von 2,5 Mio Pfund entstand, zum Anlaß genommen, Großversuche mit Sprinklereinsatz durchzuführen. Bei zwei Versuchen wurden 8 Sprinkler für je 12 m<sup>2</sup> und bei einem Versuch 4 Sprinkler für 21 m<sup>2</sup> verwendet. Die Wasserbeaufschlagungen betragen 2mm/min bis 10 mm/min, wobei die größere Menge geringere Temperaturen und die geringeren Mengen wärmere Brandgase zur Folge hatten.

In /144/ wird über den Brand bei Woolworth berichtet und auf nicht näher behandelte Untersuchungen mit Sprinklern hingewiesen, die aus diesem Anlaß durchgeführt wurden.

Sullivan /145/ weist auf den Löscherfolg mit schnellansprechenden Sprinklern und Großtropfensprinklern an Lagerstapeln bis zu einer Höhe von 5,8 m hingewiesen. Ebenso erfolgreich verliefen Versuche mit ESFR-Sprinklern an 7,5 m hoch gestapelten Kartons

auf Gestellen mit expandiertem PS-Hartschaum als Inhalt, weniger erfolgreich dagegen die ohne Kartons.

Bell /146/ berichtet über Untersuchungen an Sprinklerleitungen aus Kunststoff, die unterhalb der Decke 30 min lang einem Holzkrippenbrand ausgesetzt waren. Innerhalb von 1 min stieg die Temperatur auf ca. 400 °C an und fiel nach dem Auslösen der Sprinkler auf ca. 150 °C ab. Kunststoffleitungen dürfen nur nach den NFPA-Richtlinien verwendet werden.

Beason /147/ berichtet von 5 Versuchen, bei denen unterschiedliche Glasscheiben zur Bereichstrennung installiert waren. Die Brandlast betrug zwischen 40 KW und 250 KW. Nur dreimal lösten zwei an der Decke befindliche Sprinkler innerhalb von 45 s aus. Eine Tabelle zeigt die Bedingungen, bei denen die Gläser dem Brand standhielten.

Landsberg /148/ berichtet von Untersuchungen in einem U-Bahnwagen, bei denen je nach Zündungsort und Zuluftöffnung das Auslösen der Sprinkler zwischen 51 s und 248 s erfolgte. Die zum Löschen benötigte Wassermenge betrug zwischen 60 l und 90 l. Die Temperatur unterhalb der Decke erreichte Werte von 100 °C.

Nett /149/ führt ebenfalls die Untersuchungen in einem U-Bahnwagen an. Nach dem Zünden mit ausgeschüttetem Benzin lösten die Sprinkler einmal nach 50 s und sonst im Mittel nach 3,5 min aus. Der Brand konnte, ohne außer Kontrolle zu geraten, gelöscht werden. Die Feuerwehr würde eine Anfahrtszeit von 30 min bis 60 min benötigen.

Field /150/ berichtet vom größten britischen Brand mit einem Schaden von 165 Mio Pfund, bei dem ein 40000 m<sup>2</sup> großes Lagergebäude mit einer Höhe von 8 m vernichtet wurde. Dies wurde zum Anlaß genommen, Untersuchungen an gelagerten Stoffen mit drei verschiedenen Sprinklern (Glasfaß-, Schmelzlot- und Becher-) durchzuführen, die in mehreren Ebenen angeordnet waren. Als Brandlast wurden dreilagige Kartons mit Holzwolle oder Chips

auf Paletten bis zu einer Höhe von 9,1 m gestapelt. Der Brand erreichte jeweils bereits nach ca. 2 min die Oberkante des Stapels. Die 16 Versuche werden ausführlich beschrieben und in zahlreichen Bildern und Tabellen die Ergebnisse dargestellt. Neben den Anordnungen werden u.a. der Sprinklertyp, die Auslösezeit, der Wasserverbrauch und die Löschzeit angegeben.

Ranthe /151/ berichtet von den 13 in Cardington durchgeführten Brandversuchen an Lageraufbauten. Dabei wurden jeweils 100 Glasfaß-, Schmelzlot- oder schnellansprechende Sprinkler installiert. Als Brandlast wurden Kartons mit Polystyrol-Chips verwendet. In Tabellen werden Stapelhöhen, Sprinkler, Auslösetemperaturen und Wasserbeaufschlagungen angegeben.

Rohlfis und Linden /152/ führen 6 von FM durchgeführte Versuche mit Großtropfensprinklern an 6 m hohen Regallagern an. Das Lagergut bestand aus Polystyrolbechern in Kartons. Sprinkler mit Schmelzloten mit schnellem Ansprechverhalten erwiesen sich beim Löschen gegenüber denen mit einem konventionellen Auslöseteil als leistungsfähiger, da weniger Sprinkler auslösten. Der horizontale Abstand der Sprinkler zum Brandherd ist beim Löscheintritt ebenfalls ein wesentliches Kriterium. Außerdem werden die durch Brände in den siebziger Jahren ausgelösten Untersuchungen der CEA in Cardington in einem 30 m x 30 m x 9 m großen Testgebäude beschrieben. Das Brandmaterial, bestehend aus Kartons mit Polystyrol-Flocken wurde in Gitterboxen oder auf Paletten gelagert. Die Auslösetemperaturen der Glasfaßsprinkler betragen 68 °C und 141 °C. Für die Blocklagerung konnte die Beziehung zwischen Lagerhöhe und Wasserbeaufschlagung bestätigt werden, während bei Gitterboxen auch eine hohe Wasserbeaufschlagung den Brand nicht aufhalten konnte. Schnellansprechende Sprinkler verbesserten den Löscherfolg. Zusätzlich müssen die Lagerflächen und die Stapelhöhen verringert werden.

In /70/ wird ebenfalls auf die in Cardington durchgeführten Großbrandversuche mit lagermäßig gestapelten Kartons und unterschiedlichen Sprinklern hingewiesen.

In /115/ werden zahlreiche Versuche von FM angegeben, bei denen brennbare Flüssigkeiten in Kannen und Wannen mit Sprinklern beaufschlagt werden. Tabellen und Bilder zeigen die Ergebnisse.

Tubasov u.a. /153/ berichten über Untersuchungen an brennbaren Gummiröhren in einer 18 m x 36 m x 12 m großen Versuchshalle und entwerfen ein typisiertes Sprinklersystem.

## 8. EINFLUßGRÖßEN VON SPRINKLERN

Cooper /6/ gibt die für das Auslöseverhalten von Sprinklern wichtigen Einflußgrößen an. Der RTI-Wert (Response Time Index) ist ein Maß für die Temperaturempfindlichkeit. Je kleiner dieser Wert ist, desto schneller spricht der Sprinkler an. Der RDD-Wert (Required Delivered Density) gibt die erforderliche Wassermenge zur Unterdrückung eines Brandes wieder, die von unterschiedlichen Faktoren abhängt. Der ADD-Wert (Actual Delivered Density) ist ein Maß für die tatsächlich auf einen Brand aufgebrachte Wassermenge.

Gross /48/ gibt die Abhängigkeit der Ansprechzeit von dem Auslöseelement eines Sprinklers und der Zeit (RTI-Wert) an.

Rolfs und Linden /152/ gehen auf die Bestimmung des RTI-Wertes durch Eintauchen des betreffenden Elementes in einen Heißluftstrom und Messung der Zeit bis zum Auslösen ein. Die Empfindlichkeit ist umso größer, je kleiner der RTI-Wert ist. Bei Glasfaßsprinklern liegt der RTI-Wert zwischen 190 und 340 und bei Schmelzlotsprinklern zwischen 100 und 200. Für den Wohnbereich werden Sprinkler mit einem RTI-Wert von weniger als 29 angegeben.

Heskestadt u. a. /154/ erörtern die Bedingungen und die Gültigkeit von Testergebnissen bezüglich des Auslösens von Sprinklern

bei Wärmeeinwirkung für die Realität. Hierzu werden der "plunge test", der nicht für niedrige Temperaturen und der "ramp test", der nicht für hohe Temperaturen gilt, genannt.

## 9. SPRINKLER IN KLEINEN WOHNEINHEITEN

Casaccio /40/ berichtet, daß ESFR-Sprinkler mit kleineren Austrittsöffnungen getestet werden, um sie im Wohnungsbereich einsetzen zu können.

Gross /48/ nennt Sprinklertypen für unterschiedliche Einsatzgebiete, die z. B. auch in Wohnbereichen eingesetzt werden können. Ohne Sprinkler sollten entsprechende bauliche Maßnahmen ergriffen werden.

Harmathy /155/ schlägt vor, daß alle neuen Einfamilienwohnungen mit Sprinklern ausgerüstet werden sollten. Es werden ab 1985 Wohnungen mit und ohne Sprinkler verglichen und eine Formel für die Einbaukosten angegeben, wobei die Wohn- und die Schutzfläche eine Rolle spielen. In 0,4 % der Wohnungen waren Sprinkler eingebaut. Weiterhin werden die Personen- und Sachschäden bei Bränden mit und ohne Sprinklereinsatz gegenübergestellt und die versicherungstechnische Seite betrachtet.

Ruegg und Fuller /156/ gehen auf die Entwicklung der Sprinkler für kleine Wohneinheiten ein. Durch ihren Einbau können Personen und Sachen geschützt werden. Für das Jahr 1981 werden in Tabellen bei Bränden in Ein- und Zweifamilienhäusern mit Sprinklerschutz weniger Tote und geringerer Sachschaden aufgeführt als ohne Sprinkler. In Fallstudien wird auf die Notwendigkeit einer Sprinkleranlage und auf möglichst geringe Einbaukosten hingewiesen.

Walters /157/ berichtet, daß viele Brände in nicht gesprinkler-

ten Wohneinheiten gemeldet werden. Aus diesem Grund wurde ein leerstehendes Gebäude mit Sprinklern ausgerüstet und Übungen mit unterschiedlichen Brandsituationen durchgeführt. Bei 5 Versuchen wurde das Löschen von Holzpaletten und Zeitungen in Höhen von 1,8 m bis 3 m durch die Sprinkleranlage demonstriert und der Einsatz der Feuerwehr geübt.

Anderson /158/ berichtet über Bedenken, daß bei Sprinklern in Wohnungen durch den hohen Wasserdruck in den Leitungen Wasser austritt, Sprinkler in Abwesenheit öffnen, die Kosten zu hoch wären oder auch optisch nicht in eine Wohnung passen würden. Es wurde jedoch nachgewiesen, daß beim gleichen Objekt bei einem Brand Sprinkler weniger Wasserschaden verursachten als beim Löschen durch die Feuerwehr.

Coleman /159/ erwähnt die bei Untersuchungen in Wohnhäusern mit Sprinklern und Rohrleitungen aus Kupfer erzielten guten Ergebnisse, die bei einem Brand bessere Überlebenschancen einräumen (Fort Lauderdale, Cobb County, Operation San Francisco). Eine Studie stellt fest, daß etwa 97 % weniger Brandopfer zu beklagen gewesen wären, wenn Brandmelder und Sprinkler installiert gewesen wären.

Belles /160/ führte 4 Brandversuche in Zimmern durch, bei denen nach ca. 19 min offene Flammen auftraten. Die Sprinkler lösten zwischen 3 min und 7 min nach Brandbeginn aus. Danach wurde mit  $5 \text{ W/cm}^2$  bis  $7 \text{ W/cm}^2$  die Wärmeleistung für den Feuerübersprung erreicht. Die Versuchswerte, Gaskonzentrationen und Temperaturen sind in Tabellen eingetragen.

Isner /161/ berichtet ausführlich über zwei Wohnungsbrände, die durch einen Toaster bzw. heiße Asche verursacht wurden. Beide konnten mit einem Sprinkler gelöscht werden. Der Schaden betrug 7000 Dollar bzw. 200 Dollar.

Raubeson /162/ teilt mit, daß 80 % der 7000 Brandtoten der letzten 5 Jahre in kleinen Wohneinheiten zu beklagen waren. Aus die-

sem Grund wurden in einem Zimmer mit Hilfe eines gefüllten Papierkorbes Brände gelegt. Durch das Auslösen der Sprinkler wurde der Brand gelöscht. Um die Rettungsmöglichkeiten aufzuzeigen, saßen während des Brandes 3 Experten mit Regenmänteln in diesem Raum. Zusätzlich sprechen die geringen Kosten der Sprinkler und der geringe Wasserschaden für einen Einbau.

Turner /163/ berichtet von 2 Versuchen in Räumen mit schnellansprechenden Sprinklern, die auf großes Interesse stießen. Im Bezirk von Scottsdale wird deshalb für jedes neue Einfamilienwohnhaus eine Sprinkleranlage gefordert. Es wird geschätzt, daß dadurch 85 % weniger Schäden auftreten und die öffentliche Wasserversorgung (Hydranten) verringert werden kann.

Coleman /164/ stellt den großen Nutzen von Sprinklern in Wohneinheiten den Kosten gegenüber, worüber verschiedene Institutionen diskutieren.

Hanson /165/ berichtet über Brandversuche, bei denen Brandmelder und Sprinkler eingesetzt wurden. Dabei schützte ein Sprinkler den Raum und ein Sprinkler das Fenster. Die verwendeten Kunststoffleitungen hielten 2 Stunden dem Druck von  $13 \times 10^5$  Pa stand. Die Brände konnten immer gelöscht werden.

Isner und Smith /166/ geben die Anzahl der Toten mit 278 an, die seit 1978 bei 44 Bränden in Wohngebäuden ums Leben kamen. Ein Wohnungsbrand, der 10 Tote und Verletzte forderte, wurde zum Anlaß genommen, in einem ähnlichen Gebäude eine Sprinkleranlage zu installieren. Beim Öffnen eines Sprinklers wird die Wasserleistung mit  $32,5 \text{ l/min/m}^2$  und beim Öffnen von drei Sprinklern mit  $24,5 \text{ l/min/m}^2$  angegeben. Die Auslösetemperatur der Sprinkler betrug  $57 \text{ }^\circ\text{C}$ . Der zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Gebäude ausgebrochene Brand forderte wegen des Einsatzes der Brandmelder und Sprinkler keine Opfer.



## 10. TROPFEN UND SPRINKLER

In /71/ wird über ein Tropfengrößenmeßgerät berichtet, das mittels eines gepulsten Laserstrahls Tropfen mit den Durchmessern von 0,01 mm bis 1,8 mm erfassen kann.

Clarke /80/ weist darauf hin, daß bei einem großen Brand die aus einem Sprinkler austretenden Wassertropfen den Brandherd nicht erreichen. Sie verdampfen vielmehr 3 m bis 5 m unterhalb des Sprinklers.

In /167/ wird auf ein Tropfengrößenmeßsystem von FM hingewiesen. Die Messung erfolgt mittels eines Lasers für den Bereich von 0,1 mm bis 6,4 mm. Die Ergebnisse werden mit einem Computer ausgewertet.

McCaffrey /168/ beschreibt ausführlich die Wechselwirkung von Wassertropfen mit Flammen, wobei das Massenverhältnis des Wassers zu dem der Gase eine Rolle spielt. Die Form der Düsen und die Höhe des Wasserdruckes haben einen Einfluß auf die Größe der Tropfen. Höhere Drücke lassen kleinere Tropfen entstehen und größere Wassermengen binden bei einem Brand mehr Wärme und kühlen die Umgebung stärker.

Dundas /169/ beschreibt in einem ausführlichen Bericht den Einfluß von Sprinklern auf einen Brand. Tropfen aus einem Sprinkler müssen entgegen dem Auftrieb den Brandherd erreichen und dürfen nicht wegschweben. Kleinere Tropfen haben zusammen zwar eine größere Oberfläche und deshalb eine größere Kühlwirkung, dringen aber oft nicht bis zur Flamme vor wie größere Tropfen. Berechnungen und Untersuchungen haben ergeben, daß die Tropfengröße mit der Sprinklergröße und dem Druck verknüpft ist. Einzelheiten sind dem Bericht zu entnehmen.

Schatz /170/ berichtet über die Bedeutung der räumlichen Verteilung, des Anfangsimpulses und des Tropfendurchmessers des aus einem Sprinkler austretenden Wassers. Rechnerische Betrachtungen

ergeben, daß nur größere Tropfen einen Brandherd erreichen können, während kleinere verdampfen. Bei Löschversuchen spielt deshalb die Entfernung der Sprinkler über dem Brand eine große Rolle.

Kunkelmann /171/ gibt in seinem Bericht einen Literaturüberblick, der sich mit dem Wärme-, Massen- und Impulsaustausch eines aus einem Sprinkler austretenden Tropfenschwarmes befaßt. Es werden Literaturstellen angegeben, die sich mit den Gesetzmäßigkeiten für die Wechselwirkungen innerhalb eines Tropfenschwarmes beschäftigen.

## 11. ZUSAMMENFASSUNG

Wasser ist das am häufigsten verwendete Löschmittel, das fast überall unbegrenzt zur Verfügung steht und durch den Wegfall der Halone sicherlich weiter an Bedeutung gewinnt. Es wird mit oder ohne Zusätze entweder von den Feuerwehren, sei es aus ihren Tanklöschfahrzeugen oder aus externen Wasservorräten, entnommen oder in ortsfesten Anlagen für den Löscheinsatz verwendet. Das bei Löschanlagen über Düsen oder Sprinkler austretende Wasser trifft je nach Impuls und Größe der Tropfen auf den Brandherd auf, verdampft wegen der hohen Brandtemperaturen oder nimmt wegen des Auftriebes durch die heißen Brandgase eine andere Strömungsrichtung ein. Zusätzlich werden durch das aufgegebene Wasser große Wärmemengen gebunden und somit sowohl der Brand als auch die Umgebung gekühlt.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein großer Teil der zahlreichen in- und ausländischen Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Sprinkler zusammengestellt und ausgewertet, um einerseits die Fachwelt zu unterrichten und andererseits für die weitere Verwendung an der Forschungsstelle für Brandschutztechnik eine bessere Grundlage zu besitzen, auf der die Brand- und Lösch-

versuche bei gelagerten Stoffen weitergeführt werden können. Im Einzelnen wird dabei besonders auf folgende Punkte eingegangen: allgemeine Angaben über Sprinkler, Brände, bei denen Sprinkler auslösten oder die Sprinkleranlage versagte, Läger, in denen Sprinkleranlagen installiert sind, Einsatz von Sprinklern in Verbindung mit Lüftungsanlagen, Brandversuche mit Sprinklereinsatz, die Anzahl der bei Bränden ausgelösten Sprinkler, Einflußgrößen bei Sprinklern selbst und die Notwendigkeit, Sprinkler in kleinen Wohneinheiten zu installieren sowie die Erfassung und Berechnung der Größe der aus einem Sprinkler austretenden Wassertropfen.

## 12. LITERATURVERZEICHNIS

- /001/ Aresu de Seui, H.: Les installations de protection incendie et les installations sprinklers - nouvelles normes et agrements  
Revue Belgue du Feu (1982) Nr.61, S.42-48
- /002/ Which sprinkler manufacturers make which products?  
Fire Journal 81 (1987) Nr.3, S.35-40, 42-46,48
- /003/ Cooper, G. : Spotlight on business: offices  
Record 65 (1988) Nr.3, S.21-25
- /004/ Sugahara, S. : Basic concepts into methodologies on systems approach to building fire savety  
Fire Science and Technology 7 (1987) Nr.2, S.35-41
- /005/ Elton, F. : Planning for the safety in Metroland. Britain's latest indoor fun park  
Fire 81 (1988) Nr.998, S.37-38
- /006/ Cooper, G. : Sprinkler technology: at the crossroads  
Record 65 (1988) Nr.2, S.11-17
- /007/ Willey, A.E. : Code inforcement and sprinklers are necessary for life safety  
Fire Journal 81 (1987) Nr.3, S.82
- /008/ Ramachandran, G.: Probabilistic approach to fire risk evaluation  
Fire Technology 24 (1988) Nr.3, S.204-225

- /009/ Brannigan, F.L.: The mything link in fire protection  
Fire Engineering 139 (1986) Nr.6,  
S.38,40,42
- /010/ Domecq, L. : Sprinkleurs tout pour combattre le gel  
Face au Risque (1988) Nr.240, S.31-32
- /011/ Monteil, F. : U.R.S.S.A.F. une tour entierement  
sprinklee  
Face au Risque (1987) Nr.234, S.75-77
- /012/ Isenburg, W. : Schutz von Baudenkmälern, Museen,  
Archiven, Bibliotheken und ähnlichen  
Stätten durch Sprinkleranlagen  
VFDB Zeitschrift Forschung und Technik im  
Brandschutz 36 (1987) Nr.4, S.176-177
- /013/ Günther, P. : Sprinklers. A german viewpoint  
Fire Prevention (1987) Nr.200, S.23-24
- /014/ Larin, V. (Titel russisch) Neue Sprinkler  
Zatulskij, G. : Pozarnoe delo (1987) Nr.10, S.19
- /015/ Special hazards protection -  
manufacturers and equipment  
Fire Journal 81 (1987) Nr.4, S.43-48,  
51-55
- /016/ Fire safety in the design of Milton  
Keynes shopping precinct  
Fire Prevention (1980) Nr. 137, S.23-26
- /017/ Wer zuerst löscht, ...  
Contact Jun. (1987) S.4-6

- /018/ The Regent Arcade Shopping Center,  
Cheltenham  
Fire Prevention (1980) Nr.187, S.15-20
- /019/ Sprinkler piping prescription  
Regular check ups  
Approved Product News 3 (1987) Nr.2,  
S.4-5,14
- /020/ Sprinkleranlage für Verteilzentrum eines  
belgischen Warenhauses  
VB Vorbeugender Brandschutz 6 (1987)  
Nr.1/2, S.28
- /021/ Neuenschwander, H.: Sprinkleranlagen in Chemiekalienlagern  
BVD/SPI Bulletin (1987) Nr.2, S.9-11
- /022/ Euskirchen, T. : Vorbeugender Brandschutz in Papier-  
maschinen in Finnland  
Brandschutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung  
41 (1987) Nr.1, S.20-26
- /023/ Schmidt, P.L. : Wasserkonditionierung in Sprinkleranlagen  
Brandschutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 41  
(1987) Nr.3, S.88-90
- /024/ Morris, J. : Managing the library fire risk  
Office of risk management and safety  
University of California (1979)
- /025/ Piers, W. Special feature. Offshore  
Smith, F. : Fire 79 (1986) Nr.978, S.33-34
- /026/ Brannigan, F.L.: High-rack storage  
Fire Engineering 139 (1986) Nr.5,  
S.32-33,36

- /027/ Field, R. : Sprinklers installed 13 years after opening  
Fire 79 (1986) Nr.974, S.25-26,30
- /028/ Casaccio, E.K. : Sprinklers: Common place where sprinklers are needed and not used  
Record 63 (1986) Nr.3, S.20-22
- /029/ Turner, M. : Fire brigade's fight for sprinklers in new underground car park  
Fire 79 (1986) Nr.972, S.32-34
- /030/ Baumann, R. : Les installation sprinkler enperiode de gel intense  
BVD/SPI Bulletin (1985) Nr.3, S.14-18
- /031/ Boughen, D. : Evolution actuelle des grinnells  
R.G.S. (1983) Nr.22, S.52-54
- /032/ Holland, K. : Wider use of early warning in UK could save many lives and homes  
Fire 78 (1986) Nr.971, S.9-10,12
- /033/ Schuster, H. : Des grinnells pour les ordinateurs?  
R.G.S. (1983) Nr.22, S.54
- /034/ Plastic equipment and ducts: hazards and protection  
Record 62 (1985) Nr.3, S.3-9
- /035/ McGary, R.A. : Steel and Polybutylene provide sprinkler system for fire station  
Fire Engineering 138 (1985) Nr.9, S.45-47
- /036/ Nonaka, M.M. Live safety update  
Jernigan, W. The International Fire Chief 50 (1984)  
Durkin, P. : Nr.7, S.22-25

- /037/ Sprinkleranlagen aus PVC-C in den USA  
Kunststoffe im Bau 19 (1984)  
Nr.4, S.207
- /038/ Kaiser, J. : Eine Alternative zu Löschanlagen ?  
und  
Sprinkleranlagen  
Brandverhütung (1985) Nr.3, S.3  
und S.10-11
- /039/ Kaiser, J. : Sprinkleranlagen nach wie vor Nr.1 des  
vorbeugenden Brandschutzes  
Brandverhütung (1989) Nr.2, S.3
- /040/ Casaccio, E.K. : Research - into the nineties  
"Looking forward"  
Record 66 (1989) Nr.1, S.3-10
- /041/ Cook, B.M. : Get sprinkler obstructions out of your  
system  
Record 66 (1989) Nr.1, S.11-14
- /042/ Coates, M. : Keeping fire under cover at Eldon Square  
shopping center  
Fire Prevention (1985) Nr.180, S.12-17
- /043/ Holdcraft, R.L.: Fire protection criteria for caves  
Fire Journal 79 (1985) Nr.3, S.35-37,121
- /044/ Brannigan, F.L.: Automatic sprinklers - prelude to  
disaster?  
Fire Engineering 138 (1985) Nr.5, S.56,  
62-64
- /045/ McCarthy, T. : Minimizing the loss - the fire service  
task  
Fire Surveyor 9 (1980) Nr.6, S.28-32



- /046/ Capper, R. : Controlling oil and LPG fires  
Fire Surveyor 14 (1985) Nr.2, S.33-35
- /047/ Whye, M. : Military base suppresses fire  
automatically  
Fire Engineering 138 (1985) Nr.5, S.22-23
- /048/ Gross, R.T. : Sprinkler à response rapide - on hesite  
trop?  
Face au Risque (1985) Nr.214, S.55-59
- /049/ Ickov, A. : (Titel russisch) Wartung von auto-  
matischen Löschanlagen  
Pazarnoe delo (1985) Nr.6, S.22
- /050/ Richardson, J.K.: The reliability of automatic sprinkler  
systems  
Canadian Building Digest CBD 238, (1985)
- /051/ Pennel, G. : Computer based sprinkler plans  
Fire Safety Journal 9 (1985) Nr.2,  
S.165-169
- /052/ Bowen, J.V. : Computer assisted risk evaluation, a  
practical application to risk management  
decisions using engineering judgement  
Fire Safety Journal 9 (1985) Nr.2,  
S.205-209
- /053/ Porter, W.S. Making a landmark wooden victorian  
Schofield, B.P.: college firesafe  
Fire Journal 79 (1985) Nr.4, S.32-34
- /054/ Coleman, R. : Cost comparison of fire sprinkler  
installations  
The International Fire Chief 52 (1986)  
Nr.1, S.19-21

- /055/ Lundsgaard, H. : (Titel dänisch) Neue Entwicklungstendenzen bei Sprinklern  
Brandvaern 12 (1986) Nr.1, S.20-23
- /056/ Nelson, H.E. The basic structure of the fire  
Walton, W.D. : protection design assessment system  
Gaithersburg: MD 20899  
NBSIR 85-3298, Feb. (1986) 29 S.
- /057/ Morris, J. : Protecting the library from fire  
Fire Journal 80 (1986) Nr.2, S.35-39  
und  
Protecting the library from fire. A US  
viewpoint with lessons for other  
countries  
Fire Prevention (1986) Nr.192, S.26-30
- /058/ Papaioannou, K.K.: "MT ATHOS". A special fire safety problem  
of historic buildings and areas  
Fire Science and Technology 5 (1985)  
Nr.2, S.165-172
- /059/ Stookey, S.A. : Swift support of standpipe and sprinkler  
systems  
Fire Command 53 (1986) Nr.5, S.46
- /060/ Nielson, R.D. : Standing firm on sprinkler retrofit  
Fire Engineering 140 (1987) Nr.6, S.43-45
- /061/ Wood, W.S. : Checking sprinkler calculations  
Guidance on section 6  
Fire Surveyor 16 (1987) Nr.4, S.14-15
- /062/ Sotis, L.P. : Trip testing dry-pipe valves.  
An annual necessity  
Record 65 (1988) Nr.5, S.7-12

- /063/ Schänman, P.S. The facts about fire prevention in the  
Daly, T.G. : lodging industry  
Fire Journal 83 (1989) Nr.1, S.23-26
- /064/ Hart, S. : Sprinkler fraud in California  
Fire Journal 83 (1989) Nr.3, S.36-38,  
41-42
- /065/ Smith, W.W. : Computerized sprinkler calculations.  
The advantages are too great to ignore  
Fire Journal 83 (1989) Nr.3, S.67-69
- /066/ Sprinkler and special protection systems  
for fire-fighting in large buildings  
Fire and Security Protection 51 (1989)  
Nr.611, S.9-10
- /067/ Sicherheit vor Feuer im Berliner ICC  
VDI Nachrichten 35 (1981) Nr.22, S.20
- /068/ Kitson, J.C. A guide to sprinkler pumps performance  
Guy, R. : and testing  
Fire Surveyor 9 (1980) Nr.3, S.20-26
- /069/ Efanova, G. : (Titel russisch) Die Feuerwehr des Kreml  
Pozarnoe Delo (1981) Nr.11, S.8-9
- /070/ Jahresbericht 1985/86  
Köln: Verband der Sachversicherer e.V.
- /071/ Jahresbericht 1987/88  
Köln: Verband der Sachversicherer e.V.
- /072/ America's burning - so where are the  
sprinklers?  
Fire Journal 81 (1987) Nr.6, S.41

- /073/ Automatic sprinkler systems do have an  
impact in industry  
Fire Journal 81 (1987) Nr.1, S.39-40
- /074/ Bimonthly fire record  
Fire Record 79 (1985) Nr.1, S.11-12,14-15
- /075/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 80 (1986) Nr.1,  
S.11-12,14-15
- /076/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 81 (1987) Nr.3, S.19-22,  
114-115
- /077/ Morris, J. : Life safety and sprinkler protection  
Fire Prevention (1988) Nr.209, S.18-19
- /078/ Günther, K.P. : Die Erkenntnisse aus drei Serien von  
Kaufhausbränden nutzen  
Handelsblatt. Sonderdruck (1987) Nr.114
- /079/ Casaccio, E.K. : Flammable liquids in plastic containers  
Record 64 (1987) Nr.1, S.3-9
- /080/ Clarke, P. : Why sprinkler systems need careful  
planning for warehouse protection  
Fire 80 (1987) Nr.984, S.13-14
- /081/ Best, R, : Macy's fire kills one fire fighter  
Fire Journal 74 (1980) Nr.3,  
S.28-32,143
- /082/ Dosne, R. : Rungis. 45000 m<sup>2</sup> d'entrepots  
Face au Risque (1987) Nr.237, S.55-56,59,  
61,63

- /083/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 81 (1987) Nr.5, S.22,  
25,27-31
- /084/ Stapelfeld, J.P.: Brandstiftungen in Hamburger Geschäfts-  
häusern 21. bis 23. Dezember 1986  
Brandschutz/Deutsche Feuerwehrzeitung  
41 (1987) Nr.4, S.155-157
- /085/ Selected 1985 multiple-death fires  
Fire Journal 80 (1986) Nr.4, S.30-31,  
33,34-36,71-72
- /086/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 81 (1987) Nr.6, S.17-22,80
- /087/ City block destroyed by fast spreading  
fire  
Fire Prevention (1986) Nr.187, S.44-45
- /088/ Victorian tannery building severely  
damaged by night-time fire  
Fire Prevention (1985) Nr.184, S.46-47
- /089/ Kyte, G. : Warehouse demolition fire takes out city  
block  
Fire Command 52 (1985) Nr.10, S.16-21
- /090/ Corbett, G.P. : Conflagration in Passaic  
Fire Engineering 138 (1985) Nr.11,  
S.29-34
- /091/ Ojgaard, K. : (Titel dänisch) Zweiter Großbrand bei  
Ikea  
Brandvaern 11 (1985) Nr.8, S.14-17,  
20-21,23

- /092/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 79 (1985) Nr.3, S.11-12,  
14,16
- /093/ Bryan, J.L. : A phenomenon of human behavior seen in  
selected-high rise building fires  
Convergence clusters  
Fire Journal 79 (1985) Nr.6, S.27-28,  
86-90
- /094/ Heath, I. : Fire destroys Europe's largest covered  
film stage  
Fire Prevention (1985) Nr.177, S.41-42
- /095/ Comer, W.J. : 11-alarm fire overcomes sprinklers,  
ruins 20-million dollars industrial  
complex  
Fire Engineering 133 (1980) Nr.7, S.21-22
- /096/ Rule, C.H. : Fire destroys Philadelphia building  
under construction  
Fire Journal 79 (1985) Nr.3, S.42-46,  
105-106,108,110-111
- /097/ Sachs, G.M. : Wolf trap reopens  
Fire Engineering 138 (1985) Nr.5, S.73-75
- /098/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 79 (1985) Nr.4, S.11-14
- /099/ Sheldon, M. : FPA casebook of fires  
Fire Prevention (1985) Nr.180, S.34-38
- /100/ Hermann, K. : Großbrand in Plochingen  
Brandhilfe 33 (1986) Nr.1, S.4-7

- /101/ Casaccio, E.K. : Fighting fire in sprinklered buildings  
Record 63 (1986) Nr.2, S.11-16
- /102/ Mullen, R.R. : Flash fire during sprinkler system  
alternation  
Fire Command 55 (1988) Nr.4, S.34-36,41
- /103/ Morehard, J.L. : Sprinklers in the NIH atrium. How did  
they react during the fire last may?  
Fire Journal 83 (1989) Nr.1, S.56-57
- /104/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 79 (1985) Nr.6, S.10,12-14
- /105/ Courtney, N. : Fire Record  
Fire Journal 79 (1985) Nr.5, S.9-12
- /106/ Arbogast, K. : Dust explosion causes dollar 1.5 million  
loss  
Fire Command 48 (1981) Nr.4, S.28-29,31
- /107/ Andrews, C.L. : Rebuilding a warehouse complex  
Fire Prevention (1987) Nr.204, S.28-32
- /108/ La protection contre l'incendie dans les  
entrepots  
Revue Belge du Feu. Dossier Technique  
DT 64 (1986) Nr.83
- /109/ Wäckerlig, H.U.: Brandschutz in Lagerhäusern  
BVD/SPI Bulletin (1985) Nr.4, S.5-11
- /110/ Neuenschwander, H: (Titel italienisch) Konstruktion des  
neuen effectiven Brandschutzsystems der  
V-Zug AG in Zug  
BVD/SPI Bulletin (1985) Nr.4, S.24-27

- /111/ Hems, P. : Fast acting sprinklers: the answer to  
warehouse fire protection?  
Fire Surveyor 14 (1985) Nr.3, S.5-7
- /112/ Brandschutz in Hochregallagern  
Allianz Brandschutz Service  
Vorbeugender Brandschutz 3 (1984)  
Band B, S.34-41
- /113/ Ward, R.B. : Cost of warehouse fires spiralling  
Fire 77 (1985) Nr.958, S.17-18
- /114/ Fire protection for warehouses  
Fire and Security Protection 49 (1986)  
Nr.589, S.15-17
- /115/ Assessing the flammability aerosols in  
warehouses  
Fire Prevention (1987) Nr.201, S.24-28
- /116/ Pankow, R. : Automatische Brandschutzanlagen in einem  
Schmierstoff-Verteil-Zentrum  
VFDB-Zeitschrift 30 (1980) Nr.2, S.56-60
- /117/ Herth, H. : Brandschutz in Hochregallägern  
VFDB-Zeitschrift 30 (1981) Nr.2,  
S.36-40
- /118/ Eisele, E. : Sprinklerschutz in Hochregallagern  
VFDB-Zeitschrift 30 (1981) Nr.2, S.41-47
- /119/ Schmitz, N. : Die Anlage des automatischen Brand-  
schutzes im Warenverteilzentrum BDF  
VFDB-Zeitschrift 30 (1981) Nr.2, S.55-56



- /120/ Talbert, J.H. : Smoke and heat venting for sprinklered buildings. A different perspective  
Fire Journal 81 (1987) Nr.3, S.26-30,116
- /121/ Hinkley, P.L. : The case of combining venting and sprinkler systems  
Fire Engineers Journal 47 (1987) Nr.145, S.17-20
- /122/ Hinkley, P.L. : The effect of vents on the opening of the first sprinklers  
Fire safety Journal 11 (1986) Nr.3, S.211-225
- /123/ Battrick, P. : Venting plus sprinklers. The case against  
Fire International 10 (1986) Nr.101, S.31-32,34-35,38
- /124/ Heselden, A.J. : Taking a new look at combining sprinkler systems with venting  
Fire 78 (1985) Nr.964, S.41-42
- /125/ New standards for atrium building  
Fire Prevention (1985) Nr.184, S.29-34
- /126/ Hinkley, P.L. : Fire Venting. New developments  
Fire Surveyor 15 (1986) Nr.4, S.5-12
- /127/ To vent or not to vent  
Record 63 (1986) Nr.2, S.10
- /128/ Kunze, C. : Atriumgebäude. Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes bei überdachten Innenhöfen  
Brandschutz/Deutsche Feuerwehrzeitung 42 (1988) Nr.1, S.48-51

- /129/ Morgan, H.P. : Rauchschutzmethoden in ein- oder mehrgeschossigen, geschlossenen Einkaufszentren. Eine Entwurfsübersicht  
Colt International (1988) Nr.10, 43 S.
- /130/ Edwards, J. : Vents and sprinklers, controversy resolved  
Fire Prevention (1988) Nr.211, S.39
- /131/ Hinkley, P.L. : The effect of smoke venting on the operation of sprinklers subsequent to the first  
Fire Safety Journal 14 (1989) Nr.4, S.221-240
- /132/ ESFR prototyp meets objectives in large-scale fire tests  
SFPE Bulletin (1987) Nr.3, S.12-13  
und  
FMRC Update 1 (1987) Nr.1
- /133/ Skingle, K. : Meconnaissance des grinnells  
R.G.S. (1983) Nr.22, S.50-51
- /134/ Riou, J.G. : L'innovation et la question du risque incendie  
Revue Technique du Feu 21 (1980) Nr.199, S.29-34,36-38,40
- /135/ Richardson, J.K. Fire resistant wall assemblies with  
Boehmer, D.J. : glazing  
SFPE Bulletin (1987) Nr.3, S.1,3-6
- /136/ Richardson, J.K. Fire tests on window assemblies protected  
Oleszkiewicz, J.: by automatic sprinklers  
Fire Technology 23 (1987) Nr.2, S.115-132

- /137/ Richardson, J.K. Glazing in fire-resistant wall assemblies  
Chown, G.A. : Canadian Building Digest (1988) Apr.,  
CBD-248
- /138/ Gospodkin, A. (Titel russisch) Trägheit von  
Zavrasnov, V. Sprinklerköpfen  
Bubry, N. u.a. : Pozarnoe delo (1988) Nr.4, S.23,24
- /139/ Palmer, K. : Fire protection in health care premises  
Fire Prevention (1988) Nr.209, S.27-31
- /140/ Kunkelmann, J. Brandausbreitung und Löscheinsatz bei  
Schatz, H. : gelagerten Stoffen  
TÜ 29 (1988) Nr.10, S.344-346
- /141/ Sprinkleranlagen für Einsatz in Verkehrs-  
Flugzeugen  
112 Magazin der Feuerwehr 13 (1988) Nr.6,  
S.358
- /142/ Albert, H. : Hambourg. Securite en sous-sol  
Face au Risque (1987) Nr.235, S.95-97,  
100,102-104
- /143/ Report on the Woolworth fire, Manchester  
Fire Prevention (1980) Nr.133, S.13-24
- /144/ Incendie du Woolworth. Insuffisance des  
moyen et de la formation du personnel  
Face au Risque (1981) Nr. 169, S.38-49
- /145/ Sullivan, P. : Answering industry's needs  
FMRC Update 4 (1990) Nr.2
- /146/ Bell, K.M. : Plastic fire sprinkler piping:  
The system concept  
SFPE Bulletin (1986) Apr., S.2-3, 8-10

- /147/ Beason, D. : Fire endurance of sprinklered glass walls  
Fire Journal 80 (1986) Nr.4, S.43-45,79
- /148/ Landsberg, E.H.: Sprinkleranlagen als Maßnahme des vorbeugenden Brandschutzes in Schienenfahrzeugen  
112 Magazin der Feuerwehr 11 (1986) Nr.12  
S.653-655  
und  
VB Vorbeugender Brandschutz 6 (1987)  
Nr.1/2, S.12-14
- /149/ Nett, H. : Sprinklers for railway rolling stock  
Fire International 10 (1986) Nr.97, S.28
- /150/ Field, P. : Effective sprinkler protection for high racked storage  
Fire Surveyor 14 (1985) Nr.5, S.9-24
- /151/ Ranthe, F. : Cardington-forsogene  
Brandvaern (1985) Nr.2, S.10-13
- /152/ Rohlfs, C. : Aus der technischen Forschung in der  
Linden, G. : Feuerversicherung. Bericht über eine  
Vortragsveranstaltung der Abteilung für  
Versicherung und Technik im Deutschen  
Verein für Versicherungswissenschaften  
am 24. Okt. 1985 in Köln  
Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft (1986) S.247-270
- /153/ Tubasov, L. (Titel russisch) Automatischer Brand-  
Kirjuchancev, E. schutz für Läger landwirtschaftlicher  
Bylinkin, V. : Großbetriebe  
Pozarnoe delo (1987) Nr.7, S.25

- /154/ Heskestad, G.      Comments and reply to comments on  
Bill, R.G.            "thermal response of sprinklers. Part II.  
und  
                         Characteristics and test methods" and  
Theobald, C.R.      "thermal response of sprinklers -  
Bill, R.G.            a theoretical approach"  
Melinek, S.J.      : Fire Safety Journal 14 (1989) Nr.3,  
                         S.189-190 und S.191-192
- /155/ Harmathy, T.Z.    : On the economics of mandatory sprink-  
                         lering of dwellings  
                         Fire Technology 24 (1988) Nr.3, S.245-261
- /156/ Ruegg, R.T.        The economics of fast response  
Fuller, S.K.        : residential sprinkler systems  
                         Fire Journal, AFPA, Melbourne Aus 11  
                         (1987) Nr.2, S.4-10,21  
                         und  
                         Fire Journal 79 (1985) Nr. 3, S.18-22,  
                         115-118
- /157/ Walters, L.K.      : Bergenfield burn. Sprinklered fire  
                         exercises  
                         Record 65 (1988) Nr.1, S.3-10  
                         und  
                         The bergenfield burn  
                         Fire Command 55 (1988) Nr.4,  
                         S.16-17,24-26
- /158/ Anderson, N.      : Sprinklers in the home. A life saver  
                         Fire International 12 (1988) Nr.108,  
                         S.54-55,86
- /159/ Coleman, R.J.     : Sprinklers in home. The evolution of an  
                         idea  
                         Fire International 11 (1987) Nr.102,  
                         S.43,46-47,50-51

- /160/ Belles, D.W. : Full-scale smoke toxicity tests in  
furnished rooms  
Fire Journal 79 (1985) Nr.2, S.35-37,  
40-41,83-85
- /161/ Isner, M.S. : Residential sprinkler activations:  
two more successes  
Fire Command 53 (1986) Nr.5, S.38-44,46
- /162/ Raubeson, C.E. : Demonstration project makes its points  
in Connecticut  
Fire Protection 12 (1985) Nr.3, S.17-19
- /163/ Turner, J. : The 24-hour fire fighter - Scottsdale's  
sprinkler ordinance  
The International Fire Chief 51 (1985)  
Nr.9, S.18-21
- /164/ Coleman, R. : The economics of residential fire  
sprinkler systems  
The International Fire Chief 51 (1985)  
Nr.9, S.22-24
- /165/ Hanson, B.L. : Seattle fire department conducts high  
rise fire tests  
The International Fire Chief 51 (1985)  
Nr.7, S.21-25
- /166/ Isner, M.S. : Fire in boarding home: a success story  
Smith, R. : Fire Journal 80 (1986) Nr.2, S.75-77,  
79-81
- /167/ : The Factory Mutual water drop evaluation  
programm  
Norwood: FMRC

- /168/ McCaffrey, B.J.: Jet diffusion flame suppression using water sprays - an interim report  
Combustion Science and Technology 40  
(1984) S.107-136
- /169/ Dundas, P.H. : Optimization of sprinkler fire protection  
Progress Report Nr.10  
The scaling of sprinkler discharge:  
prediction of drop size  
Norwood: FMRC Serial No. 18792, RC-T-40,  
June 1974
- /170/ Schatz, H. : Löscheinsatz bei gelagerten Stoffen  
VFDB-Zeitschrift 35 (1986) Nr.3,  
S.118-122
- /171/ Kunkelmann, J. : Brandausbreitung bei verschiedenen  
Stoffen, die in lagermäßiger Anordnung  
gestapelt sind.  
Teil 7: Literaturübersicht über die  
Wechselwirkungen eines Tropfenschwarmes  
mit einer Heißgasströmung  
Forschungsbericht Nr. 76 der Arbeits-  
gemeinschaft der Innenministerien der  
Bundesländer. Arbeitskreis V -  
Unterausschuß Feuerwehrangelegenheiten  
Karlsruhe: Forschungsstelle für Brand-  
schutztechnik (1990)