

HOLGER DE VRIES
HANS HÖLEMANN

Ergebnisse systematischer Brand- und Löschversuche

Class-A-Foam und Compressed-Air-Foam (CAFS) werden seit einigen Jahren auch in Deutschland angeboten und bereits von einigen Feuerwehren verwendet. Wie bei allen neuen Techniken ist zunächst eine objektive Untersuchung der Effizienz sowie eine Kosten-Nutzen-Analyse erforderlich. Der Beitrag gibt Definitionen und stellt die Ergebnisse von 40 Brand- und Löschversuchen in fünf unterschiedlichen Szenarien dar, die Aussagen über die Löschwirksamkeit der Systeme ermöglichen.

Brandbekämpfung
CAFS
Class-A-Foam
Druckluftschäum
Schaumlöschverfahren

Die Diskussionen um Löschmittel, Löscheräte und Löschtaktiken ist wieder in Gang gekommen – und zwar insbesondere in den Newsgroups im Internet und unter dem Eindruck der während der INTERSCHUTZ 2000 vorgestellten neuen Geräte: Hochdruck, Hochdruck mit Schaummittel-Zumischung, Class-A-Foam, Druckluftschäum, Löschgel, Fog-nails, Löschanlagen, Hohlstrahlrohre ... Sicher, vieles kann in bestimmten Situationen nützlich sein. Allein stellt sich die Frage, welches Gerät oder welche Taktik ist möglichst sicher für die anwendende Einsatzkraft, wirksam, universell verwendbar und – nicht zuletzt – bezahlbar? Und »bezahlbar« sollte für eine Feuerwehr immer heißen: Nicht irgendeine »Insellösung«, gebucht unter verschiedenen Haushaltstiteln und mit Beigaben vom Förder-

Dr.-Ing. HOLGER DE VRIES
Hamburg
Prof. Dr. HANS HÖLEMANN
Bergische Universität –
GH Wuppertal, Fachbereich 14,
Fachgebiet Brand- und Explosionsschutz
Abbildungen: H. de Vries

Class-A-Foam und Compressed-Air-Foam



Bild 1
Class-A-Foam
im Waldbrandeinsatz
[Foto: J. Jarvis]

verein, sondern bezahlbar »in der Fläche«, das heißt in Abstimmung mit den Nachbarfeuerwehren oder dem Landkreis, sodass mehrere Feuerwehren, wenn nicht mit einheitlicher, doch vielleicht mit kompatibler, ähnlicher Ausrüstung an der gleichen Einsatzstelle arbeiten können.

Nach ersten Untersuchungen und Veröffentlichungen [1–8] kommt es mittlerweile vermehrt zum Einsatz von Class-A-Foam und Druckluftschäum. Die Verwendung von Class-A-Foam ist heute in den USA, Kanada und teilweise auch in Australien unumstrittener Stand der Technik (z. B.: [9–24]). Class-A-Foam wird in Nordamerika sowohl von den kommunalen Feuerwehren, den Forstverwaltungen und Forstfeuerwehren als auch von Ökologen überwiegend für die Bekämpfung bzw. Abriegelung von Vegetationsbränden eingesetzt [25, 26] (Bild 1). Eine neue Entwicklung, die auch in Nordamerika gerade erst

beginnt, ist die Verwendung von Druckluftschäum gegen Flüssigkeitsbrände, es gibt hierzu noch keine Veröffentlichungen über systematische Untersuchungen (Applikationsraten, Schaumqualität). Durch seine geringe Zumischrate von weniger als 0,5 % fällt mit der Verwendung von Class-A-Foam auch das erhebliche Nachschubproblem an großen Einsatzstellen weg. Nach einer sehr starken Skepsis bzw. Ablehnung dieser Techniken durch Feuerwehren bzw. ihre Aufsichtsbehörden scheint es nunmehr so, dass teilweise ohne Kenntnis der technischen Hintergründe und der einsatztaktischen Randbedingungen Geräte für den Einsatz von Class-A-Foam und/oder Druckluftschäum beschafft werden.

Die (aus dem Englischen übernommene) Nomenklatur ist dabei oft unlogisch: Mit Class-A-Foam wird meistens strahlrohrverschäumter Schaum mit hochkonzentrierten Mehrbereichschaummitteln (»Klasse-A-Schaummitteln«) bezeichnet. Die Bezeichnung CAF[S] (Compressed-Air-Foam [-System]) bedeutet Druckluftschäum [-system], dabei wird oft unterstellt, dass es sich – allerdings um mit Druckluft verschäumten – Class-A-Foam

handelt. Hierbei wird nicht berücksichtigt, dass sich Class-A-Foam eindeutig auf das für eine Brandklasse zugelassene Schaum- bzw. Löschmittel bezieht, während CAF[S] die Art der Verschäumung ausdrückt, die genauso gut mit Schaummitteln gegen Flüssigkeitsbrände (Klasse B) angewendet werden kann (Bild 2).

Das Fachgebiet Brand- und Explosionschutz der Bergischen Universität-GH Wuppertal war seit Anfang der 1990er-Jahre bemüht, die Eigenschaften von Class-A-Foam und Druckluftschäum zu erforschen und zu quantifizieren. Aufgrund der zunehmenden Verwendung von Class-A-Foam und Druckluftschäum ist es erforderlich, die gewonnen Erkenntnisse in der Breite zugänglich zu machen. Insbesondere während der INTERSCHUTZ 2000 in Augsburg schien es, als wenn verschiedene Hersteller versuchten, mit Teil- oder Desinformationen die Feuerwehren weniger zu beraten und ihnen mehr Technik zu verkaufen, als nach Lage der öffentlichen Haushalte sinnvoll oder einsatztaktisch notwendig ist. Im Ausland und in Deutschland sind bisher folgende Versuchsreihen unter verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführt bzw. veröffentlicht worden:

- Versuche des National Institute of Standards and Technology (NIST), Maryland/USA, 1988;

Tabelle 1
Brand- und Löschversuche mit Class-A-Foam und CAFS sowie deren K.-O.-Faktoren (rot dargestellt)

National Institute of Standards and Technology (NIST) 1988
Kleinversuche mit Sperrholzplatten □ 152 mm

Underwriters Laboratories (UL) 1993

1. Löscheffektivität an **Nadelholz-Krippenbränden** 160 × 160 × 93 cm
2. Entzündungshemmung an zweilagigen **Nadelholzkrippen** 15 × 78 × 4 cm
3. Aufnahme von Löschwasser bzw. Wasser-Schaummittel-Gemisch in **Nadelholzkrippen** 50 × 50 × 30 cm

»Salem«-Versuche 1992

Ähnliche Brandversuche in einem leer stehenden Holzhaus
N = 3: Wasser, Class-A-Foam, CAFS

»Fairfax County«-Versuche 1993

identische Räume 10 × 6 × 3 m in Holzbaracken

unterschiedliche Brandlast

N = 2: Wasser, CAFS

»Rissington«-Versuche 1995 und 1996

56 **Holzpaletten** unter Rauchfang in **Flugzeug-Shelter**

N = 58 (66): Wasser, AFFF, MBS, **13 verschiedene** Class-A-Foam-Zumischungen

»Canterbury«-Versuche 1997

vier identische Brandräume 2,4 × 3,6 × 2,4 m

3 Holzrippen (0,6 × 0,6 × 0,75 m),

4 Fiberglasplatten (2,4 × 1,2 × 0,003 m)

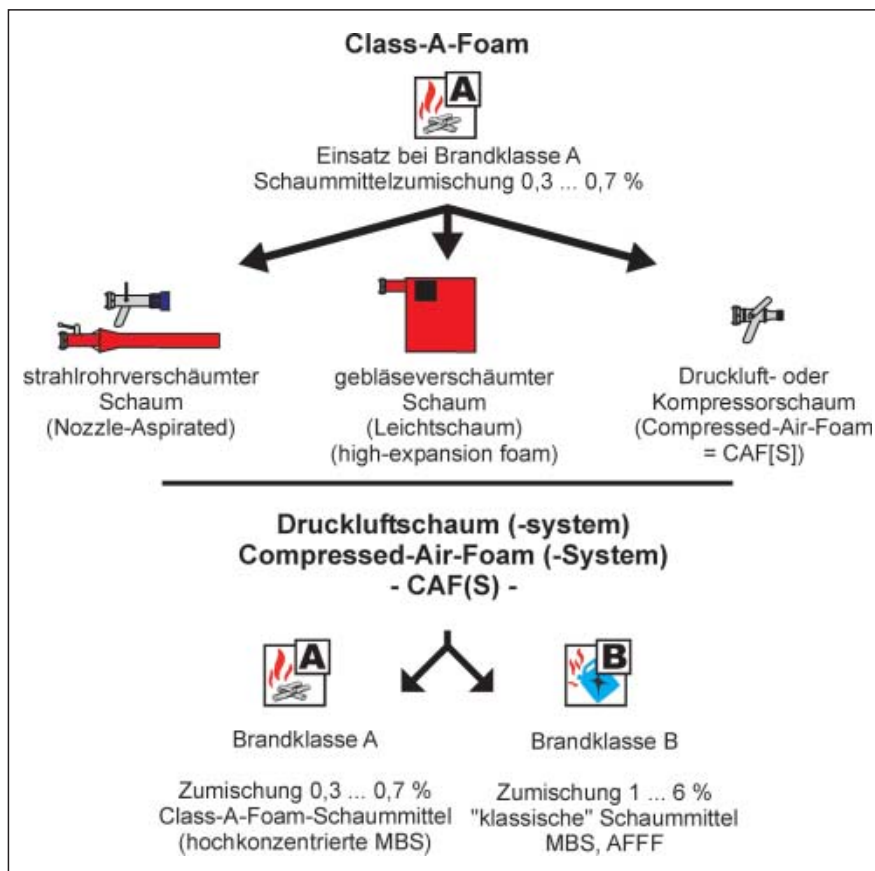
N = 9: Wasser-HD, Class-A-Foam-HD, CAFS

- Versuche der Underwriters Laboratories (UL), 1993;
- »Salem«-Versuche, Connecticut/USA, 1992;
- »Fairfax County«-Versuche, Virginia/USA, 1993;
- »Rissington«-Versuche, Fire Research and Development Group, Großbritannien, 1995/96;

- »Canterbury«-Versuche, Universität Canterbury, Neuseeland, 1997;
- Versuche mit Krippenfeuern und Handfeuerlöschern, Universität Wuppertal, 1994;
- Versuche mit Palettenfeuern und CMM-Strahlrohr im Freien, Universität Wuppertal, 1994;
- »Trauen«-Versuche, Universität Wuppertal, 1995;
- »Tremonia«-Versuche, Universität Wuppertal, 1997;
- »Ingolstadt«-Versuche mit Druckluftschäum, Universität Wuppertal, 1997;
- »Wattenscheid«-Versuche, Universität Wuppertal, 1999.

Außer in den »Rissington«-Versuchen zeigte Class-A-Foam in den Versuchsreihen bei Zumischraten von 0,3 oder 0,5 % gegenüber reinem Wasser eine deutlich höhere Effizienz beim Bekämpfen der Versuchsbrände, dennoch muss festgestellt werden, dass insbesondere die Versuche, die im Ausland durchgeführt wurden, aus wissenschaftlicher wie auch aus einsatztaktischer Sicht einen oder mehrere folgender »K.-O.-Faktoren« ausweisen (Tabelle 1): Es handelte sich um Kleinversuche, die Brandräume waren nicht identisch, die Brandlast war nicht identisch, die Belüftung war unkontrolliert, die messtechnische Begleitung war unzureichend, das

Bild 2
Abgrenzung von Class-A-Foam und CAFS



Verhältnis von Brandlast zu Brandraum war nicht realistisch, oder die Anzahl der durchgeführten Versuche war schlichtweg zu klein, um irgendeine statistisch abgesicherte Aussage machen zu können.

Dementsprechend sind die »Ladenburg«- sowie die »Trauen«-Versuche der Universität Wuppertal, deren Ergebnisse 1995 [1] veröffentlicht wurden, als Vorversuche zu werten. Damals wurde als Ergebnis festgestellt, dass Class-A-Foam grundsätzlich zu deutscher Feuerwehrtechnik kompatibel ist und dass – unter den damaligen Versuchsbedingungen – die Verwendung von Class-A-Foam gegenüber reinem Wasser weniger Löschmittel und eine geringere Löschdauer erfordert. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden ab 1997 weitere Versuchsserien durchgeführt: Die »Tremonia«-Versuche mit Class-A-Foam und Hohlstrahlrohren (vgl. [27]), die »Ingolstadt«-Versuche mit Class-A-Foam als Druckluftschaum sowie die »Wattenscheid«-Versuche.

■ Die »Tremonia«-Versuche

Auf dem Gelände der Versuchsgrube »Tremonia« der DMT in Dortmund wurden im Herbst 1997 von der Universität Wuppertal 21 Brand- und Löschversuche

an 20 Versuchstagen durchgeführt. An 16 dieser 21 Versuche beteiligten sich ausschließlich Mitarbeiter und Studenten des Fachgebiets »Brand- und Explosionsschutz«, bei fünf Versuchen wurde der Angriffstrupp von der Berliner Feuerwehr gestellt. Als Versuchsraum diente ein Abschnitt des Versuchsstollens der Grube »Tremonia«. In den Versuchsstollen wurden zwei Trennwände eingebaut, um einen Versuchsraum von fünf Metern Länge abzutheilen, wobei das Stollengewölbe baulich nicht verändert war (Bild 3). Der Versuchsraum begann nach fünf Metern auf der Ostseite des Beschickungsschachtes und endete mit der Schachtoffnung zur Beladeluke. Die Trennwände waren als Leichtbauwand mit einer Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten (F 90-A nach DIN 4102 aus Promat-Magnesium-Silikat-Platten auf C-Profilen) nach Herstellerrichtlinie aufgebaut. In die östliche (vordere) Wand war mittig eine Tür mit einer Feuerwider-

standsdauer von 90 Minuten (T 90 nach DIN 4102) eingebaut. Rechts und links von der Tür, etwa zehn Zentimeter über der Sohle, befanden sich zwei Ventilationsöffnungen in der Größe von 30×15 Zentimetern in der Größe von 30×15 Zentimetern in der Wand. In die westliche (hintere) Wand war eine Fensteröffnung von 1,20×1,00 Metern eingebaut.

Im Versuchsraum war ein durchschnittlich möbliertes Zimmer nachgestellt. Dazu wurden 308 kg feste Brandlast, bestehend aus Matratzen, Holzpaletten, Autositzen, Holzstühlen, Zeitungen (geschreddert) und Deko-Stoff, als Einrichtungsgegenstände verwendet. Als Zündquelle wurden zwei Liter Heptan verwendet, die in einer Feuerwehr-Schuttmulde zusammen mit Putzwolle unter dem aus Paletten gebauten Regal gezündet wurden. Bei Versuch 20 wurde von dieser Anordnung noch einmal abgewichen, da die Berliner Feuerwehr eine größere Brandlast wünschte. Daher wird Versuch 20 nicht für die vergleichenden Betrachtungen herangezogen. Der Versuchsraum wurde mit 24 Thermoelementen und drei Gasmessstellen (O₂, CO₂, CO) in drei Messebenen auf 0,50 Meter, 1,50 Meter und 2,50 Meter Höhe des Versuchsraums sowie mit einer Videokamera durch eine der Ventilationsöffnungen der

Bild 3
Aufbau von Versuchsraum, Brandlast und Messtechnik im Stollen der Versuchsgrube »Tremonia«

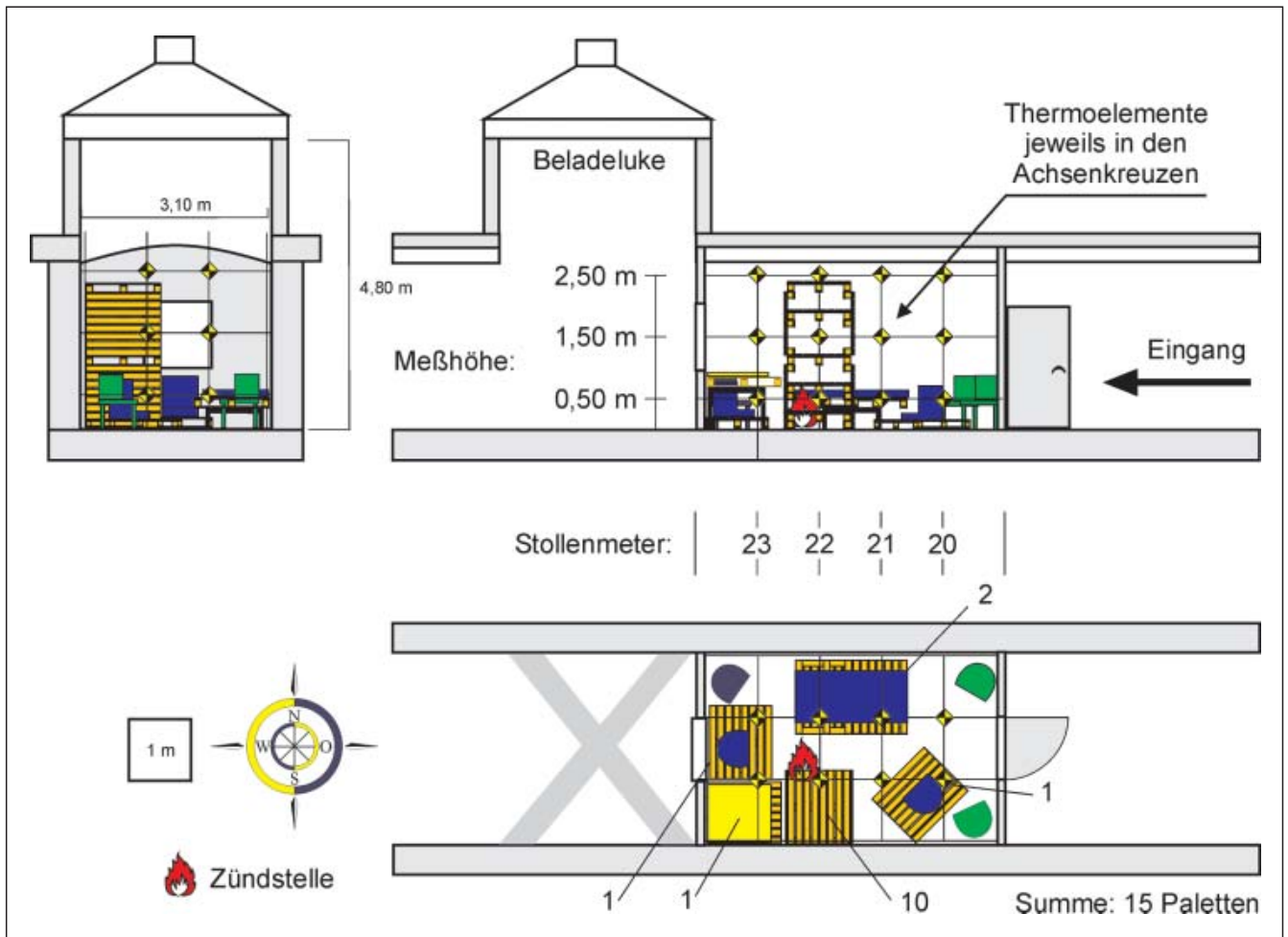


Tabelle 2
Versuchsbedingungen, Löschmittel, Löschmethode und -dauer bei den »Tremonia«-Versuchen

Kurzbezeichnung	Versuchsbezeichnung	Löschmittel und -methode	Bemerkungen
W 01	Wasser 01	W/indirekt	
W 02	Wasser 02	W/indirekt	
W 03	Wasser 03	W/indirekt	
(W 04)	(Wasser 04)	(W/indirekt)	Versuch nicht vergleichbar
W 05	Wasser 05	W/indirekt	
(W 06)	(Wasser 06)	(W/indirekt)	Versuch nicht vergleichbar
W 07	Wasser 07	W/indirekt	
W 08	Wasser 08	W/indirekt	
W 09	Wasser 09	W/indirekt	
S 10	Silv-ex 10 FireDos	ClAF/indirekt	
S 11	Silv-ex 11 FireDos	ClAF/indirekt	
(G 12)	(Gel 12 Z1 [ZR-TWG])	(Gel/indirekt)	Versuch nicht vergleichbar
G 13	Gel 13 Z2R	Gel/indirekt	
S 14	Silv-ex 14 Flow-Mix	ClAF/indirekt	Schlauchplatzer Angriffsleitung
W 15	Wasser 15 BF B 1	W/direkt	ATr Berliner Feuerwehr
W 16	Wasser 16 BF B 2	W/direkt	ATr Berliner Feuerwehr
S 17	Silv-ex 17 Flow-Mix	ClAF/direkt	S 17 und W 18 an einem Tag
W 18	Wasser 18 BF B 3	W/direkt	ATr Berliner Feuerwehr
W 19	Wasser 19 BF B 4	W/direkt	ATr Berliner Feuerwehr
(W 20)	Wasser 20 BF B 5	(W/direkt)	Versuch nicht vergleichbar, dreifache Brandlast, 60 Minuten Vorbrennzeit
W 21	Silv-ex 21 Flow-Mix	ClAF/indirekt	Strahlrohrwechsel während des Angriffs

W	Wasser
ClAF	Class-A-Foam mit dem Schaummittel »Silv-ex G« bei 0,5% Zumischung
Gel	Löschgel mit einer Zumischung von 3%
FireDos	Wassermotorzumischer FireDos 1000/1(0,5)-PP-S der Fa. MSR Dosiertechnik
Flow-Mix	Blasentankzumischer Flow-Mix 500 der Fa. Robwen
Z1, Z2R	Venturi-Zumischer
direkt	direkter Löschangriff, v. a. mit Verwendung des Vollstrahls auf das Brandgut
indirekt	indirekter Löschangriff, v. a. mit Kühlung der oberen Brandraumatmosfera mit Sprühstrahl

Brandraumwand auf der Frischwetterseite ständig überwacht.

Von den insgesamt 21 durchgeführten Versuchen waren 17 nach statistischer Untersuchung der Vorbrennzeit als vergleichbar anzusehen. In Tabelle 2 werden der Vollständigkeit halber alle Versuche genannt, im Weiteren werden die Versuche 4, 6, 12 und 20 nicht berücksichtigt. Für die Versuche werden »sprechende« Versuchsbezeichnungen verwendet, die aus dem Löschmittel, der laufenden Versuchsnummer und einem Zusatz zur Löschtechnik bestehen. Für die Beschriftung in Diagrammen wird eine Kurzbezeichnung eingeführt. Bei den Versuchen wurde eine D-Leitung mit einem Hohlstrahlrohr »QuadraFog 40 GPM« der Firma Task Force Tips (Durchfluss etwa 160 l/min bei 8 bar) verwendet. Lediglich in der Anfangsphase der Brandbekämpfung von Versuch 21 wurde zunächst ein Schwertschaumrohr (Typ 10 GPM der Firma Flameco) verwendet. Da sich aber schnell zeigte, dass mit diesem Strahlrohr kein Löscherfolg erzielt werden konnte, wurde unverzüglich wieder auf das Hohlstrahlrohr umgekuppelt. Der Druck der Löschwasserleitung betrug 7,7 bar im Leerlauf und 7,0 bis 7,5 bar während der Wasserabgabe.

Ab der zehnten Versuchsminute legten die Trupps Atemschutz an und begaben sich ab der zwölften Versuchsminute in den Brandstollen. Der Angriffstrupp übernahm D-Leitung und Axt unmittelbar vor dem Brandraum, der Reservetrupp ging mit der C-Leitung einige Meter hinter dem Angriffstrupp in Stellung. Die Trupps kauerten im Stollen, bis ihnen per Funk der Zünder/Posten Sicherheit (in der Regel in der 15. Versuchsminute) das Kommando zum Löschangriff gab. Der Angriffstrupp öffnete die Versuchsraumtür, sicherte sie mit einem Keil und begann von der Türöffnung aus kniend bzw. kriechend mit dem Löschangriff.

Die Wuppertaler Angriffstrupps sind nach den Regeln des »indirekten Angriffs« vorgegangen und haben zunächst die heißen Brandgase unter der Decke mit einem Fächerstrahl gekühlt, bis der Angriffstrupp in den Brandraum eindringen konnte, um dann Glutnester auszuheben und abzulöschen (Bild 4). Der Reservetrupp zog nach (ohne selbst Wasser zu geben), sodass jederzeit Sichtkontakt zwischen den Trupps

bestand. Der Reservetrupp hielt Funkverbindung zum Zünder/Posten Sicherheit im Seitenstollen.

Die Berliner Angriffstrupps bevorzugten dagegen den »direkten Angriff«, das heißt, es wurde vornehmlich Vollstrahl direkt auf die Glut gerichtet. Die im Reservetrupp eingesetzten Feuerwehrleute konnten dabei Folgendes beobachten:



Bild 4
»Tremonia«-Versuche: Vorgehen des Angriffstrupps [Foto: D. Guischart]

- Bei Verwendung des Vollstrahls war der Brandraum schneller und dichter mit Heißdampf gefüllt als bei der dosierten Verwendung von Sprühstrahl.
- Bei Anwendung des Vollstrahls auf den unteren Bereich der sich im Vollbrand befindenden Brandraumeinrichtung kam es mehrmals zur Ablösung von Flammen, die dann diagonal unter der Raumdecke entlang dem Angriffstrupp in den Rücken schlugen, ohne dass dieser es zunächst bemerkte. Es schien, als würde der vom Brandgut aufsteigende Wasserdampf die Flammen »vor sich hertreiben«.

Die Angriffstrupps meldeten jeweils »Feuer unter Kontrolle«, wenn ihrer Einschätzung nach die Löscharbeiten weitgehend beendet waren und gaben den Befehl zur Belüftung des Brandstollens. Durch den Frischluftstrom flammten zunächst noch Glutnester auf, die der Angriffstrupp ablöschte. Der Angriffstrupp übergab dann den Brandraum an den Reservetrupp und verließ den Brandstollen. Der Reservetrupp hielt während der Bewetterung Brandwache, bis der Brandraum und der Brandstollen rauchfrei waren. Anschließend wurde die Beladeluke des Brandstol-

lens geöffnet und der Brandschutt und die Reste der Brandlast ausgeräumt. Löschwasserproben wurden in Kanister abgefüllt und an der Universität Wuppertal untersucht. Die im Brandraum gemessenen Temperaturen betragen nach Analyse der von der DMT aufgenommenen Daten regelmäßig 200 bis 500 °C im Bereich der Sohle (50 Zentimeter über dem Boden), 300 bis 800 °C in mittlerer Höhe (1,5 Meter über dem Boden) sowie 400 bis 800 °C, kurzzeitig mehr als 1000 °C, im Bereich der Firste (2,5 Meter über dem Boden) und waren somit typisch für Wohnraum-Brand-szenarien.

Bei den »Tremonia«-Versuchen wurden sowohl die Strahlrohrführer wie auch die Löschmittel variiert, da die große Zahl von Versuchen mit gleichem Aufbau dies ermöglichte, ohne die Vergleichbarkeit der Versuche untereinander zu gefährden. Die Löschmittelmengen wurden digital aufgezeichnet. Der Versuch mit dem geringsten Löschmittelverbrauch war Versuch S 17 mit 112 Litern, gefolgt von Versuch S 10 mit 129 Litern. Die Versuche W 03 und W 07 erforderten 401 bzw. 358 Liter Wasser zum Löschen. Der Mittelwert des Löschwasserverbrauchs bei den mit Class-A-Foam bei 0,5 % Zumischung gelöschten Bränden liegt um 69 Liter bzw. 31 % niedriger als der aller 17 Versuche mit Wasser und um 101 Liter bzw. 40 % niedriger als der Mittelwert der mit Wasser gelöschten Versuche. Das durch Zumischung von 3 % Gel erzielte Ergebnis liegt etwa im Mittelfeld aller Versuche (Bild 5).

Die Löschdauer wurde anhand der von der DMT ermittelten Durchflüsse der Löschwasserleitung als Zeitdifferenz zwischen der letzten Messung und der ersten Messung bestimmt. Für das Löschen der Versuchsbrände W 08 und W 03 wurde mit 17 bzw. 14 Minuten die längste Zeit gebraucht. Die kürzeste Löschdauer mit jeweils etwa fünf Minuten wurden bei den Versuchen W 19 und S 10 benötigt. Die Mittelwerte und Streuungen der Löschdauern aller Versuche, die mit Wasser oder mit Class-A-Foam gelöscht wurden, sind annähernd gleich groß. Die für das Löschen mit Gelzumischung benötigte Zeit liegt im Mittelfeld aller Versuche.

Den maximalen Löschaufwand erforderte Versuch W 03 mit 5616 (l×min), gefolgt von den Versuchen W 07 und W 08

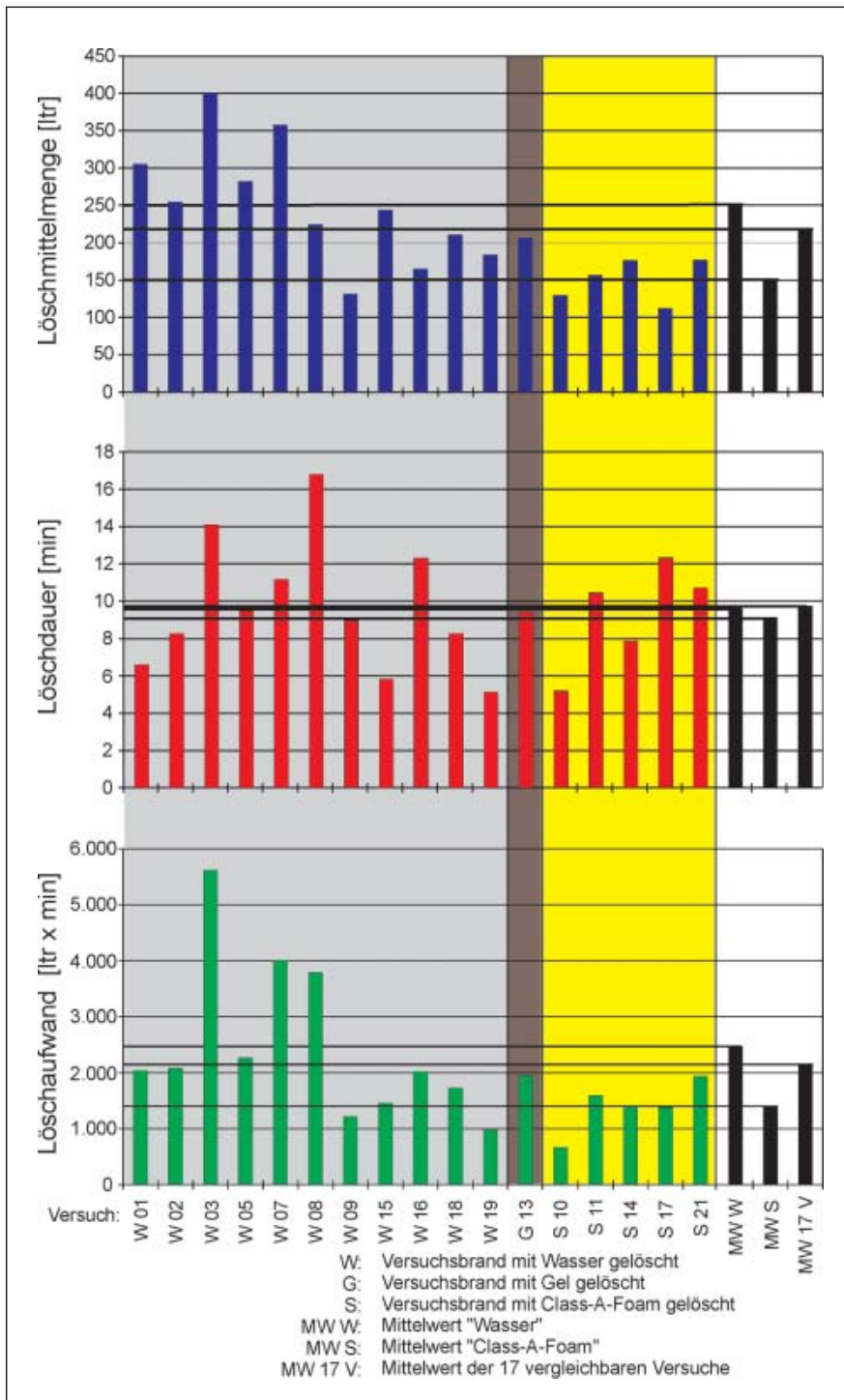


Bild 5
 Löschmittelmenge,
 Löschdauer und
 Löschaufwand
 der »Tremonia«-
 Versuche, geordnet
 nach Löschmittel und
 Versuchsnummer

	Löschmittelmenge (DMT-Messung) [l]	Löschdauer [min]	Löschaufwand [l × min]
17 Versuche	219 ± 78 = 140 ... 297	10 ± 3 = 6 ... 13	2 125 ± 1 209 = 915 ... 3 334
Wasser	251 ± 78 = 173 ... 329	10 ± 3 = 6 ... 13	2 472 ± 1 349 = 1 123 ... 3 820
Class-A-Foam	150 ± 26 = 124 ... 176	9 ± 3 = 7 ... 12	1 397 ± 414 = 984 ... 1 811
Gel	206	9	1 945

mit 4010 bzw. 3792 (l × min). Den geringsten Löschaufwand benötigte Versuch S 10 mit 671 (l × min), gefolgt von den Versuchen W 19 und W 09 mit 971 bzw. 1213 (l × min). Der Löschaufwand des einzigen gültigen Versuchs mit 3 %-Gel-Zumischung liegt im Mittelfeld aller Versuche. Der Mittelwert des Löschaufwandes bei Verwendung von Class-A-Foam ist um 1075 (l × min) oder 43 % geringer als der Mittelwert bei Verwendung von Wasser und um 728 (l × min) oder 34 % geringer als der Mittelwert aller Versuche.

Für den Vergleich der Temperatursummen – also das Abkühlen des Brandraumes – wurde ein Zeitraum von zehn Minuten nach Löschbeginn statistisch untersucht. Es zeigt sich, dass das thermische Verhalten der Löschmittel Wasser und Class-A-Foam bei diesen Versuchen annähernd gleich ist. Lediglich in dem einzigen gültigen Versuch der mit Gel durchgeführt wurde, konnte ein um etwa 20 Prozent größerer Anteil von Temperatursummen, die niedriger sind als die von Wasser bzw. Class-A-Foam, gemessen werden (Tabelle 3). Trotz eines Schlauchplatzers und des Strahlrohrwechsels (also erheblichen Störungen während des Löschangriffs) liegen die Werte der Versuche S 14 bzw. S 21 deutlich unter vielen Werten von Versuchen, die mit reinem Wasser gelöscht wurden. Auffällig war dabei, dass alle Class-A-Foam-Versuche, aber nur drei von elf mit Wasser gelöschten Versuche, einen Löschmittelverbrauch von 100 bis 200 Litern hatten. Das effektivste Löschen aller Versuche gelang in einem Versuch mit Class-A-Foam und erforderte die geringste Löschdauer, den geringsten Löschmittelbedarf und den geringsten Löschaufwand. Das schlechteste Versuchsergebnis wurde bei einem Versuch mit Wasser erzielt. Es wurde festgestellt, dass mit Class-A-Foam in der Regel weniger Löschmittel gebraucht wird als bei Verwendung von reinem Wasser. Das mit Gel ermittelte Ergebnis liegt im Mittelfeld aller Versuche. Mit Gel gelang es jedoch, eine bessere Abkühlung des Brandraumes zu

Tabelle 3
Mittelwerte für
Löschmittelmenge,
-dauer und -aufwand
von 17 »Tremonia«-
Versuchen

erzielen als mit Wasser oder Class-A-Foam, allerdings gab es nur einen gültigen Gel-Versuch, sodass dieses Ergebnis nicht als gesichert betrachtet werden kann. Das Gel verstopfte alle wasserführenden Armaturen und erzeugte einen extrem rutschgefährlichen Belag auf dem Stollenboden und auf den Sichtscheiben der Atemschutzmasken eine nicht zu entfernende Schicht, die zu gefährlichen Sichtbehinderungen der eingesetzten Kräfte führte. Aufgrund der erforderlichen Zumischung von 3 % hat Gel gegenüber Class-A-Foam einen erheblichen logistischen Nachteil. Wasser und Class-A-Foam haben kein unterschiedliches Abkühlen des Brandraums bewirkt.

■ Die »Wattenscheid«-Versuche

Die Feuerwehr Bochum rückt pro Jahr durchschnittlich zu 2000 Brandeinsätzen aus, von denen etwa 19 % Papiercontainerbrände sind, die einen Mannstundenbedarf von rund 850 Stunden pro Jahr ergeben. Im Untersuchungszeitraum wurde auf

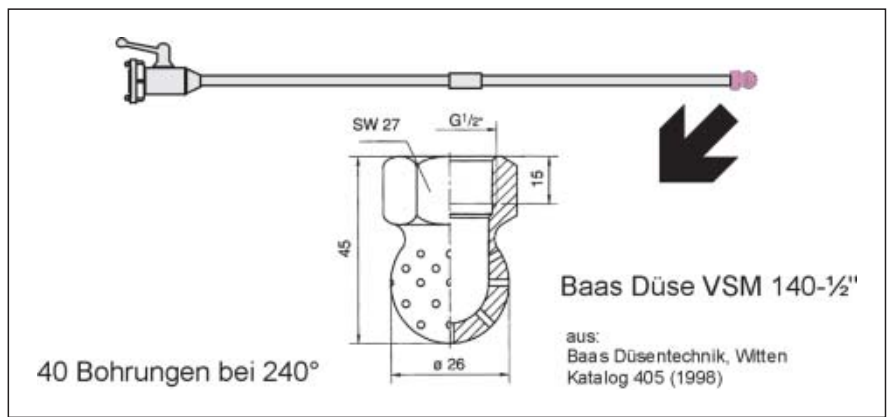
das Stichwort »Containerbrand« jeweils das (Trocken-) Tanklöschfahrzeug (Tro-)TLF 16 mit einer Besatzung von 1/3 alarmiert, ggf. unter Nachalarmierung einer Drehleiter DLK 23-12 zum Anheben des Containers. Die Berufsfeuerwehr Bochum hatte am 1. Juli 1996 ihre Wachstandorte von fünf auf vier reduziert, eine weitere Reduzierung auf drei Standorte wird angestrebt. Es ist daher wichtig, dass die dann verfügbaren drei Tanklöschfahrzeuge des ersten Abmarsches mit dem mitgeführten Löschwasser auskommen und nicht räumlich (z. B. durch Setzen eines Standrohres oder eines Verteilers) gebunden sind, sondern notfalls voll einsatzbereit von einem Papiercontainerbrand zu einem zeitkritischen Einsatz (Stichwort: »Wohnungsbrand – Menschenleben in Gefahr«) abrücken können. Da die Verwendung von reinem Wasser über die Schnellangriffsleitung mit CM-Rohr häufig nicht schnell zu einem nachhaltigem Löscherfolg führt, wurde im Rahmen einer Diplomarbeit untersucht, wie dieses personalintensive Einsatzfeld zu optimieren ist [28]. Die in Bochum verwendeten Altpapiersammelcontainer sind aus verzinktem Stahlblech, haben ein Fassungsvermögen von 3,2 Kubikmetern und die Maße 150 × 150 × 167,5 Zentimeter. Die Einwurfoffnungen für Papier haben eine Größe von 100 × 9 Zentimetern.

Am 16. September 1998 wurden von der Universität Wuppertal und der Berufsfeuerwehr Bochum acht Brand- und Löschergebnisse durchgeführt (Bild 6). Von einem weiteren Versuch mit den auf die Bochumer Rüstwagen RW 1 verlasteten Hochdrucklöschanlagen (170 bar) wurde abgesehen, weil sich deren fest angebrachtes Strahlrohr nicht in die Container einführen



Bild 6
Brandversuch bei der
Feuerwehr Bochum an
Altpapiercontainern

Bild 7
Löschlanze Größe D



ließ. Es wäre nur ein oberflächliches Besprühen des Inhaltes möglich gewesen, was einen abschließenden Löscherfolg nicht erwarten ließ. Vom Entsorgungsbetrieb bereitgestellte und mit Altpapier befüllte Container wurden mit Feststoffgrillanzündern auf der Papieroberfläche gezündet. Die Vorbrennzeit betrug bei allen Versuchen 30 Minuten. Die Wasserversorgung wurde über ein Tanklöschfahrzeug TLF 16 sichergestellt. Mittels einer Wasseruhr wurden dabei die Löschwassermengen gemessen. Die Temperaturen im Brandgut wurden mit Thermoelementen bestimmt, deren genaue Positionen sich aufgrund der zufälligen Papierschichtung in den Containern nicht exakt angeben lässt. Der Löscherfolg der Versuche wurde durch Temperaturmessungen über einen längeren Zeitraum nach Löschende und durch Ausräumen der Container und Suche nach Brand-, Glimm- oder Schwelnestern sichergestellt.

Beim Löscherfolg »Wasser 1« wurde eine C-Leitung mit einem Hohlstrahlrohr bei einem Pumpendruck von 5 bar verwendet. Der Löscherfolg erfolgte abwechselnd durch die beiden Einwurfschlitze des Containers und dauerte 15 Minuten. Er erforderte 1854 Liter Wasser.

Im Löscherfolg »Wasser 2ab« wurde erstmals eine kostengünstige Löschlanze verwendet, die – versorgt von einer D-Leitung – eine besonders gute Verteilung des Wassers zulässt und ein Eindringen in das Brandgut ermöglicht (Bild 7). Die Löschlanze – ein Eigenbau des Verfassers – ist zusammengesetzt aus einer Festkupplung »D«, einem Absperrorgan und einem oder zwei handelsüblichen verzinkten Stahlrohren mit einem Durchmesser von 1/2 Zoll, an deren Ende sich ein Sprühkopf der Firma Baas Düsenteknik mit einem Durchfluss von 140 l/min bei 5 bar, 40 Bohrungen und einem Spritzwinkel von 240° befindet. Der Pumpendruck betrug ebenfalls 5 bar. Der Angriffstrupp führte die Löschlanze zuerst nacheinander durch beide Einwurfschlitze ein und bekämpfte damit den Flammenbrand auf der Oberfläche des Containerinhaltes. Dann verschaffte sich der Angriffstrupp an der Seite des Containers mit einer Brechstange einen Zugang durch die Seitenschlitze/Fugen der Containerhalbschalen zum Containerinnern und führte die Löschlanze in die Papierschichtung ein. Durch die Gestaltung des Sprühkopfes zog sich dieser nahezu selbstständig in das Brandgut hinein. Der Kraftaufwand für das Einsatzpersonal war minimal. Der erfolg-

reiche Löscherfolg dauerte elf Minuten und erforderte 345 Liter Wasser.

Ein Einlaufbogen mit B-Anschluss (Eigenbau der Feuerwehr Bochum, bisher nicht eingesetzt) wurde für Löscherfolg »Wasser 3« verwendet. Der Einlaufbogen wurde über einen B-Schlauch an einen Druckabgang der Fahrzeugpumpe angeschlossen. Nach Beginn der Flutung zeigte sich, dass das Wasser zu schnell aus den Seitenfugen des Containers herauslief. Der Fülldruck wurde auf 10 bar erhöht, um das Wasser schneller in den Container zu pumpen, als es herausfließen konnte. Dadurch war es dem Angriffstrupp jedoch nicht mehr möglich, den Einlaufbogen festzuhalten, und der Versuch musste abgebrochen werden. Der Löscherfolg erforderte 2400 Liter Wasser, ein Löscherfolg trat nicht ein.

Ein Inertisierungsversuch wurde mit zwei 6-kg-CO₂-Feuerlöschern mit einem Gesamtvolumen von 6444 Litern Kohlendioxid, also dem doppelten Volumen eines Containers, unternommen. Der Löscherfolg wurde gleichzeitig mit beiden Einwurfschlitze vorgenommen. Das Einbringen des CO₂ dauerte zwei Minuten, wonach eine kurzzeitige Temperaturabsenkung zu beobachten war. Bereits nach sieben Minuten war die Temperatur jedoch wieder so hoch wie zu Beginn des Löscherfolgs. Dieser Container schien aufgrund der hohen Temperatur an der Messstelle über einen ausgeprägten Glutbrand in der Containermitte zu verfügen und stand nach kurzer Zeit wieder voll in Brand. Er wurde für einen weiteren Versuch (»Schaum 4«) verwendet.

Für die Versuche »Schaum 1« und »Schaum 2« wurde jeweils ein »klassischer Schaumangriff« mit C-Leitung, Zumischer Z 2 R und Mehrbereich-Schaummittel aufgebaut. Bei Versuch »Schaum 1« wurde ein CM-Rohr ohne Mundstück nacheinander durch beide Einwurfschlitze auf beiden Seiten des Containers eingeführt. Die Kunststoff-Kälteschutzummantelung des

Strahlrohres wurde stark beschädigt, da es sich nicht vermeiden ließ, dass diese mit dem heißen Container in Berührung kam. Der Löscherfolg dauerte sechs Minuten und erforderte 251 Liter Wasser-Schaummittel-Gemisch.

Beim Löscherfolg »Schaum 2« wurde der Löscherfolg mit einem Mittelschaumrohr zunächst nur von einer Seite des Containers vorgenommen, wobei die Einfüllklappe mit einer Feuerwehraxt offen gehalten werden musste, da das Schaumrohr zum Einführen in die Einwurfschlitze zu groß war. Der Abbrand des Schaumes war durch die stark aufgeheizten Außenwände des Containers hoch: Der Schaum wurde innerhalb von Sekunden nach Kontakt mit heißen Metallteilen zerstört. Obwohl es aus der praktischen Einsatzerfahrung nicht zu erwarten war, trat bei diesem Versuch ein abschließender Löscherfolg ein. Beim Öffnen und Ausräumen des Containers nach Versuchsende zeigte sich, dass bei diesem Container der Brand nicht bis in die inneren Schichten des Inhaltes vorgedrungen war und das Papier in der Mitte des Containers keinerlei Befeuchtungsspuren aufwies. Der Löscherfolg dauerte vier Minuten und erforderte 150 Liter Wasser-Schaummittel-Gemisch.

Die Löscherfolge »Schaum 3 und 4« (Class-A-Foam) wurden jeweils mit einem Zumischer »Robwen Flow-Mix 500« für 0,3 % Class-A-Foam und D-Löschlanze durchgeführt. Der Löscherfolg von Versuch »Schaum 3« fand bei einem Pumpendruck von 5 bar nach dem gleichen Schema wie beim Versuch »Wasser 2« statt. Der Löscherfolg zeigte nachhaltige Wirkung. Der Löscherfolg dauerte 13 Minuten und erforderte 353 Liter Wasser-Schaummittel-Gemisch. Durch Versuch 4 wurde das Ergebnis des Versuchs »Schaum 3« und die Frage, ob es durch die Steigerung des Drucks auf 8 bar verbessert werden kann, überprüft. Der Löscherfolg wurde wie beim Versuch »Schaum 3« durchgeführt. Es wurde beobachtet, dass der Effekt der sich selbsttätig einziehenden Löschlanze

noch stärker war. Die Steigerung des Drucks zeigte keine erhebliche Steigerung der Löschwirkung, die Durchfeuchtung des Altpapiers war verbessert. Der Löschangriff dauerte sieben Minuten und erforderte 339 Liter Wasser-Schaummittel-Gemisch.

Die Inertisierung mit Kohlendioxid und die Verwendung des Einlaufbogens hatten wegen der Undichtigkeiten der Container nicht zum Löscherfolg geführt. Die Verwendung normaler Strahlrohre führte – bei entsprechend hohem Wasserverbrauch – zum Verlöschen des Containerbrandes, ebenso der Einsatz eines Mittelschaumrohres. Aus der Praxis ist jedoch bekannt, dass ein Löscherfolg mit diesen Geräten ohne Öffnen und Ausräumen des Containers selten zu erzielen ist. Die Verwendung von Schaummittel (Mehrbereich-Schaummittel und Class-A-Foam) führte in allen Fällen bei weniger Gesamtmenge zu einer stärkeren Durchfeuchtung der Papierschlüttung und zu weniger ablaufendem Wasser. Da der Versuch mit dem Mittelschaumrohr als Ausreißer zu werten ist, erforderten die mit der Löschanlage durchgeführten Versuche den geringsten Löschaufwand. Zur im Versuch gemessenen Löschdauer muss in der Praxis noch jeweils die Dauer für die Entnahme der Geräte (z. B. Schaummittelkanister, Zumischer, Schaumrohr, Schläuche) und den Auf- und Abbau des Löschangriffs hinzugerechnet werden. Dennoch ergeben sich gute Zeiten für den Löscheinsatz. Durch die Verwendung einer fest eingebauten Zumischeinrichtung für Class-A-Foam bei 0,3 % Zumischung als Netzmittel wird das Papier im Container stark durchfeuchtet, sodass von einem nachhaltigen Löscherfolg ausgegangen werden kann.

Die »Ingolstadt«-Versuche mit Druckluftschäum

Am 17. November 1997 wurden von der Universität Wuppertal in Zusammenarbeit mit der Firma Hale und der Berufsfeuerwehr Ingolstadt¹ vier vergleichende Versuche zur Löschwirkung von Wasser und Druckluftschäum (CAFS) in einem von der Feuerwehr Ingolstadt zur Verfügung gestellten 20-Fuß-ISO-Container aus Trapezstahlblech mit identischer Brandlast in Anlehnung an die »Tremonia«-Versuche durchgeführt. Die Versuchsbezeichnungen dieser Reihe lauten: »Wasser 1«, »Wasser 2«, »CAFS 3« und »CAFS 4«. Die Brandlast bestand pro Versuch aus: 15 Holzpaletten, davon zehn als Regal aufgebaut, eine liegend auf einer Metall-Git-

terbox, zwei als Bettgestell und jeweils eine unter zwei Autositzen, zwei Strohballen, deren Stroh im »Regal«, in der Gitterbox sowie auf dem Bett verteilt wurden, und einer Federkernmatratze. Mit dieser Brandlast wurde eine Zimmereinrichtung nachgestellt. Die Brandlast wurde mit zwei Litern Ottokraftstoff in einer Zündwanne, die unter das aus Holzpaletten gebaute Regal geschoben wurde, gezündet. Die Türen des Containers waren während der Vorbrennzeite geschlossen, der Brand wurde über die beiden Öffnungen an beiden Längsseiten des Containers natürlich ventiliert. Der Brandcontainer wurde mit zwölf Thermoelementen ausgestattet, die in zwei Ebenen angeordnet wurden. Mit ihnen wurden die Brandraumtemperaturen während des Vorbrennens und des Löschens alle zwei Sekunden mittels eines Thermo-loggers auf einem Notebook aufgezeichnet und gespeichert. Durch direkten Flammenkontakt in mehreren Versuchen erlitten die Messleitungen zu den Thermoelementen 1, 2, 6 und 12 Schäden, sodass die übermittelten Messdaten nicht verlässlich sind und daher nicht in die Versuchsauswertung einfließen. Die Vorbrennzeite betrug 15 Minuten bei den Versuchen »Wasser 1«, »CAFS 3« und »CAFS 4« und 16 Minuten beim Versuch »Wasser 2«, da sich der Versuchsbrand etwas zögernd zu entwickeln schien.

mittel GmbH, Ladenburg, verwendet. Die Zumischrate betrug 0,5 %. Im Rahmen der Versuche zur Schaumzusammensetzung am Tag nach den Brandversuchen wurde festgestellt, dass sich eine Düse im Mischventil gelockert hatte. Dadurch konnten bei den Brandversuchen nicht der maximale Luftanteil und die optimale Schaumqualität genutzt werden. Zu diesem Zeitpunkt waren die Löschanversuche mit – wenn auch nicht optimalem – Druckluftschäum jedoch schon beendet. Da die Löschmittelmengen, die in den Schaumversuchen benötigt wurden, deutlich unter denen lagen, die bei den reinen Wasserversuchen erforderlich waren, wurde davon abgesehen, die Brand- und Löschanversuche zu wiederholen. Es kann vermutet werden, dass die Versuchsergebnisse unter optimalen Bedingungen noch vorteilhafter für Compressed-Air-Foam gewesen wären. Das Mischventil wurde von der Berufsfeuerwehr Ingolstadt und der Firma Hale mittlerweile so verändert, dass sich die Düse nicht mehr verschieben kann.

Die Temperaturmesswerte wurden statistisch untersucht. Beim Vergleich der gewonnenen Kennwerte zeigte sich: Die Verläufe der Temperaturen während der jeweiligen Vorbrennzeiten variieren nicht signifikant. Alle vier Versuche sind – was das Brandverhalten bis zur 15. bzw. 16. Minute betrifft – miteinander vergleichbar.

	Wasser 1	Wasser 2	CAFS 3	CAFS 4
Löschwassermenge [l] nach Wasseruhr	380	242	66	106
Löschwassermenge [l] nach CAFS-Master	–/–	–/–	50	82
Löschdauer [min:sek]	7:45	5:30	2:50	4:30
Löschaufwand [l×min]	2.945	1.331	186	477

Tabelle 4 Ergebnisse der »Ingolstadt«-Versuche

Vom Löschangruppenfahrzeug LF 16/12 der Berufsfeuerwehr Ingolstadt wurde ein B-Schlauch zum Verteiler und dann zwei Schläuche C 42-15 zum Strahlrohr verlegt. Bei allen Versuchen wurde ein C-Vollstrahlrohr nach alter Norm mit einer Mundstückweite von 11 mm und einem Kugelhahn Größe C ohne Störkörper im Küken verwendet. Der Löschangriff wurde bei allen Versuchen von einem Mitarbeiter der Firma Hale durchgeführt. Der Durchfluss der Angriffsleitung betrug nominell 160 l/min. Als Schaummittel in den Schaumversuchen wurde »Silv-ex G« der Firma Total Walther Feuerschutz Löschan-

Insbesondere verläuft das Vorbrennen der Versuche »Wasser 1« und »CAFS 4« und das von »Wasser 2« und »CAFS 3« sehr ähnlich. Ebenso verhalten sich die Temperaturen und ihre Gradienten während des Löschens. Den unterschiedlichen Löschmitteln (Wasser/CAFS) ist kein signifikant anderer Verlauf der Brandraumtemperaturen zuzuordnen. Die Graphen der Brandraumtemperaturen fallen in einer Schar aus stellenweise parallelen Kurven. Der Löschmittelverbrauch wurde bei allen Versuchen mit einer mechanischen Wasseruhr gemessen. Für die Schaumversuche werden zusätzlich die von der elektronischen Zumischanlage HALE CAFS-Master gemessenen Werte angegeben (Tabelle 4). Die Löschdauer wurde mit einer Stoppuhr ab Löschbeginn gemessen. Das Ende der Löschdauer ist definiert als der Zeitpunkt, an dem der Strahlrohrführer »Feuer Aus«

¹ Siehe auch: Braun, U.: Wirkungsvoller Druckluftschäum, BRANDSCHUTZ/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 4/1999, S. 344 ff.

meldet, wenn es sich um einen Realeinsatz handelt. Der aufzuwendende Löschaufwand ergibt sich als Produkt aus der gemessenen Löschwassermenge und Löschdauer. Zum Löschen der Versuchsbrände wurde deutlich weniger Druckluftschaum als Wasser gebraucht. Außerdem wurden die Versuchsbrände mit Druckluftschaum deutlich schneller als mit Wasser gelöscht. Dementsprechend war der Löschaufwand bei Versuchsbränden, die mit Druckluftschaum gelöscht wurden, erheblich geringer als der Löschaufwand, der bei Verwendung reinen Wassers aufgewendet werden musste. Es konnten keine Unterschiede im Abkühlen des Brandraums zwischen Wasser und CAFS festgestellt werden.

■ Brandversuche außerhalb Deutschlands

Versuche des National Institute of Standards and Technology (NIST)

Bereits im Jahr 1988 wurden vom NIST vergleichende Laborversuche mit Wasser und Class-A-Foam durchgeführt [29]. Die Entzündungshemmung von Sperrholz des Typs »T1-11« durch eine Schaumschicht und die Gewichtszunahme durch Feuchtigkeitsaufnahme wurden untersucht. Die Versuche zeigten, dass eine Entzündung des Sperrholzes doppelt so lange dauert, wenn zuvor eine Schaumschicht aufgebracht worden ist. Die Holzstücke nahmen etwa zwanzigmal mehr Wasser-Schaummittel-Gemisch als reines Wasser auf.

Versuche der Underwriters Laboratories

Diese Versuche der Underwriters Laboratories (UL) wurden 1993 an verschiedenen Nadelholzkrippen durchgeführt [30]: Class-A-Foam und CAFS haben gegenüber reinem Wasser eine deutlich höhere Löschwirkung. Holz nimmt von Class-A-Foam deutlich mehr Feuchtigkeit auf als von reinem Wasser, wodurch eine zeitliche Verzögerung der Entzündung erzielt wird.

Die »Fairfax County«-Versuche

An den Versuchen in Fairfax County, Virginia/USA, beteiligten sich 1993 die Feuerwehr von Fairfax County und verschiedene Dienststellen der amerikanischen Streitkräfte [31]. Die Versuche wurden mit unterschiedlicher Brandlast in identischen Räumen der Größe 10×6×3 Meter von Holzbaracken einer Kaserne durchgeführt. Als Ergebnis der »Fairfax County«-Versuche zeigt sich, dass in vergleichbaren Brandräumen trotz erheblich größerer Brandlast mit Compressed-Air-Foam bedeutend weniger Löschmittel und Löscheinheit gebraucht wurde, um die Brände zu löschen, als mit Wasser.

Die »Rissington«-Versuche

Die »Rissington«-Versuche wurden 1995 und 1996 von der Fire Research and Development Group (FRDG) in einem Flugzeug-Shelter eines ehemaligen Fliegerhorstes in Großbritannien durchgeführt [32]. Als Brandlast dienten 56 Holzpaletten, die als vier sich an jeweils zwei Seiten berührende Stapel aus jeweils 14 Paletten auf einem 25 Zentimeter hohen Metallgestell unter einem 8×8 Meter großen Rauchfang angeordnet waren. Die Masse dieser Brandlast betrug etwa 1,2 Tonnen Holz (entsprechend 22.560 MJ oder 6267 kWh). Es wurden insgesamt 66 Versuche durchgeführt, von denen 58 zur Auswertung herangezogen wurden. In den Versuchen wurden Wasser, AFFF-3-%, Mehrbereich-Schaummittel-3-% und 13 Class-A-Foam-Schaummittel unterschiedlicher Hersteller untersucht. Bei den Messwerten der »Rissington«-Versuche zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Löschdauer, Löschmittelmenge oder Reduktion der Brandintensität nach Löschbeginn zwischen den verschiedenen Löschmitteln.

Die »Canterbury«-Versuche

Die »Canterbury«-Versuche wurden im Herbst 1997 an der University of Canterbury in Neuseeland durchgeführt [33]. Diese neun Versuche dienten der vergleichenden Quantifizierung der Löschwirkung von reinem Wasser und Wasser mit 0,3-%-Class-A-Foam-Zumischung aus der

Hochdruck-Schnellangriffseinrichtung eines Feuerwehrfahrzeugs (30 bis 35 bar) sowie Druckluftschaum. Verwendet wurden vier identische Brandräume der Größe 2,4×3,6×2,4 Meter mit einer halben Trennwand. Es wurde zunächst zehn Sekunden lang Löschmittel abgegeben und die Wirkung im Brandraum beobachtet. Bei einem Wiederanstieg der Temperaturen in den Krippen (dies war bei allen Versuchen der Fall) haben die Feuerwehrleute den Raum betreten und die Brände endgültig gelöscht.

Es zeigten sich nach Löschbeginn keine signifikanten Unterschiede der Brandraumtemperaturen oder der Reduktion der Energiefreisetzung der Brände zwischen den verschiedenen Löschmitteln. In zwei Versuchen mit CAFS wurde eine deutlich geringere Temperatur in den Krippen im abgeteilten Bereich des Versuchsraums gemessen. CAFS und Hochdruck/Class-A-Foam erforderten etwa gleich große Löschmittelmengen, die geringer waren als bei der Verwendung von Hochdruck mit reinem Wasser. Auffällig dabei ist die große Streuung der Messwerte der Löschmittelmengen, sodass eindeutige Aussagen nicht abgeleitet werden können. Die Sicht im Brandraum war bei den Versuchsbränden, die mit CAFS gelöscht wurden, am wenigsten behindert. Hinsichtlich der Hemmung des Wiederentzündens der durch zehn Sekunden lange Löschmittelmengen abgeschreckten Brandlast gab es keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Löschmitteln.

Die »Salem«-Versuche

Die »Salem«-Versuche wurden 1992 in einem leerstehenden, zweigeschossigen Wohnhaus in traditioneller amerikanischer Holzbauweise in Salem, Connecticut/USA, durchgeführt. Sie wurden gemeinsam von

Bild 8
Class-A-Foam im Außenangriff auf ein brennendes Holzhaus unter Verwendung eines Hohlstrahlrohres mit Schwertschaumauflauf.
[Foto: J. Jarvis]



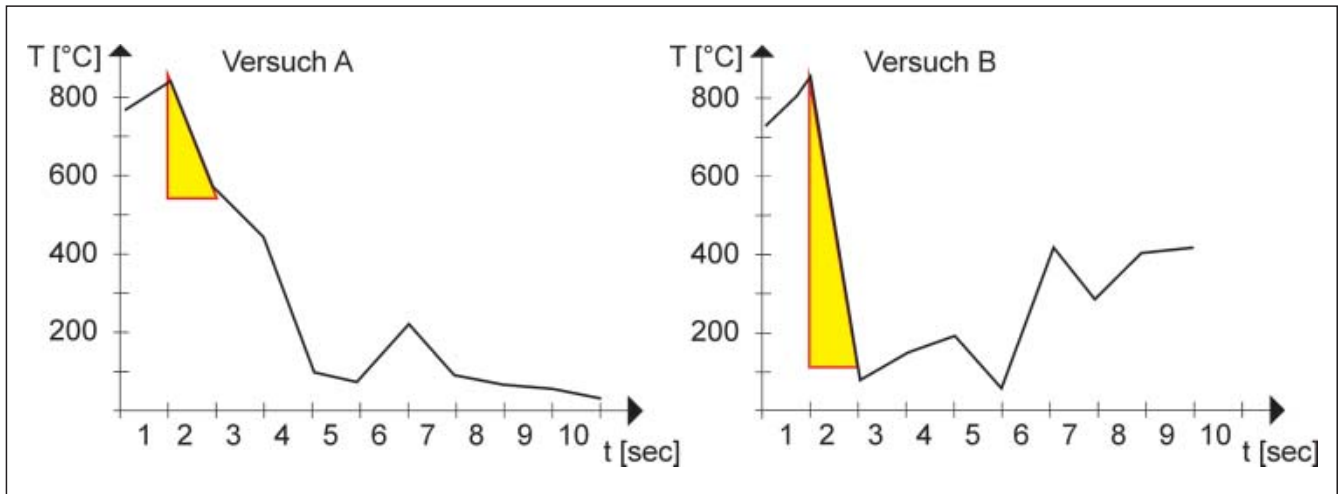


Bild 9
Zur Bestimmung von
Temperaturgradienten

der International Society of Fire Service Instructors (ISFSI), den Freiwilligen Feuerwehren von Salem Lakes und Gardner sowie der Firma Hale Fire Pump Co. organisiert. Die Löschwirkung von Wasser, Class-A-Foam und Druckluftschäum sollte quantifiziert werden [34]. Als Versuchsräume dienten nach Größe und Ventilationsbedingungen ähnliche – aber nicht identische – Zimmer mit den Maßen von 3,35×3,05×2,44 Meter, das heißt einem Rauminhalt von 25 Kubikmetern. Die identische Brandlast bestand aus Strohhallen und Holzpaletten. Ziel der »Salem«-Versuche war nicht die Ermittlung der insgesamt erforderlichen Löschmittelmengen, sondern die Messung der Temperaturänderungen im Raum nach Beginn des Löschangriffs. Daher waren die Brandräume mit Thermoelementen an der Decke und in 1,22 Metern (4 Fuß) Höhe über dem Boden ausgestattet. Die Temperaturänderungen unter der Decke zeigten keine großen Unterschiede zueinander. Die Thermoelemente kühlten bereits zu Beginn der Brandbekämpfung durch direkten Kontakt mit den Löschmitteln schnell ab. Die Temperaturen, die in 1,22 m Höhe über dem Boden abgegriffen wurden, zeigten jedoch deutliche Unterschiede: Wasser erzielte das schlechteste Ergebnis (–1,96 K/sek.), bereits Class-A-Foam bewirkte eine doppelt so schnelle Verringerung der Temperaturen im Brandraum. Mit Druckluftschäum wurde die schnellste Abkühlung erzielt (–11,38 K/sek.).

■ Erkenntnisse

In den meisten ausländischen sowie in den »Tremonia«, »Wattenscheid«- und »Ingolstadt«-Versuchen haben sich die Vorteile von Class-A-Foam bei der Bekämpfung von Feststoffbränden gegenüber reinem Wasser hinsichtlich Löschmittelmengen, Löschdauer und Löschaufwand gezeigt. Sicherlich sind die Ergebnisse aus

Brand- und Löschversuchen mit handgeführten Löscheräten auch der Subjektivität des Strahlrohrführers unterworfen. Es ist aber auffällig, dass Class-A-Foam in unterschiedlichen Szenarien und unabhängig vom Strahlrohrführer reinem Wasser überlegen ist, sodass sich die unterschiedlichen Versuchsergebnisse gegenseitig bestätigen. Des Weiteren ist die effizienzsteigernde Wirkung der Zumischung von Tensiden zum Löschwasser seit den 1930er-Jahren bekannt und durch viele Quellen belegt (z. B. [35–45]).

Seit Beginn der Forschungsarbeiten 1993/94 haben zahlreiche Feuerwehren im In- und Ausland Fahrzeuge mit Class-A-Foam-Ausrüstung beschafft oder erprobt (Bild 8), z. B. in Tongeren und Brüssel (Belgien), Reutlingen [46–50], Venne, Ingolstadt [51, 52], Berlin, Leipzig, Bochum und bei Falck Redningskorpset (Dänemark).

Die Verwendung geeigneter Blasentank- und Wassermotorzumischer hat deutliche technische und einsatztaktische Vorteile gegenüber Z-Zumischern. Hinsichtlich der Verwendung von Druckluftschäum (CAFS) ist jedoch – angesichts des Platz- und Gewichtsbedarfs sowie des zusätzlichen Gewichts der Aggregate im Fahrzeug (insbesondere Kompressor, Separatortank und Ölkühler) und der Kosten für diese Systeme – der Grenznutzen kritisch zu hinterfragen. Da für die Kosten einer Druckluftschäumenanlage (CAFS) zwischen fünf und zehn Fahrzeuge mit Blasentank- oder Wassermotorzumischer für Class-A-Foam ausgerüstet werden können, scheint es sinnvoller, die Feuerwehren in der Fläche einheitlich und effektiver auszustatten,

statt einige wenige »CAFS-Exoten« zu beschaffen.

Die Ergebnisse der umfangreichen Temperaturmessungen – insbesondere während der »Tremonia«- und »Ingolstadt«-Versuche – stehen jedoch im Widerspruch zu den viel- und meist unvollständig zitierten Ergebnissen der »Salem«-Versuche: Die »Salem«-Versuche wurden aber nicht in identischen Brandräumen durchgeführt, und die Anzahl der Versuche bzw. der Messungen ist nicht groß genug, um als statistisch abgesichert zu gelten. Die Heranziehung von Temperaturmessungen zum Verlauf bzw. Erfolg eines Löschvorgangs ist außerdem nicht eindeutig. Bild 9 zeigt beispielhaft zwei Zeit-Temperatur-Graphen unterschiedlicher fiktiver Brandversuche mit verschiedenen Löschmitteln nach Löschbeginn. Beim Versuch A beträgt der Temperaturabfall $dT/dt = -320$ K/s zwischen der zweiten und dritten Sekunde, bei Versuch B $dT/dt = -750$ K/s. Dies kann bedeuten, dass beim Versuch B das Löschmittel direkt ein Thermoelement getroffen und abgekühlt hat oder mehrere Thermoelemente einen ähnlichen Temperaturgang aufgenommen haben und somit Löschmittel B in der Lage ist, den Brandraum schneller abzukühlen. Gleichzeitig macht das Beispiel deutlich, dass der Temperaturabfall allein kein Maß für die Nachhaltigkeit des Löscherfolgs sein muss. Am Wiederanstieg der Temperatur bei Versuch B ist zu erkennen, dass sich die Brandlast möglicherweise wiederentzündet hat. Relativierend muss auch gesagt werden, dass die von einigen Herstellern von Druckluftschäumenanlagen propagierte »fünf- bis siebenfache Steigerung der Löscheffizienz« absolut unbewiesen ist [53, 54].

Letztlich handelt es sich bei den heute angebotenen Druckluftschäumenanlagen um relativ komplexe messtechnische und hydraulische Systeme, die in ihrer Verfügbar-

Bild 10
Einsatz eines Hohlstrahlrohres mit Schwerschaumaufsatz und Class-A-Foam



keit (MTTF, MTTR²) und in ihrer Instandsetzbarkeit durch Feuerwehrpersonal hinter mechanischen System zurückstehen müssen. Somit sollte der Einbau mechanischer Systeme bei der Überarbeitung der Feuerwehr-Fahrzeugnormen zunächst als Option ermöglicht, langfristig die Ausstattung der Feuerwehren mit Class-A-Foam – sowie eine adäquate Ausbildung – gefördert werden.

Die Verfasser teilen außerdem die Auffassung der amerikanischen Kollegen aus vielen persönlichen Gesprächen, dass die Einführung von Class-A-Foam nicht zur Reduzierung der Besatzungsstärken der Löschfahrzeuge bzw. -züge führen darf. Durch die bereits erfolgten Einsparungen bei deutschen (Berufs-) Feuerwehren während der vergangenen zehn Jahre könnte Class-A-Foam bestenfalls einen Teil der verlorenen Schlagkraft kompensieren. Gleiches gilt sinngemäß für tagesalarm-schwache Freiwillige Feuerwehren. Des Weiteren wird ein Trupp im Innenangriff – egal mit welchem Gerät und Löschmittel er vorgeht – mindestens aus zwei, besser aus drei Einsatzkräften bestehen müssen. Und für jeden im Innenangriff arbeitenden Trupp muss ein Reservetrupp mit zwei oder drei Mitgleidern außerhalb des Gefahrenbereichs vorgehalten werden. Den Feuerwehren stehen mit Class-A-Foam und Hohlstrahlrohren technische Hilfsmittel zur Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit im abwehrenden Brandschutz zur Verfügung (Bild 10). Das Nutzen dieser Hilfsmittel – eingebettet in ein tragfähiges strategisches und taktisches Konzept [55–60] – zu ihrem eigenen Vorteil obliegt jeder Feuerwehr selbst.

Literatur

- [1] Pohl, K. D., de Vries, H., Noje-Knollmann, S.: »Class-A-Foam«, BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 9/1995.
- [2] Rughase, O., de Vries, H.: »Die Schaum-schlacht im Wald«, Feuerwehrmagazin, 3/1997.
- [3] de Vries, H.: »Class-A-Foam – Schaum zur Bekämpfung von Vegetations- und Feststoffbränden«, Spezialistenseminar »Waldbrandschutz« in Brielow/Brandenburg, März 1997.
- [4] de Vries, H.: »Quantitative Aspects of Class-A-Foam« Fire Department Instructors Conference, Indianapolis/USA, International Society of Fire Service Instructors, April 1997.

- [5] de Vries, H.: »Class-A-Foam – The use of new foams and foam equipment against solid fuel fires«, International Disaster and Emergency Response Conference: Den Haag/NL, Andrich International Ltd., Oktober 1997.
- [6] de Vries, H.: »When did you fight your last crib fire?«, Fire Chief Magazine, 3/1997.
- [7] de Vries, H.: »CAFS goes to Germany«, Fire Chief Magazine 8/1998.
- [8] de Vries, H.: »Foam follows function: The Tremonia and Wattenscheid trials«, Fire Chief Magazine 8/1999.
- [9] Anonymus: Basic brushfire training module 5 – Fighting fire with water; Country Fire Authority – Victoria; Victoria/AUS.
- [10] Vandershall, H. L.: The use of foam in wildland fire fighting from fixed-wing aircraft: A basic primer; The air attack officers symposium, Canadian interagency fire center; Winnipeg, Manitoba/CAN; Januar 1989.
- [11] Colletti, D. J.: Class A foam for structure firefighting, Fire Engineering, 7/1992, S. 47 ff.
- [12] Lawlor, M.: Class A foam utilization by a career department, Fire Fighting in Canada, März 1994, S. 18.
- [13] Stern, J.; Routley, J. G.: Class A Foam for structural firefighting; Federal Emergency Management Agency, 1997.
- [14] Carey, W. M.: National class a foam research project technical report; National Fire Protection Research Foundation; Quincy, Mass./USA, Dezember 1994.
- [15] Drysdale, W.: Foam for structural firefighting (File No. 8/30/065 – Project 94046); Metropolitan Fire Brigades Board Research and Development; Thornbury, VIC/AUS; ca. 1996.
- [16] Carothers, Troy: Using foam to reduce heat and smoke, Fire Fighting in Canada, März 1997; Vol. 41, No. 2, S. 22.
- [17] Anonymus: Observations & comments on the Southern California fire storms October/November 1993, International Association of Fire Chiefs, Fairfax VA/USA.
- [18] Schlobohm, P.: Use of class A foams on structures and wildlands, National Wildfire Co-ordinating Group; Boise ID/USA, 1994.
- [19] Evans, D.; Madrzykowski, D.: Quantifying the extinguishing effectiveness of wildland fire foams, United States Department of Interior, ca. 1989.
- [20] Rochna, R.; Schlobohm, P.: Foam as a fire suppressant: An evaluation, Boise ID/USA, 1987.
- [21] Blankenship, P. L.: Class A foam for 1993 wildland fires, American Fire Journal, 6/1993, S. 17 f.
- [22] Anonymus: Memorandum (92–42): Class A wildland fire fighting foam and wetting agents, Portland Bureau of Fire Rescue & Emergency Services, Portland OR/USA, June 1992.
- [23] Windisch, F. C.: Nantucket Square Fire, Fire Engineering, 11/1993, S. 10 ff.
- [24] Macey, C. T.: Foam fire suppression system for mobile forestry equipment, Forest Engineering Research Institute of Canada, Quebec, 1991, Technical Note TN-175.
- [25] Dowd, D. M.: Fire, the forest rejuvenator, Fire Engineering, 9/1996, S. 67 ff.
- [26] Parfit, Michael: The essential element of fire, National Geographic, 3/1996, September; S. 117 ff.
- [27] de Vries, H.: »Strahlrohre – Technik und Taktik«, UB – Unabhängige Brandschutzzeitschrift, 11/2000, S. 12 ff.
- [28] Kreft, B.: Untersuchungen zur Optimierung der Brandbekämpfung an Recyclingpapier-Behältern (Diplomarbeit); BUGH Wuppertal FB 14, 1998.
- [29] Madrzykowski, D.: Study of the ignition inhibiting properties of compressed air foam, United States Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, Center for Fire Research, Gaithersburg MD/USA, Oktober 1988.
- [30] Carey, W. M.: National class A foam research project technical report: Knockdown, exposure and retention tests, National Fire Protection Research Foundation, Dezember 1993.
- [31] Jones, K.: Put the white stuff on the red stuff, Fire Chief Magazine, 3/1995, S. 52 ff.
- [32] Bosley, K.: Water additives for fighting class A fires – FRDG Publication No. 3/98, Home Office Fire Research and Development Group, London/UK, 1998.
- [33] Gravestock, N.: Full scale testing on fire suppression agents on shielded fires, DA (Master Thesis), University of Canterbury (NZ), 1998.
- [34] Colletti, D. J.: Quantifying the effect of class A foam in structure firefighting: The Salem tests, Fire Engineering, 2/1993, S. 41 ff.
- [35] Harder, H.: Luftschäum gegen Dachstuhlbrand – Lösversuch an einem Abbruchgebäude in Hamburg, Die Feuerlöschpolizei, Nr. 5, 1937, ; S. 136 f.
- [36] Herterich, O.: Wasser als Löschmittel, Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH, Heidelberg, 1960, S. 184.

² MTTF: Meantime between two failures = Zeit zwischen zwei Fehlern; MTTR: Meantime to repair = Zeit zum Reparieren.

- [37] Schreiber, H. M., Porst, P.: Löschmittel, Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, 1972, S. 286 ff.
- [38] Pleß, G., Lubosch, E.: Löschen mit Schaum, Rudolf Haufe Verlag, Berlin, 1991, S. 47 ff.
- [39] Achilles, E.: Erfahrungen bei der Verwendung von Leichtschaum, vfdB-Zeitschrift, 3/1966, S. 77 ff.
- [40] Schweinfurth, E.: Technische Regeln bei der Erzeugung und Anwendung von Leichtschaum, vfdB-Zeitschrift, 3/1966, S. 80 ff.
- [41] Bumiller, G.: Der Einsatz von Leicht- und Mittelschäumen bei der Bekämpfung von Schiffsbränden (Abschnittsarbeit), Feuerwehr Hamburg, 1970.
- [42] Bilwatsch, M.; Volz, S.: Schaumeinsatz bei Dachstuhlbrand, BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 12/1982, S. 370 f.
- [43] Cimolino, U.: Größter Schaumeinsatz in der Düsseldorfer Geschichte, 112-Magazin für die Feuerwehr, 11/1995, S. 629.
- [44] Huhndorf, S.: Großfeuer beim Dualen System, Ahrensburger Zeitung vom 31. Juli 1997, S. 1.
- [45] Arbeitsgruppe »Einsatzbericht Tela«: Großbrand Papierfabrik Tela: 3 Tote, 200 Mio. Fr. Schaden, Schweizerische Feuerwehrzeitung, 12/1996, S. 896 ff.
- [46] Anonymus: Feuerwehr Reutlingen ... Fahrzeugtechnik, Internetpräsentation, 1998.
- [47] Jendsch, W.: Ausnahmezustand – Feuerwehr Reutlingen Teil 1, Feuerwehrmagazin, 10/1998, S. 25.
- [48] Kober, H.: Brandbekämpfung mit Class-A-Foam-Schaummittel, BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 3/1998, S. 257 ff.
- [49] Kober, H.: Wohnungs- und Industriebrände mit Schaummittel löschen – Vision oder Realität? (Class-A-Foam-Schaummittel in der Erprobung), BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung, 10/1996, S. 813.
- [50] Reicherter, M.: HLF 16/16/06 – oder LF 16/12 nach Norm? ... oder sind Namen nur noch Schall und Rauch?, BRANDSchutz/Deutsche Feuerwehr-Zeitung 3/1998, S. 254 ff.
- [51] Braun, U.: Erfahrungsbericht über die Druckluftschäum-Brandbekämpfung, Berufsfirewehr Ingolstadt, 30. September 1998.
- [52] Anonymus: Ingolstadt: LF 16/12 mit Kompressor-Luftschäumsystem, 112-Magazin der Feuerwehr, 1/1998, S. 8 ff.
- [53] Hale Products Europe GmbH: Produktinformation »Das CAFS Schaumlöschsystem von HALE«, 1997.
- [54] Schmitz GmbH Feuerwehr- und Umwelttechnik; Foliensatz »Schmitz One-Seven Druckluftschäumsystem«, 1997.
- [55] Rughase, O.: Strategic management for public organizations – attempt to use strategic approaches for fire departments (Independent Study), California State University-Fullerton, School of Business Administration and Economics, 1996.
- [56] Brunacini, A.: Essentials of Fire Department Customer Service, Fire Protection Publications, 1996.
- [57] Perkins, K. B., Benoit, J.: The future of volunteer fire and rescue services: Taming the dragons of change, Fire Protection Publications, 1996.
- [58] West Midlands Fire Service (Hrsg.): T. Q. M. Operating Manual, Birmingham/UK, 1993.
- [59] de Vries, H.: »Untersuchungen zur Optimierung der Bekämpfung von Feststoffbränden mit Wasser und Schaum im mobilen Einsatz der Feuerwehren Norderstedt«; Libri Books on Demand; Zugleich Dissertation Universität Wuppertal, 2000.
- [60] de Vries, H.: »Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum – Technik und Taktik«, Ecomed Verlag, Landsberg, 2000. □

Magnesium-Brand in Technischer Universität

Bild 1
Die glühende Magnesiumspäne wurde in einer Schuttmulde gelagert und abgelöscht.
[Foto: L. Kahla]

In einem Institut der Technischen Universität Clausthal in Clausthal-Zellerfeld wird metallisches Magnesium für unterschiedliche technische Versuche verwendet. Hierzu wird das in Barren gegossene Magnesium mittels einer entsprechend ausgerüsteten Bandsäge in feine Streifen geschnitten. Am 17. Mai 2001 lief diese Maßnahme jedoch nicht wie gewohnt ab: Aufgrund eines sehr hohen Späneanfalls füllte sich die Spänekammer der Bandsäge umgehend. Es kam zu einer Verstopfung, die bei entsprechender Reibung des unteren Laufrades zu starker Erwärmung und schließlich zur Entzündung der Magnesiumspäne führte.

Die Brandmeldeanlage des Instituts meldete die durch den Metallbrand verursachte Verrauchung. Die in der Werkstatt arbeitende Belegschaft löschte die heraussprühenden Flammen mit einem Metallbrandfeuerlöscher oberflächlich ab. Die Brandmeldung wurde zunächst nicht zur Feuerwehr weitergeleitet. Allerdings wurde der Gemeindebrandmeister der Samtgemeinde Oberharz telefonisch um Unterstützung bei der Entrauchung der Werkstatt und der angrenzenden Versuchshalle gebeten, der wiederum bei der Ortsfeuerwehr Clausthal-Zellerfeld zwei Druckbelüfter samt Mannschaft anforderte. Die Ortsfeuerwehr rückte mit sieben Einsatzkräften und ELW 1, TLF 16/25 und DLK 23-12 aus. Die nachfolgende Erkundung der Einsatzstelle ergab folgendes Bild:

- die Spänekammer der Bandsäge war randvoll gefüllt;
- Verrauchung und Hitzeentwicklung waren enorm;
- im Spänehaufen befanden sich noch faustgroße Glutnester.

Die eingesetzten Kräfte gingen mit einem dreiköpfigen Trupp unter Pressluftatmern vor und löschten die Glutnester mit einem weiteren Metallbrandfeuerlöscher ab. Zusätzlich wurden die beiden Druckbelüfter zur Entrauchung der Halle in Betrieb genommen. Die Spänekammer musste von den Einsatzkräften per



Hand entleert werden (Bild 1). Dabei kam es zu weiteren Entzündungen des Magnesiumpulvers. Die glühenden Spänereste wurden in zwei Schuttmulden gelagert und ständig mit Metallbrandpulver berieselt. Schließlich erfolgte die Abdeckung und Lagerung in trockenem Zement. Der Einsatz dauerte etwa 75 Minuten.

(-Lothar Kahla-)