

**"Kritische Betrachtung von wässrigen Löschmitteln
und deren Löschtechnik
unter besonderer Beachtung
der Sicherheit der Einsatzkräfte"**

0 Einführung

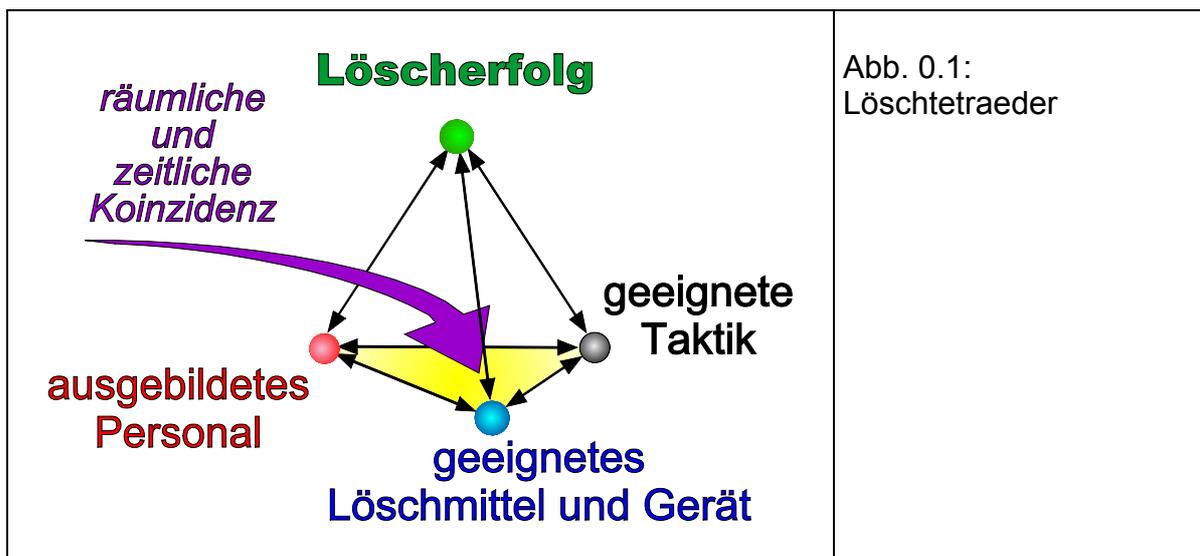
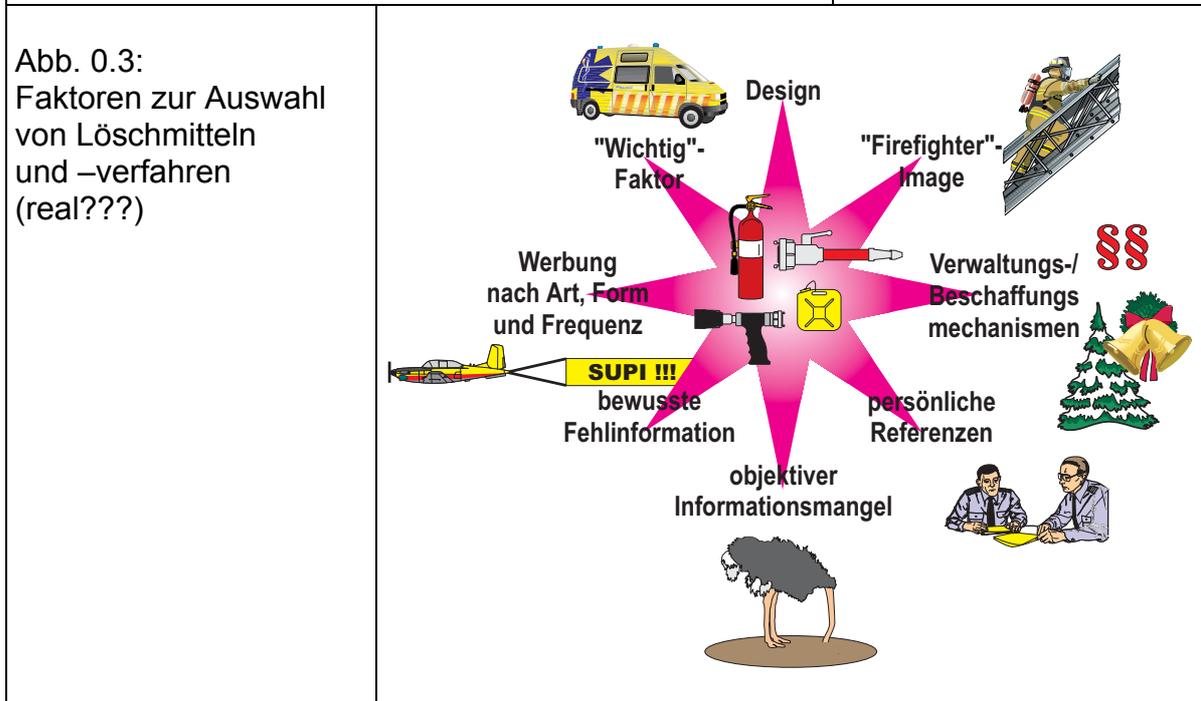
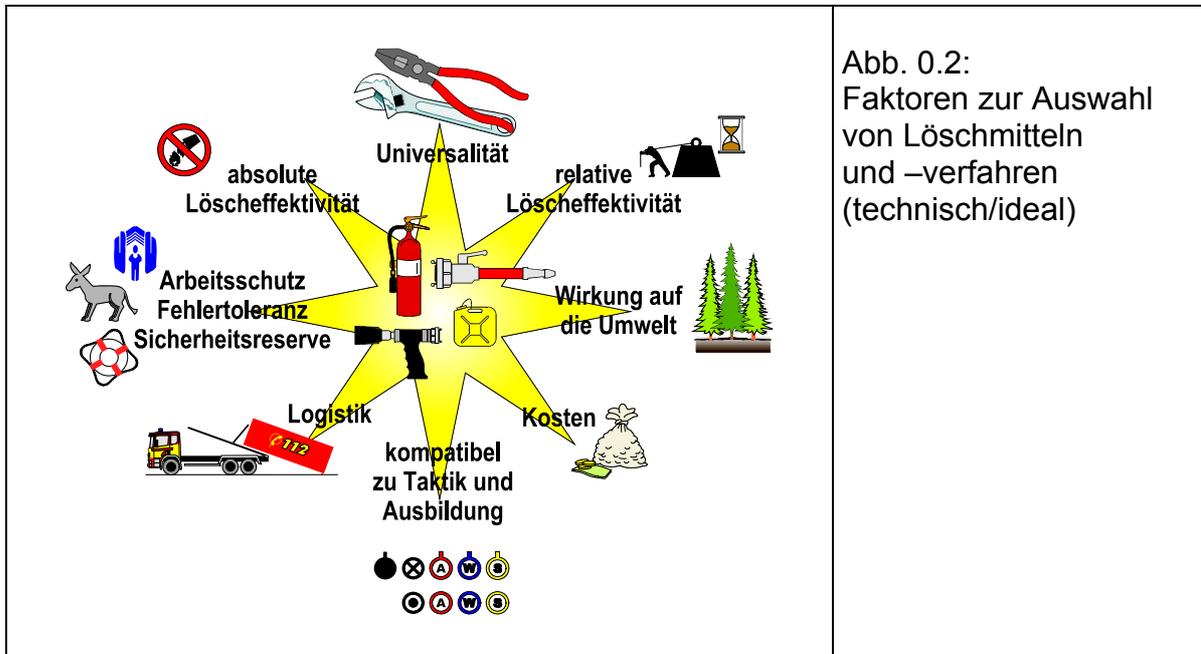


Abb. 0.1:
Löschtetraeder

Die Auswahl von Löschmitteln erfordert immer eine gründliche Informationsgewinnung und Meinungsbildung sowie einen ganzheitlichen Entscheidungsprozeß anhand unterschiedlicher Faktoren, die teilweise keinen direkten Bezug zur Brandbekämpfung zu haben scheinen, wie in Abb. 0.2 dargestellt. Die Wahl eines Löschmittels ist eng verknüpft mit der Wahl des Löschgeräts und der Taktik/des Löschverfahrens. Spätestens hier wird deutlich, daß Wirksamkeit in der Brandbekämpfung nicht durch die Löschtechnik, sondern durch die Menschen, die sie bedienen, erreicht werden kann (Abb. 0.1). In diesem Vortrag geht es dementsprechend nicht um die einsatztaktische Löschmittelauswahl, sondern um die strategische Löschmittelauswahl einer Feuerwehr. Ich gehe davon aus, daß meine grundsätzliche Präferenz für die Verwendung von Netzwasser/Class-A-Foam im Normaldruckbereich mit Flachsschläuchen und Hohlstrahlrohren bekannt ist und möchte hier meinen Standpunkt sowie aktuelle Entwicklungen erläutern.

Gliederung:

1. Class-A-Foam
2. Neues aus der Welt des Hochdrucks
3. Hohlstrahlrohre
4. Druckluftschaum



1 Class-A-Foam

Die Diskussion um Löschmittel, Löschgeräte und Löschtaktiken ist wieder in Gang gekommen – und zwar insbesondere in den Newsgroups im Internet und unter dem Eindruck der auf der Interschutz 2000 vorgestellten neuen Geräte: Hochdruck, Hochdruck mit Schaummittel-Zumischung, Class-A-Foam, Druckluftschaum, Löschgel, Fognails, Löschanzen, Hohlstrahlrohre, Sicher, vieles kann in bestimmten Situationen nützlich sein. Allein, es 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 Förderverein, sondern bezahlbar „in der Fläche“, d. h. in Abstimmung mit den Nachbarfeuerwehren oder dem Landkreis, so daß mehrere Feuerwehren, wenn

nicht mit einheitlicher, doch vielleicht mit kompatibler, ähnlicher Ausrüstung an der gleichen Einsatzstelle arbeiten können.

Class-A-Foam ist – genau betrachtet - wahrscheinlich einer der ältesten Hüte der Brandbekämpfung. Die effizienzsteigernde Wirkung der Zumischung von Tensiden zum Löschwasser ist seit den 1930er Jahre bekannt und durch viele Quellen belegt [z. B. 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8, 9; 10; 11]. Herterich stellte 1960 fest [12]:

„Bei der Bekämpfung von Bränden an Faserstoffen in Ballen und Haufen sowie von Braunkohlenstaub ist die Zumischung von Netzmitteln zum Löschwasser zwecks Steigerung der Löschwirkung des Sprühstrahls empfehlenswert.“

Schreiber und Porst zitieren 1964 von Kasakow veröffentlichte Ergebnisse von vergleichenden Lösversuchen an Holzbränden, die mit reinem Wasser und 0,2 % Sulfonatlösung gelöscht wurden. Die Zumischung des Sulfonats als Netzmittel reduzierte die Löschdauer auf die Hälfte, den Gesamtverbrauch an Löschmittel auf ein Viertel und verhinderte Wasserschaden. Weiter stellen Schreiber und Porst von Kasarow und Demidow durchgeführte, vergleichende Lösversuche mit reinem Wasser und 0,3 % Netzmittellösung „NP-1“ an für Waldbrände typischen Feststoffen (Streubelag, Torfmoos, grünes Moos, Holz, Torf) dar. Es wurden Einsparungen an Löschmittel von 38 % bis 50 % gegenüber reinem Wasser ermittelt. Schreiber und Porst faßten 1972 ihre Erkenntnisse folgendermaßen zusammen [13]:

„Die Zahl der durchgeführten Lösversuche im Kleinmaßstab ließe sich noch erweitern. Das wesentliche bezüglich der Anwendung von Netzmitteln der Brände der Klasse A ist aber bereits den angeführten Beispielen entnehmbar. So wird die Löszeit kürzer und der Wasserverbrauch (damit auch die Gefahr des Wasserschadens) geringer. Diese wesentlichen Vorteile dürften in der Zukunft eine breitere Anwendung der Netzmittellösungen erwarten lassen.“

Auf Westdeutschland bezogen irrten die Verfasser: Die Anwendung von Mehrbereichschaum bei Feststoffbränden ist zwar dokumentiert, beschränkt sich aber in der Praxis auf das Fluten von Kellern oder Schiffsladeräumen mit Mittel- oder Leichtschaum [14; 15; 16; 17; 18]. Schaum bzw. Netzwasser werden bei Klein- und Mittelbränden in der Regel nicht, bei Großbränden oft erst dann eingesetzt, wenn nach stundenlangem Einsatz reinen Wassers abzusehen ist, daß kein Löscherfolg zu erzielen ist [z. B. 19; 20; 21]. In der Regel wird das Versäumnis, nicht rechtzeitig Schaum oder Netzwasser eingesetzt zu haben entweder mit Erfordernissen des Gewässerschutzes oder mit den in DIN VDI 0132 genannten Restriktionen für den Schaumeinsatz bei elektrischen Anlagen gerechtfertigt.

Letztlich waren die Feuerwehren der DDR – so sie mit IFA W 50 ab Baujahren 1969/70 ausgerüstet waren – technologisch weiter als die Feuerwehren der westlichen Bundesländer, verfügten sie doch bereits über festeingebaute Zumischer zur Erzeugung von "Netzwasser", dessen Verwendung auch in den entsprechenden Dienst- und Ausbildungsvorschriften geregelt wurde [vgl. 22].. Nachdem nun der Großteil dieser Fahrzeuge verschrottet wurde, und die westliche Schaumphobie übernommen wurde, folgt also die Neuerfindung des Rades.

" ... Class-A-Foam, Netzwasser "
" ... festeingebaute Zumischer ... "
" ... alles schonmal dagewesen ... !"

STIMMT!

**Automatische Zumischeinrichtung
AZ 2/8 (Zahnradpumpe)**

**eingebaut in (T)LF 16 IFA W 50 L(A)
ab Baureihe 1969/1970**

**Zumischung 1 ... 5 %
bis 800 l/min Durchfluß**



1.1 Class-A-Foam und CAFS/DLS - Brand- und Löschversuche

Nach ersten Untersuchungen und Veröffentlichungen [23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30] 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.: 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46].

Das Fachgebiet Brand- und Explosionsschutz 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 gewonnenen Erkenntnisse in der Breite zugänglich zu machen. Insbesondere während der INTERSCHUTZ 2000 in Augsburg schien es, als wenn verschiedene Hersteller versuchen, mit Teil- oder Desinformationen die Feuerwehren weniger zu beraten, als vielmehr zu versuchen, 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
- Versuche der Underwriters Laboratories (UL), 1993
- Die „Salem“-Versuche, Connecticut/USA 1992
- Die „Fairfax County“-Versuche, Virginia/USA 1993
- Die „Rissington“-Versuche, Fire Research and Development Group, GB, 1995-1996
- Die „Canterbury“-Versuche, Universität Canterbury, NZ, 1997

- Versuche mit Krippenfeuern und Handfeuerlöschern, Universität Wuppertal 1994
- Versuche mit Palettenfeuern und CMM-Strahlrohr im Freien, Universität Wuppertal 1994
- Die „Trauen“-Versuche, Universität Wuppertal 1995
- Die „Tremonia“-Versuche, Universität Wuppertal 1997
- Die „Ingolstadt“-Versuche mit Druckluftschäum, Universität Wuppertal 1997
- Die „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“ haben: 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 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 „Trauen“-Versuche der Universität Wuppertal, deren Ergebnisse 1995 [23] veröffentlicht wurden, als Vorversuche zu werten. Seinerzeit wurden als Ergebnisse festgestellt, daß Class-A-Foam grundsätzlich zu deutscher Feuerwehrentechnik kompatibel ist und daß – unter den damaligen Versuchsbedingungen – die Verwendung von Class-A-Foam gegenüber reinem Wasser weniger Löschmittel und weniger Löschdauer erfordert.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden ab 1997 weitere Versuchsserien durchgeführt: Die „Tremonia“-Versuche mit Class-A-Foam und Hohlstrahlrohren [47;vgl. 48], die „Ingolstadt“-Versuche mit Class-A-Foam als Druckluftschäum sowie die „Wattenscheid“-Versuche, deren Versuchsergebnisse hier nur stichwortartig wiedergegeben werden:

1.1.1 „Tremonia“-Versuche

- Brandraum 3 x 5 x 3 m³
- durchschnittlich möbliertes Zimmer: 308 kg feste Brandlast (Matratzen, Holzpaletten als Regal und Bettrahmen, Autositze, Holzstühle, Zeitungen (geschreddert) und Deko-Stoff) als Einrichtungsgegenstände verwendet.
- 21 Versuche (14 W, 5 S, 2 G), davon 17 vergleichbare Versuche (11 W, 5 S, 1 G)
- Löschdauer, Löschmittelmenge und Löschaufwand geringer durch Zumischung von Class-A-Foam
- besseres "Brandraumhandling" durch indirekten Angriff
- keine signifikanten Unterschiede in der Abkühlung des Brandraumes

Aus den gemessenen Werten ergeben sich folgende Mittelwerte und Streuungen für die verschiedenen Löschmittel (Tab. 1.1):

Tab. 1.1: Mittelwerte für Löschmittelmenge, -dauer und -aufwand von 17 „Tremonia“-Versuchen			
	Löschmittelmenge (DMT-Messung) [l]	Löschdauer [min]	Löschaufwand [l x 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

1.1.2 „Wattenscheid“-Versuche

- Altpapiercontainer aus Stahlblech (Fassungsvermögen von 3,2 m³ und die Maße 150 x 150 x 167,5 cm³), Brandlast wie vom Entsorger angeliefert.
- N = 8 (3 W, 1 Inertisierung, 4 S)
- effektivere und nachhaltigere Löschung bei Verwendung von 0,3 % Class-A-Foam oder 3 % MBS, einsatztaktische Vorteile durch Verwendung von Class-A-Foam sowie einer Löschlanze D

1.1.3 „Ingolstadt“-Versuche mit Druckluftschäum

- Versuche im 20-ft-Container
- Brandlast ähnlich "Tremonia" (15 Holzpaletten, davon 10 als Regal aufgebaut, eine liegend auf einer Metall-Gitterbox, zwei als Bettgestell, und jeweils eine unter 2 Autositzen, zwei Autositze, zwei Strohballen, deren Stroh im „Regal“, in der Gitterbox sowie auf dem Bett verteilt wurden, eine Federkernmatratze)
- N = 4 (2 W, 2 CAFS)
- geringere Löschdauer und Löschaufwand, weniger Löschmittel bei Verwendung von CAFS
- keine Unterschiede im Abkühlen des Brandraums zwischen Wasser und CAFS

1.2 Zusammenfassung

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 Löschmittelmenge, Löschdauer und Löschaufwand gezeigt. Sicherlich sind die Ergebnisse aus Brand- und Löschversuchen mit handgeführten Löschgeräten auch der Subjektivität des Strahlrohrführers unterworfen. Es aber auffällig, daß Class-A-Foam in unterschiedlichen Szenarien und unabhängig vom Strahlrohrführer reinem Wasser überlegen ist, so daß sich die unterschiedlichen Versuchsergebnisse gegenseitig bestätigen. Relativierend muß auch gesagt werden, daß die von einigen Herstellern von Druckluftschäumen propagierte „fünf- bis siebenfache Steigerung der Löscheffizienz“ absolut unbewiesen ist [49; 50].

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 gleichen Kosten einer Druckluftschaumanlage zwischen 5 und 10 Fahrzeuge mit Class-A-Foam mit Blasentank- oder Wassermotorzumischer ausgerüstet oder rund 200 Hohlstrahlrohre beschafft werden können, scheint es sinnvoller, die Feuerwehren in der Fläche einheitlich und effektiver auszustatten, statt einige wenige „CAFS-Exoten“ zu beschaffen.

Letztlich handelt es sich bei den heute angebotenen Druckluftschaumanlagen um relativ komplexe meßtechnische und hydraulische Systeme, die in ihrer Verfügbarkeit (MTTF, MTTR) 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.

Der Verfasser teilt außerdem die Auffassung seiner 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 letzten 10 Jahre könnte Class-A-Foam bestenfalls einen Teil der verlorenen Schlagkraft kompensieren. Gleiches gilt sinngemäß für tagesalarmschwache Freiwillige Feuerwehren. Des weiteren wird ein Trupp im Innenangriff - egal mit welchem Gerät und Löschmittel er vorgeht - mindestens aus zwei, besser aus drei Mann bestehen müssen, und für jeden im Innenangriff arbeitenden Trupp muß ein Reservetrupp mit zwei oder drei Mann 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. Das Nutzen dieser Hilfsmittel - eingebettet in ein tragfähiges strategisches und taktisches Konzept [51; 52; 53; 54; 55; 56] - zu ihrem eigenen Vorteil obliegt jeder Feuerwehr selbst.

2 Neues aus der Welt des Hochdrucks

2.1 Kleinlöschgeräte

Als Kleinlöschgeräte bezeichne ich hier alles, was irgendwie von einem einzigen Feuerwehrangehörigen in Richtung Feuer getragen werden kann. Fast wöchentlich gibt es z. Zt. irgendwo irgendeinen Hersteller, der irgendein Löschgerät als Ersatz für Feuerlöscher und/oder Kübelspritze anbietet. Weithin bekannt dürften mittlerweile Auer HiPress und Ifex sein. Ich schätze, daß es in diesem anscheinend sehr lukrativen Marktsegment mittlerweile insgesamt ca. 15 Mitbewerber gibt. Allen gemein ist, daß jedes Gerät besser ist als alle anderen, und zwar in jeglicher Hinsicht. Außerdem werden diese Geräte meist immer von der NASA, der U. S. Navy oder vom Britischen Geheimdienst eingesetzt und sind neuerdings auch besonders gut für Tunnelbrände geeignet. Allen gemein ist weiterhin, daß die Geräte so effektiv sind, daß sie alles, was bisher dagewesen ist oder kommen wird, in den Schatten stellen.

Wir werden demnach vermutlich in naher Zukunft auf LF und TLF üblicher Art verzichten können, sondern statt dessen lediglich Motorräder mit oder ohne Beiwagen und diesen Geräten, ähnlich den Kradschützenabteilungen, einsetzen. Achter Alarm bedeutet dann halt 80 Kräder. Weiterhin fällt allerdings ein kleines Detail auf: In der "echten" Fachpresse und Literatur gibt es dagegen komischerweise keine vernünftigen Daten oder gar valide vergleichende Versuche mit diesen Geräten. Die Geräte können jedoch des öfteren bei "Wetten daß?", "RTL explosiv" oder dergleichen bestaunt werden.



Abb. 2.1: TLF SuperFog 2002 Modell "Hartenholm" [57]

Wie gesagt, mit jedem Gerät, das irgendwie Wasser oder ein anderes Löschmittel abgibt, wird irgendein Feuer irgendeiner Größe bekämpft werden können. Es stellt sich nur die Frage, ob es wirklich eine gute Idee ist, ein Angriffstrupp mit 20 Liter Wasser auf dem Rücken in eine unbekannte Lage zu schicken. Es stellt sich auch die Frage, ab ein Beschaffer wirklich 1.000, 2.000, 4.000 oder 6.000 DM für so ein Gerät ausgeben will und kann, wenn ein handelsüblicher Feuerlöscher mittlerweile für 35,-- DM bei dem Discounter mit den großen blauen Lastwagen zu kaufen ist.

2.2 Kontinuierliche Systeme

Auch im Bereich der kontinuierlichen System scheint es etwas Neues zu geben. "Kontinuierlich" sind alle die Systeme, die mit einer "Schnellangriff"-Einrichtung ausgestattet sind. Diese Systeme weisen eine interessante Tradition der nicht bewiesenen Behauptungen auf, wie sie sich bereits in US-amerikanischen Anzeigen aus den 1950er Jahren widerspiegelt ("Fires put out 10 times faster with little or no water damage", siehe Abb. 2.2). Wenigstens steht in der Anzeige ausdrücklich "800 psi at the pump", also 55 bar an der Pumpe und nicht am Strahlrohr. In Europa wurden 2000 und 2001 zwei Versuchsserien veröffentlicht, die ich Ihnen gerne darbieten möchte, es handelt sich dabei um die "Särdqvist"-Versuche aus Schweden sowie um die "Rosenbauer-Wels"-Versuche aus Österreich.



Abb. 2.2: US-amerikanische Werbung aus den 1950er Jahren für ein Fahrzeug mit Hochdruckpumpe

2.2.1 "Rosenbauer-Wels"-Versuche

Die Versuche wurden im Herbst 2000 durch die Fa. Rosenbauer in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr Wels/Österreich durchgeführt [58]. Insgesamt wurden 30 Versuche durchgeführt, von denen in der Veröffentlichung nur eine Auswahl wiedergegeben wird.

2.2.1.1 Simulierter Löschangriff / Angriffszeiten

Unter der Annahme eines Zimmerbrandes im zweiten OG wurden verschiedene Löscheräte von einer österreichischen Tanklöschgruppe (1:6) von einem 15 Meter vor dem Haus abgestellten Fahrzeug entlang der 1,20 m breiten Treppe bzw. durch das Treppenauge vorgenommen und die Zeiten gemessen.

Dauer bis ... [Sekunden]	IFEX Trolley	UHPS Treppenauge	UHPS Treppe	HD Treppenauge	HD Treppe	C-Tragekorb Treppe	C-Flachschlauch Treppenauge
.. Hauseingang	25	22	26	24	39	19	48
... 1. OG	40	30	35	41	50	28	57
... Brandraum 2. OG	58	38	50	58	80	37	60
... "Wasser Marsch"	70	48	58	68	90	70	82
... Wasser am Strahlrohr	70	48	58	68	90	78	110

Anmerkung: Zahlenwerte geschätzt aufgrund einer 7 x 5 cm² großen, mit einem Matrixdrucker erstellten Grafik

2.2.1.2 Containerversuche

In einem 20-ft-Container mit 4 Öffnungen à 780 x 450 mm² wurden Brand- und Löschversuche an Brandlasten bestehend aus jeweils neun überkreuz gestapelten Europaletten durchgeführt. Meßtechnisch war der Container mit vier Thermoelementen ausgestattet. Die Vorbrenndauer betrug 8:30 bis 11:00 Minuten. Es wurden vier Versuche mit vier unterschiedlichen Löschsystemen durchgeführt.

Löschsystem	Löschdauer [sec]	Löschwasser- menge [l]	SM-Menge [l]
Poly 300 – 3 % AFFF – 115 l/min	38	60	2
UHPS mit Schaumrohr, CIAF 1 %, 38 l/min	41	30	16
Fogtec 23 l/min	nicht gelöscht	38	-
Ifex Trolley V = 35 l	nicht gelöscht	35	-

Anmerkung: Zahlenwerte geschätzt aufgrund einer 8 x 5 cm² großen, mit einem Matrixdrucker erstellten Grafik

2.2.1.3 Großversuche im Freien

102 Euro- und Einwegpaletten angeordnet in 3 x 2 Stapeln zu je 17 Paletten, mithin ca. 2.000 kg Holz sowie Stroh im Bodenbereich und fünf Liter Diesel zur Zündung. Über Meßtechnik wird nicht berichtet. Vorbrenndauer 5:30 bis 9 Minuten.

Löschsystem Löschmittel Durchfluß	FuK [sec]	FA [sec]	Löschmittel -verbrauch FuK [l]	Löschmittel -verbrauch FA [l]
HD mit NePiRo 170 l/min	80	100	-	-
HD mit NePiRo und Schaumaufsatz CIAF 1 %, 170 l/min	70	80	280	330
CAFS (RBI) CIAF 0,7 %, Hohlstrahlrohr 120 l/min	78	110	180	350
ND, Hohlstrahlrohr 170 l/min	130	150	250	450
ND, Hohlstrahlrohr, CIAF 0,7 % 170 l/min	100	255	310	440

Anmerkung: Zahlenwerte geschätzt aufgrund zweier 8 x 5 cm² großer, mit einem Matrixdrucker erstellten Grafiken

FuK = Feuer unter Kontrolle

FA = Feuer Aus

2.2.1.4 Bewertung der Versuchsergebnisse durch den Verfasser

Die Versuchsergebnisse sind nicht wirklich erfaßbar, da in der Veröffentlichung keinerlei Zahlenwerte angegeben sind. Dies ist um so verwunderlicher, als im Vorwort der entsprechenden Zeitschrift und wohl mit Bezug auf die Veröffentlichung "ein ausführlicher Bericht" angekündigt wird [59].

Hinsichtlich der Rüstzeiten in ein zweites Obergeschoß ist bereits bekannt, daß Schnellangriffseinrichtungen hier einen Zeitvorteil haben, gleichzeitig ist allerdings auch damit ihre maximale Eindringtiefe erreicht und des weiteren entstehen durch die Verwendung von Schnellangriffseinrichtungen Zeitnachteile bei der ggfs. erforderlichen Vornahme eines zweiten Rohres [vgl. 60; 61; 62; 63; 64].

Nach Angaben der Autoren wird in dieser Veröffentlichung nur ein Teil (7 Zeitmessungen, 9 Brandversuche) von insgesamt 30 durchgeführten Versuchen dargestellt. Die von Auftraggeber der Versuche hergestellten bzw. vertriebenen Geräte bzw. Systeme erzielen bei allen drei Szenarien die besten Ergebnisse.

Bei den Brandversuchen fallen die stark unterschiedlichen Vorbrenndauern (Containerversuche 8:30 bis 11:00 Minuten, Versuche im Freien 5:30 bis 9 Minuten) auf. Des weiteren ist pro Versuchsszenario und Löschgerät jeweils nur ein Versuch durchgeführt worden. Es ist nicht ganz nachvollziehbar, wie die Vergleichbarkeit der Versuche untereinander sowie eine statistische Absicherung der Versuchsergebnisse gewährleistet ist.

Unklar bleibt auch, wie bei den Großversuchen im Freien der Löscherfolg meßtechnisch erfaßt wurde.

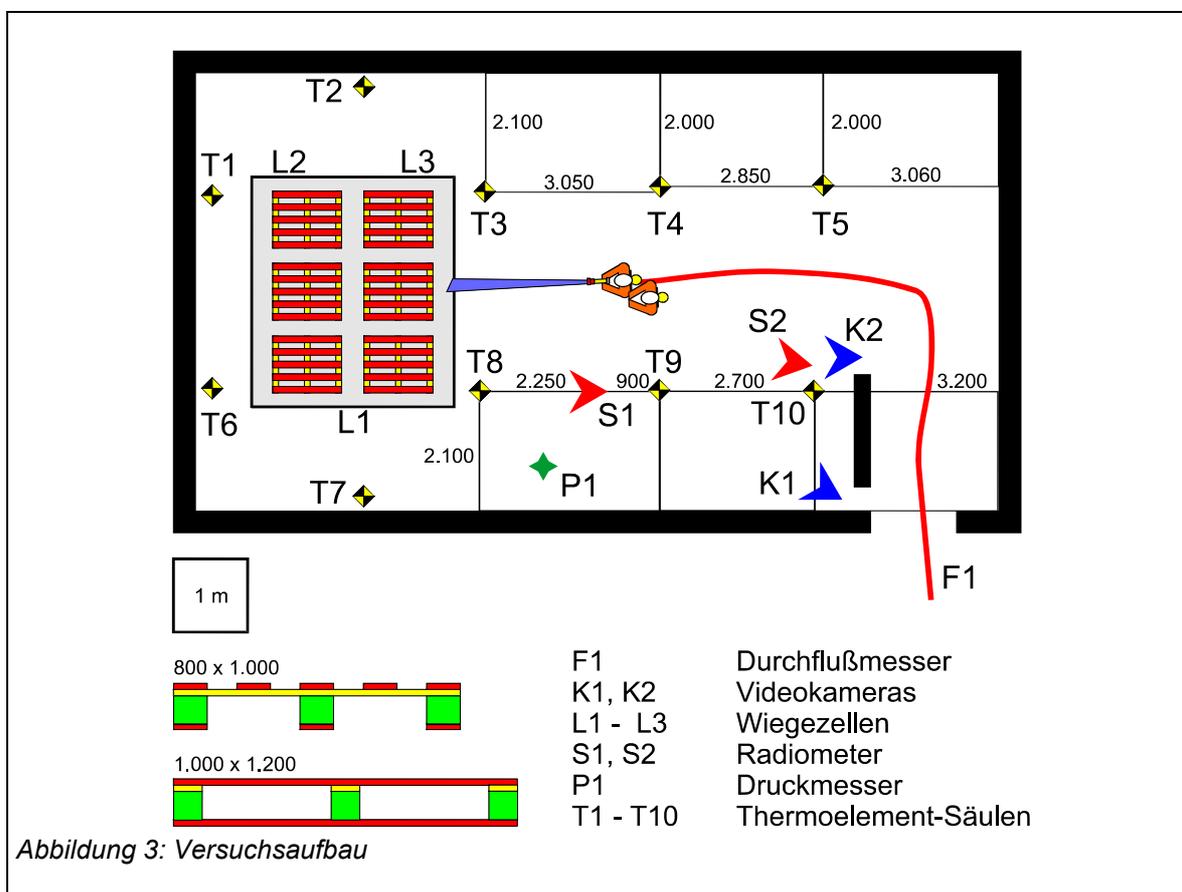
Da alle Versuche vom gleichen Strahlrohrführer durchgeführt worden sind, ist der Übungseffekt nicht auszuschließen, wird aber in der Auswertung der Versuche weder angesprochen noch überprüft.

2.2.2 "Särdqvist"-Versuche

Original in Englisch - Übersetzung ab Seite 3 [Anmerkungen des Übersetzer in eckigen Klammern] [65]:

2.2.2.1 Versuchsaufbau - Experimental Set-up

Die Versuche wurden in einem Raum der Größe $14,0 \times 7,7 \times 6,3 \text{ m}^3$ mit $0,4 \text{ m}$ starken Betonwänden durchgeführt. Die Türöffnung, die als Angriffsweg genutzt wurde, hatte eine Größe von $1,48 \times 2,98 \text{ m}^2$. Im Raum, zu linker Hand nach Betreten durch die Türöffnung, befand sich ein Strahlungsschutzschild aus Leichtbeton von 2 m Breite und $1,95 \text{ m}$ Höhe, das in einem Abstand von $0,5 \text{ m}$ senkrecht zur Wand stand, siehe Abb. 2.



Die Brände aller sechs Versuche waren vergleichbar, wie in Abb. 3 (Fotos, nicht wiedergegeben) zu erkennen. Die Brandlast bestand aus Holzpaletten, die in sechs Stapeln zu jeweils 13 Paletten angeordnet waren. Es wurden zwei verschiedene Palettentypen mit den Außenmaßen $1,2 \times 0,8 \text{ m}^2$ und $1,2 \times 1,0 \text{ m}^2$ verwendet. Die dem Feuer zugängliche/ausgesetzte Oberfläche („exposed fuel surface“) wurde berechnet als Summe aller Oberflächen, die dem Feuer zugänglich waren, also nicht die, die durch Stapeln überdeckt wurden. Der Feuchtegehalt der Brandlast betrug ca. 13 %. Die Paletten wurden auf einen Lastrahmen gestellt, um den Massenverlust (den Abbrand) bestimmen zu können. Der Lastrahmen war eine Stahlkonstruktion mit den Außenmaßen $4,05 \times 3,53 \times$

0,25 m³ und war auf 3 Wiegezellen gelagert, L1 - L3 siehe Abb. 2 und Tabelle 1. Als Zündquelle wurde jeweils eine 0,035 m² große poröse Spanplatte („fibreboard“) mit Diesel getränkt und unter einem Palettenstapel plaziert. Alle sechs Stapel [müßte eigentlich Spanplatten heißen] wurden manuell innerhalb von 30 Sekunden gezündet. Die Zeiten, die in dieser Arbeit angegeben werden, sind die ab der Zündung der ersten Palette.

Temperaturen wurden an 60 Stellen im Raum gemessen. Thermoelemente wurden in 10 Säulen mit jeweils 6 Thermoelementen, äquidistant vom Boden zur Decke, beginnend 0,30 m über dem Boden und 1 m über dem Boden endend angeordnet T1 - T10 in Abb. 2 und Tab. 1). Die Thermoelemente der Säulen T1, T2, T6 und T7 waren jeweils 0,25 von den Wänden entfernt. Wärmestrahlung wurde an zwei Stellen im Raum (S1 und S2) mit „Gunner“-Radiometern gemessen. S1 befand sich in der gleichen Entfernung von Brandherd wie die Angriffsposition der Feuerwehrleute, S2 war in der Nähe der Stelle, an der das Feuer seine erste Wirkung auf die Feuerwehrleute hatte. Beide Radiometer waren 1,35 m über dem Boden angeordnet und in 10° nach oben auf die Mitte der Hochachse der Brandherde gerichtet. Die Druckdifferenz zwischen dem Brandraum und der Umgebung wurde in 1,10 m Höhe oberhalb des Bodens mit einem Druckmesser und einem Kupferrohr gemessen (P1). Die Messungen im Brandraum wurden mit einer Frequenz von 0,1 Hz aufgezeichnet.

Tabelle 1: Meßbereich und Meßgenauigkeit nach Herstellerangaben, Meßstellenbezeichnungen wie in Abb. 2.

Meßstelle	Meßgröße (Anzahl der Meßstellen)	Meßgerät/- verfahren	Meßbereich	Meßgenauigkeit
S1 - S2	Wärmestrahlung (2)	„Gunner“- Radiometer	0 - 100 kW/m ²	+/- 5 %
L	Masse (1)	Wiegezeile TML CLP-2000KA	0 - 2.000 kg	+/- 0,5 %
L2 - L3	Masse (2)	Wiegezeile TML CLP-2000KA	0 - 1.000 kg	+/- 0,5 %
T1 - T10	Temperatur (60)	Thermoelement Typ K, 0,25 mm	0 - 1.300 °C	+/- 0,4 %
	Temperatur an Wiegezeile (1)	Thermoelement Typ K, 0,25 mm	0 - 1.300 °C	+/- 0,4 %
P1	Druckmesser (1)	Druckmesser SI Digima LP	0 - 20 mbar	+/- 0,5 %
F1	Durchfluß (1)	GPI Turbinendurch- flußmesser	-40 - +120 °C	+/- 1 %
	Haut- und Bekleidungs- temperatur (8)	Thermistor AT31/40		+/- 0,4 °C
	Körper- temperatur	Thermometer Terumo C402		+/- 0,1 °C

Folgende Messungen wurden an den Feuerwehrleuten, die die Brandbekämpfung durchführten, vorgenommen: Körpertemperatur, Gewicht und Flüssigkeitsverlust („fluid balance“) vor und nach dem Angriff, Herzfrequenz während des Angriffs. Die Hauttemperatur wurde bei einem der beiden Feuerwehrleute gemessen. Diese Messungen wurden mit einer Frequenz von 1 Hz aufgezeichnet. Die Feuerwehrleute trugen schwedische Einsatzbekleidung des Typs „Rescue Suit 90“ sowie Interspiro Spiromatic Atemschutzgeräte.

[Abb. 3 - Drei Fotos aus dem Brandraum, s/w in Froschperspektive, 90 s, 120 s und 180 s nach Zündung - nicht wiedergegeben]

Die Versuche wurden mit einer externen Videokamera, die auf den Eingang des Brandraums gerichtet war, aufgezeichnet. Die Feuerwehrleute gaben per Funk kontinuierlich Meldung über ihre Maßnahmen und der Funkverkehr wurde über das Mikrophon der Videokamera aufgezeichnet. Nach jedem Versuch machten die Feuerwehrleute Aussagen über ihre Maßnahmen, über ihre Wahrnehmungen und über ihr Befinden während des Versuchs. Das Innere des Brandraums wurde mit einer kleinen Videokamera (K1) mit wassergekühlter Ummantelung aufgezeichnet. Die Kamera war 0,5 m über dem Boden angeordnet, gerade hinter dem Eingang des Brandraums, auf das Zentrum der Brandstelle gerichtet. Während Versuch 4 und 5 wurden die Tätigkeiten der Feuerwehrleute von Punkt K2 mit einer handgeführten Infrarot-Videokamera aufgezeichnet. Die Infrarot-Fotografie erwies sich als hervorragendes Bild von den Maßnahmen der Feuerwehrleute im rauchgefüllten Raum, wie in Abb. 4 [hier nicht wiedergegeben] zu erkennen.

Wetterbedingungen, Wind und Temperatur während der Versuchsdurchführung wurden aufgezeichnet. Die Windgeschwindigkeit wurde auf dem Dach des Gebäudes, 10 m über Grund, sowie gerade außerhalb des Eingangs zum Brandraum, der von umliegenden Gebäuden geschützt war, aufgezeichnet. Die Temperatur wurde im Schatten gemessen. Die Windgeschwindigkeit betrug weniger als 4 m/s auf dem Dach und 1 m/s an der Eingangsöffnung während aller Versuche. Das Wetter war sonnig bei Temperaturen zwischen 17 und 23 °C.

Abb. 4: Bild, das während des Löschangriffs von Versuch 4 durch die IR-Kamera gemacht wurde (von Position K2 in Abb. 2). [Hier nicht wiedergegeben: Feuerwehrmann von hinten zu sehen stützt sich auf linken Ellenbogen, links und in Bildmitte je ein brennender Palettenstapel]

2.2.2.2 Test Procedure - Versuchsverläufe

Zwei verschiedene Strahlrohre wurden mit drei verschiedenen Durchflüssen verwendet. Ein Protek-Strahlrohr Typ 366 Normaldruckstrahlrohr („low-pressure nozzle“) sowie ein Hochdruckstrahlrohr Typ Akron Force Style 751 wurden mit 1,92 und 3,83 kg/s [115,2 und 229,8 l/min] und das Protek 366 Strahlrohr auch bei 5,75 kg/s [345 l/min] verwendet. Die Hochdruckpumpe während der Versuche lieferte ca. 40 bar, mithin einen Strahlrohrdruck von ca. 25 bar. Die Niederdruckpumpe förderte Wasser bei ca. 11 bar, Strahlrohrdruck mithin ca. 7 bar, siehe Tabelle 1 [vermutlich Tabelle 3 gemeint].



Das Arithmetische Mittel der Tropfengröße der Niederdruckstrahlrohre lag bei ca. 0,30 mm bei einem Durchfluß von 3,83 kg/s und 7 bar Strahlrohrdruck. Der Sauter-Durchmesser der Tropfen des Hochdruckstrahlrohres war 0,4873 mm, das Arithmetische Mittel betrug 0,2122 mm bei 6,9 bar und 2,73 kg/s [163,8 l/min].

Sechs Versuche wurden durchgeführt. Zwei Parameter wurden variiert: Strahlrohrtyp und Durchfluß, jedoch wurde bei allen Versuchen die gleiche Löschtaktik angewendet (siehe Tab. 3).

Tabelle 2: Brandlasten der Versuche

Versuch	Brandlast			Charakteristika des Vorbrennens			
	Nettomasse [kg]	Anzahl Paletten ^{*)}	effektive Oberfläche [m ²]	Vorbrenndauer [s]	Abbrandrate [kg/s]	spez. Abbrandrate [g/m ² s]	geschätzte Energiefreisetzung [MW]
1	1.269	52+26	185	533	-0,99	5,4	16,8
2	1.234	26+52	198	398	-1,20	6,1	20,4
3	1.435	63+25	179	422	-0,93	5,2	15,8
4	1.159	78+0	172	472	-0,76	4,4	12,9
5	1.411	77+1	172	438	-0,86	5,0	14,6
6	1.294	78+0	172	426	-0,86	5,0	14,6

^{*)} Paletten mit den Außenmaßen 1,2 x 0,8 m² und 1,2 x 1,0 m² wurden verwendet

Mit der Brandbekämpfung wurde begonnen, als die Temperaturen ihr Maximum erreicht und sich stabilisiert hatten. Zu diesen Zeitpunkt betrugen die Temperaturen am hinteren linken Ende des Raumes (bei T1 und T7) ca. 700 °C. Die Temperaturen an den Seiten (Pos. T2 und T7) betrugen ca. 600 °C und im Rest des Raumes (T3 - T5 und T8 - T10) ca. 450 bis 500 °C, jeweils in der gleichen Höhe. Die Vorbrenndauer betrug jeweils zwischen 6 bis 7,5 Minuten. Die Brandbekämpfung wurde von einer Position ca. 3 Meter vor der Brandlast durchgeführt, s. Abb. 2. An dieser Stelle gab es für die Feuerwehrleute keinen Schutz vor der Strahlungswärme des Feuers oder vor Wasserdampf.

Die Brandbekämpfung wurde manuell durchgeführt, die Feuerwehrleute waren angewiesen, jeweils nach dem gleichen Schema vorzugehen. Alle Versuche wurden von den gleichen, gut ausgebildeten Feuerwehrleuten durchgeführt, die immer die gleichen Funktionen übernahmen. Der Angriffsweg führte durch die Tür, entlang dem Strahlungsschutzschild, dann nach links und direkt entlang der Mittenlinie des Raumes auf das Feuer zu. Auf Höhe des ersten Radiometers (S1) wurde einmal mit Sprühlstrahl unter die Decke gewedelt (45°), um die heißen Brandgase zu kühlen. Drei Meter vor der Brandstelle, auf Höhe des Radiometers (S1) bezog der Feuerwehrmann Stellung und begannen, den Brand zu löschen. Er benutzte Sprühstrahl in wedelnden Bewegungen, entweder auf das Brandgut, um es zu kühlen und die Abbrandrate zu verringern, oder auf Rauch und Flammen, um die Temperatur zu verringern, um dadurch die Situation im Brandraum zu verbessern, um den Angriff fortsetzen zu können.

Tabelle 3: Wasserverbrauch der Versuche

Versuch	Eigenschaften Löschwasserstrahl				Wasserverbrauch bis FuK				Wasserbrauch insgesamt				
	Pumpendruck [bar]	Strahlrohrdruck [bar]	Massenstrom [kg/s]	Durchfluß [l/min] [eingef. hdv]	Löschdauer [s]	Masse [kg]	spez. Löschintensität [1000 kg/m ² s]	Löschwasserdichte [kg/m ³]	Masse [kg]	Durchschnittlicher Massenstrom [kg/s]	Anzahl „Wedeln“ [-]	Masse pro „Wedeln“ [kg]	Capacity used (***)
1	7,0	6,0 +/- 0,5	3,83	229,8	*	*	*	*	83	1,52	8	10,4	0,40
2	39	25 +/- 5	3,83	229,8	210	253	6,08	1,28	694	1,46	62	11,2	0,38
3	7,0	6,0 +/- 0,5	3,83	229,8	240	286	6,93	1,66	692	1,26	42	16,5	0,33
4	5,2	4,5 +/- 0,5	1,92	115,2	360 **	303 **	4,79	1,76 **	298	0,843	26	11,5	0,44
5	35	23 +/- 5	1,92	115,2	360 **	255 **	4,04	1,48 **	284	0,708	28	10,2	0,37
6	8,0	7,0 +/- 0,5	5,75	345	130	152	6,80	0,88	755	1,50	35	21,6	0,26

**) Versuch nach Erstangriff unterbrochen*

****) Versuch erreichte nicht das FuK-Kriterium innerhalb der ersten sechs Minuten*

*[***) vermutlich der „Ausnutzungsgrad“ des Strahlrohres i. S. abgenommene Wassermenge / möglicher Wassermenge]*

Der Versuchsleiter beendete die Brandbekämpfung in den Versuchen 2, 3 und 6, als sich die Temperaturen auf einem niedrigen Niveau eingestellt hatten. Versuch 4 und 5 wurden von den Feuerwehrleuten wegen großer Wärmeeinwirkung abgebrochen. Versuch 1 wurde nach dem Erstangriff abgebrochen. Versuch 1 war viel kürzer als alle anderen Versuche und wird daher nicht weiter betrachtet.

2.2.2.3 Ergebnisse - Results

[Es folgen Berechnungen, Betrachtungen, Vergleiche sowie Diagramme zur Abbrandrate, zu den Brandverläufen und zur Exposition der Feuerwehrleute]

[Wichtig hier:] - [ab S. 9, letzter Absatz ff.]

In Abb. 9 [hier nicht wiedergegeben] werden die mittleren Gastemperaturen der Löschphasen dargestellt. Die mittleren Gastemperaturen berechnen sich als Mittelwert aller Messungen der Thermoelemente [zum jeweiligen Zeitpunkt]. Abb. 9 zeigt, daß das Hochdrucksystem bei Massenströmen von sowohl 3,83 und 1,92 kg/s (V2, V5) die Gastemperaturen schneller auf ein niedriges Niveau bringt, als das Niederdrucksystem. Das Hochdrucksystem verringert die Temperaturen innerhalb einer Minute auf ihr Minimum. Danach bleibt die Temperatur konstant oder steigt leicht. Das Niederdrucksystem (V3, V4, V6) bewirkt eine geringere Reduktion der Gastemperaturen mit einem Minimum nach drei Minuten. Die Endtemperaturen waren nicht so niedrig wie beim Hochdrucksystem.

Die Dauer bis FuK kann definiert werden als [die Zeit vom Beginn des Löschangriffs bis zu dem] [der] Zeitpunkt, an dem die Ableitung der Abbrandrate [Masse über Zeit] Null ist, d. h. der Zeitpunkt, an dem die Masse der Brandlast durch Löschwasseraufnahme wieder ansteigt. Nach dieser Definition reichte ein Löschwasserstrom von 1,92 kg/s nicht aus, um innerhalb von 360 Sekunden FuK zu erreichen, weder mit Nieder- noch mit Hochdruck (V4 und V5), siehe Abb. 10 [hier nicht wiedergegeben]. Hochdruckstrahl bei 3,83 kg/s (V2) und Niederdruckstrahl bei 4,75 kg/s (V6) erreichten dieses Kriterium nach 130 sec. bzw. 210 sec. [...]

2.2.2.4 Zusammenfassung und Bewertung der Versuche durch den Verfasser

Es wurden insgesamt 6 Versuche durchgeführt:

- Nur Versuche 4 und 6 mit identischer Brandlast, Versuch 5 mit fast identischer Brandlast durchgeführt.
- Versuch 1 wurde vorzeitig abgebrochen – bleiben noch 5 Versuche.
- Zwei weitere Versuche (V 4, V 5) genügten den vom Versuchsleiter gestellten Kriterien nicht – bleiben noch 3 Versuche.
- Von 6 Versuchen nur 2 Versuche mit gleicher Löschtechnik (V 1 und V 2), davon einer vorzeitig abgebrochen (V1), bleibt also kein wirklich vergleichbarer Versuch.

Es liegen also vor: Drei Versuche mit unterschiedlichen Parametern = exemplarische Betrachtung, d. h. weitere statistische Verrenkungen sind unlauter (weshalb ich sie auch nicht weiter übersetzt habe).

Des weiteren besagt die "Hochdruck-Logik": "Hoher Druck bei geringem Durchfluß". Hier wurde aber mit HD-Strahlrohren mit Durchflüssen von 115 bzw. 229 l/min gearbeitet. Die Entfernung vom Strahlrohrführer zur Brandlast betrug maximal 6 Meter innerhalb eines geschlossenen Raumes. Die Erkenntnis, daß mit kleineren Tropfen in einem geschlossenem Raum bei gleich großem Durchfluß ein besserer Wärmeübergang erzwungen werden kann, ist trivial.

Jedoch sind diese Versuche nicht valide im Hinblick auf eine Befürwortung der Verwendung von Hochdruck bei gleichzeitiger Verringerung des Durchflusses.

In Anwendung der "Hochdruck-Logik" hätten diese Versuchsbrände "locker" mit 50 l/min bei 50 ... 60 bar gelöscht werden können. Nach den vorliegenden Daten sieht das lange nicht so aus.

Der Abbruch der Versuche 4 und 5 ("Nichterreichen von FuK innerhalb von 360 sec.") bei 115 l/min Durchfluß bei sowohl 5 wie 35 bar Pumpendruck zeigt vielmehr, daß die Druckfrage akademisch wird, wenn nicht die Mindestlöschintensität ("critical flow") erreicht wird (sic!).

2.3 Zusammenfassung

Es gibt aus der Welt des Hochdrucks nichts wirklich Neues, und das was neu zu sein scheint, braucht uns nicht nervös werden zu lassen.

3 Hohlstrahlrohre

Bei Hohlstrahlrohren - technisch: Ringstrahldüsen - befindet sich ein Störkörper in der Mitte des Wasserstromes. Dieser Störkörper ist in der Regel konisch geformt. Durch den Störkörper wird ein hohler Strahl erzeugt. Dies erklärt den deutschen Namen dieser Strahlrohre. Der Störkörper wird Strahlformkegel oder Strahlformkonus genannt. Hohlstrahlrohre werden gerne als "die neuen, amerikanischen Strahlrohre" bezeichnet, was unzutreffend ist. Es gibt mindestens zwei sehr alte Stränge europäischer Entwicklung, nämlich die "Stein'sche Düse", die heute noch in ähnlicher Form als "Mystery Nozzle" von der Fa. Akron Brass vertrieben wird, sowie das "Schöne-Mundstück", das bereits 1908 im Vertrieb der Fa. Rosenbauer war. Hohlstrahlrohre haben definitiv Vorteile gegenüber DIN-Strahlrohren - sofern die Strahlrohrführer auch entsprechend ausgebildet sind.



Abb. 3.1: Schöne-Mundstück [66]



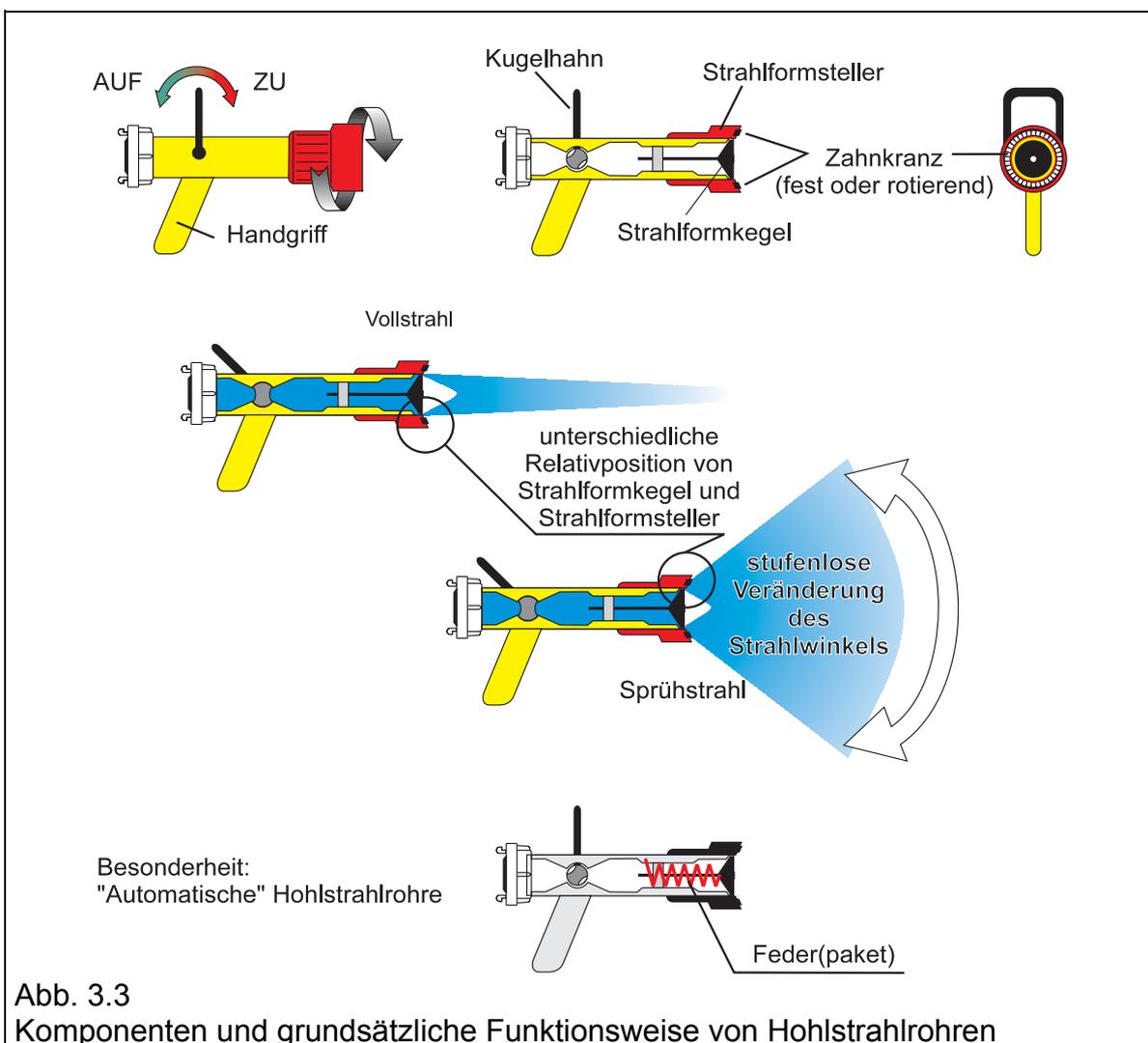
Abb. 3.2: Historisches deutsches B-Strahlrohr, Hersteller und Baujahr unbekannt (Bedienelement aus Bakelit)

Es werden heute vier unterschiedliche Strahlrohrtypen unterschieden:

Tab. 3.1: Bauartbezeichnungen von Strahlrohren

deutsche Bezeichnungen	amerikanische Bezeichnungen
variable Strahlform - variabler Durchfluß	single gallonage - variable flow
variabler Strahl - konstanter Durchfluß	single gallonage - constant flow
einstellbarer Durchfluß - konstanter Strahl	adjustable gallonage - constant flow
variabler Durchfluß - konstanter Druck (Automatische Strahlrohre)	constant pressure - variable flow (automatics)

An dieser Stelle sei der prinzipielle Aufbau von Hohlstrahlrohren sowie die Bezeichnung ihrer Komponenten lediglich anhand von Abb. 3.3. dargestellt.



Ich möchte hier auf 5 Teilaspekte der Hohlstrahlrohre eingehen:

1. Kosten und Komplexität der Konstruktion
2. Hohlstrahlrohre und die in der FwDV 4 versteckte Hydraulik
3. Automatikstrahlrohre
4. Hohlstrahlrohre im Bereich elektrischer Anlagen

3.1 Kosten und Komplexität der Konstruktion

Sie können heute Hohlstrahlrohre kaufen, die aus einer guten Handvoll Komponenten bestehen, oder Strahlrohre, die 50 und mehr Bauteile enthalten. Das spiegelt sich einerseits im Preis der Strahlrohre, andererseits aber auch in ihrer Ausfall- oder Störungswahrscheinlichkeit und insbesondere in ihrer Wart- und Instandsetzbarkeit wider.

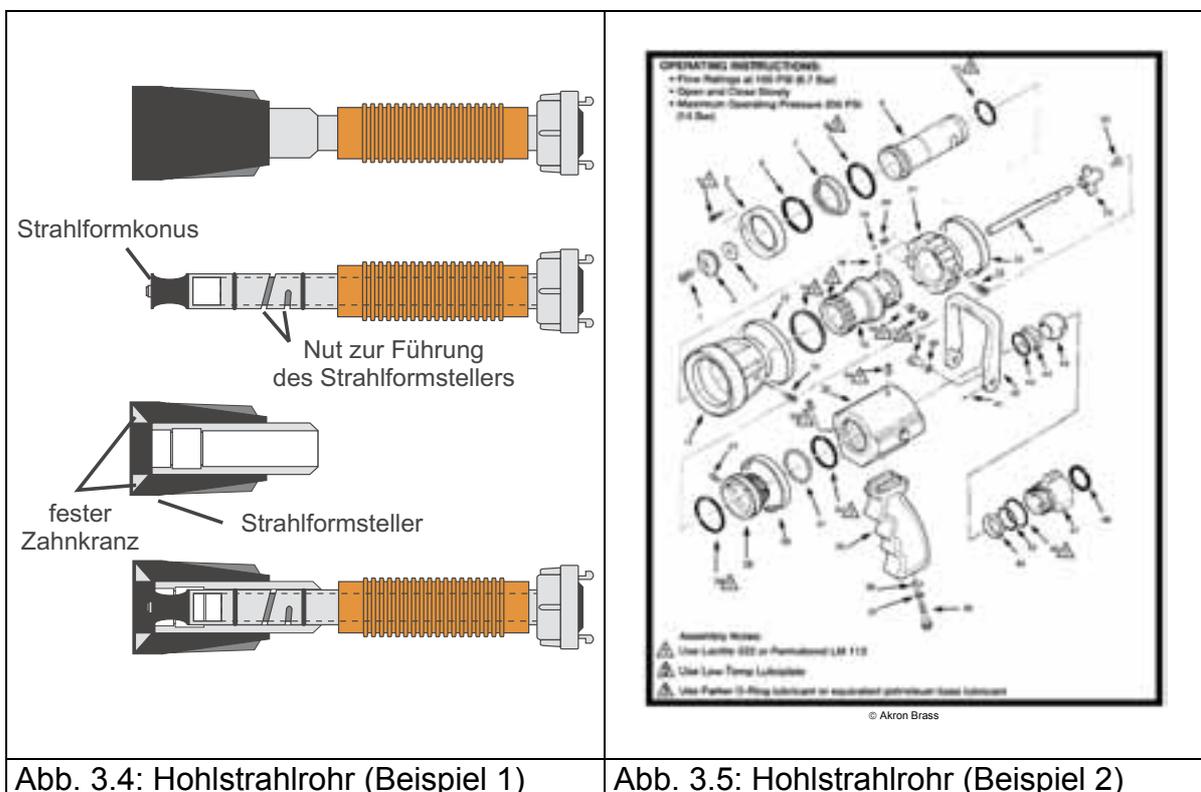


Abb. 3.4: Hohlstrahlrohr (Beispiel 1)

Abb. 3.5: Hohlstrahlrohr (Beispiel 2)

Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit bei Reihenschaltung und n Komponenten:

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P \times \dots \times P_n$$

Pi sei 99 %

bei 1 Komponente	P = 99 %
bei 5 Komponenten	P = 95 %
bei 10 Komponenten	P = 90 %
bei 30 Komponenten	P = 74 %

3.2 Hohlstrahlrohre und die in der FwDV 4 versteckte Hydraulik

Nach der FwDV 4 gibt es Strahlrohrdurchflüsse von 100, 200, 400 und 800 l/min, die jeweils auf Schlauchdurchmesser von 52 mm und 75 mm abgestimmt sind. Technik und Taktik greifen hier unmittelbar ineinander. Beim "normalen" Löschangriff nach FwDV 4 – also ohne überlange Angriffsleitungen – muß sich niemand großartige Gedanken über Reibungsverluste machen, da die Strömungsgeschwindigkeiten unter 2 m/s bleiben.

Schlauch	Durchfluß [l/min]	Strömungsgeschwindigkeit [m/s]
C 52	100	0,78
C 52	200	1,57
C 52	300	2,34
C 52	400	3,14
B 75	100	0,38
B 75	400	1,51
B 75	600	2,26
B 75	800	3,01

Tab. 3.2: Strömungsgeschwindigkeit in Feuerlöschschläuchen

Ändern wir jetzt in diesem System eine Komponente, verwenden wir z. B. an einer Angriffsleitung - vielleicht sogar mit einer C-42-Leitung – mit einem Durchfluß von 400 l/min oder 600 l/min, dann wird unser System instabil. Des weiteren müssen wir bedenken, daß in Deutschland – anders in den USA, wo jede Angriffsleitung direkt ab Pumpenausgang verlegt wird – immer über einen Verteiler gegangen wird. Meist werden für die 2. und 3. Angriffsleitung jedoch Mehrzweckstrahlrohre verwendet. Kommen noch unterschiedliche Leitungslängen und Höhenunterschiede hinzu, weiß keiner mehr, welches Strahlrohr mit welchem Druck und welchem Wasserdurchfluß betrieben wird.

3.3 Hohlstrahlrohre: "Automatik"-Strahlrohre und "Dual Pressures"

Diese Strahlrohre werden im allgemeinen Sprachgebrauch "automatische" Strahlrohre genannt. Sehr verbreitet sind inzwischen die Typen "Fogfighter" von Tour & Andersson AB, "Select-O-Matic" von Elkhart Brass, "Ultimatic" von Task Force Tips. Der Fogfighter ist ein Zwitter zwischen automatischen Strahlrohren und Strahlrohren mit einstellbarem Durchfluß, da über die Stellungen seines Kugelhahns zwei verschiedene Durchflüsse eingestellt werden können.

Um die Funktionsweise zu verstehen, ist eine Kenntnis ihrer Entwicklungsgeschichte hilfreich [67]. In den sechziger Jahren war Chief Clyde McMillian Leiter einer Freiwilligentruppe, der "Gary Fire Task Force" in Indiana/USA. Diese Einheit wurde bei Großbränden überörtlich eingesetzt und verwendete zu dieser Zeit tragbare Wasserwerfer, die ähnlich wie Wenderohre deutscher Drehleitern, abschraubbare Mundstücke verschiedener Durchmesser hatten.

Es zeigte sich jedoch, daß die Wasserversorgung in der Anfangsphase der Bekämpfung von Großbränden oft nicht leistungsfähig genug war, um diese großkalibrigen Wasserwerfer ausreichend mit Wasser zu versorgen und eine effektive Reichweite zu ermöglichen. Um also eine befriedigende Reichweite der

Monitore zu erzielen, wurden zunächst kleine Mundstücke verwendet. Im weiteren Verlauf des Einsatzes und ausreichender Wasserversorgung hätten die Mundstücke der Monitore dann abgeschraubt werden können, um eine höhere Wasserleistung zu erzielen. Dies wurde jedoch nicht gemacht, weil es entweder vergessen wurde oder weil es unzweckmäßig war, die Wasserwerfer dafür zeitweise außer Betrieb zu nehmen. Daher entwickelte Chief McMillian eine Strahlrohr-Konstruktion, die sich automatisch an die jeweilige Wasserversorgung anpaßt.

Um eine ausreichende Reichweite zu erzielen, ist der Strahlrohrdruck von entscheidender Bedeutung. Daher muß die Mundstücköffnung bei niedrigen Durchflüssen zunächst klein gehalten werden und kann bei großen Durchflüssen entsprechend weiter geöffnet werden.

Dies wird bei automatischen Strahlrohren dadurch erreicht, daß der Strahlformkegel mit dem Strahlformregler nicht direkt, sondern über eine Zylinderfeder oder über ein Zylinderfederpaket verbunden ist. Entsprechend der Kennlinie der Zylinderfeder folgt nun die Öffnung des Strahlrohrmundstücks dem Strahlrohrdruck, wobei die Strahlform beibehalten wird. So ist nun geklärt, daß der Begriff "automatisch" sich auf den Strahlrohrdruck und damit auf die Strahlform bezieht.



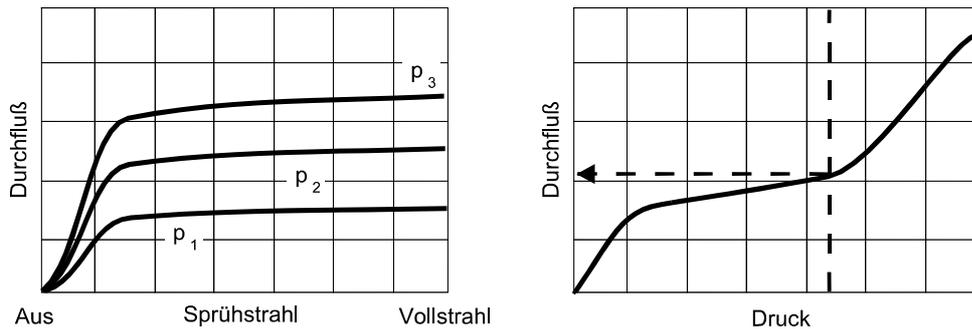
Abb. 3.6: Beachte das Wenderohr oben rechts [© Heiner Lahmann]

Die Kenntnis der Charakteristiken von automatischen Strahlrohren ist wichtig für ihren richtigen Einsatz:

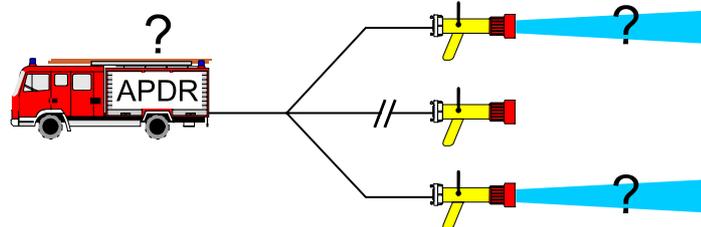
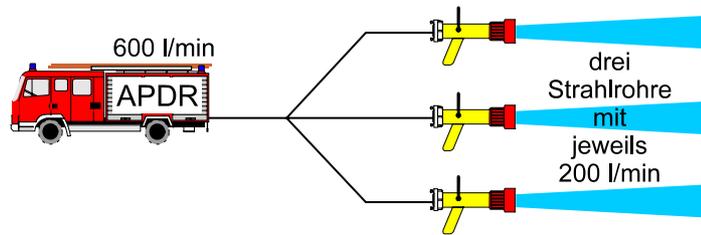
Automatische Strahlrohre haben - unter konstantem Druck und Wasserförderbedingungen (stationärer Fall) - den gleichen Wasserdurchfluß bei allen Strahlarten.

1. Automatische Strahlrohre brauchen einen bestimmten Mindestdruck, in der

Regel 6 oder 7 bar, um richtig zu arbeiten. Dieser Ansprechdruck des Federpaketes ist an dem Knick des Druck-Durchfluß-Diagramms zu erkennen:



2. Bei Abweichungen vom nominellen Druck ist das Ausmaß der Durchflußänderung abhängig vom jeweiligen Typ und Hersteller.
3. Automatische Strahlrohre gleichen den Druck, nicht aber den Durchfluß aus (sie können natürlich kein Wasser erzeugen!) - somit ist das Strahlbild auch bei geringer Wasserleistung optisch oft befriedigend, wenngleich die Wasserleitung für eine effektive Brandbekämpfung vielleicht nicht ausreichend ist. Das Strahlbild ist aber für den Strahlrohrführer kein ausreichendes Indiz für die Wasserleistung. Hier ist eine sorgfältige Abstimmung zwischen Angriffstrupps und Maschinisten erforderlich.
4. Es kann zu Problemen kommen, wenn automatische und nichtautomatische Strahlrohre, z. B. über einen Verteiler gemeinsam gespeist werden. Ist der vom nichtautomatischen Strahlrohr erzeugte Staudruck höher als der vom Federpaket des automatischen Strahlrohres ausgeübt, öffnet sich das Mundstück des automatischen Strahlrohres. Dadurch steigt der Wasserdurchfluß am nichtautomatischen Strahlrohr und sinkt am automatischen Strahlrohr. Wenn der Staudruck am nichtautomatischen Strahlrohr jedoch niedriger ist als der, des automatischen Strahlrohres, schließt sich die Mündungsöffnung des automatischen Strahlrohres und seine Wasserleistung sinkt. Statt dessen fließt mehr Wasser durch das nichtautomatische Strahlrohr.
Das Löschwasser wird den Weg des geringsten Widerstandes gehen, welches im schlimmsten Fall dazu führen kann, daß die Wasserleistung einer Angriffsleitung so herabgesetzt wird, daß eine sinnvolle Brandbekämpfung nicht mehr möglich ist. Das selbe Problem tritt auf, wenn automatische Strahlrohre unterschiedlichen Kalibers gemeinsam versorgt werden, da die Federpakete unterschiedliche Federkonstanten haben. Es ist am sichersten, eigene Versuche mit den vorhandenen Strahlrohren durchzuführen oder nur einen Strahlrohrtyp zu verwenden.
5. Einen ähnlichen Konflikt kann es zwischen einer automatischen Pumpendruckregelung (APDR) an der Feuerlöschkreiselpumpe des Fahrzeugs und automatischen Strahlrohren geben. Es sei angenommen, eine Feuerlöschkreiselpumpe mit APDR versorgt drei automatische Strahlrohre mit einer Wasserleistung von je 200 l/min über einen Verteiler.



Wird nun eins der Strahlrohre geschlossen, so müßte eigentlich die APDR anspringen und die Pumpenleistung reduzieren, so daß der Durchfluß der beiden noch geöffneten Strahlrohre weiterhin jeweils 200 l/min beträgt. Je nach Kennlinie der Zylinderfeder des Strahlrohres und Trägheit bzw. Totzeit der APDR kann es möglich sein, daß die APDR nicht reagiert und die 200 l/min des geschlossenen Strahlrohres auf die geöffneten Strahlrohre umverteilt werden, so daß jetzt jedes 300 l/min abgibt. Es kann dadurch zu gefährlichen Situationen kommen, da die Angriffstrupps höheren Strahlrohr-Rückkräften ausgesetzt werden.

6. Wird der Strahlrohrdruck überhöht, so kommt es beim Vollstrahl zum Überkreuzen der Randstrahlen und zum Zerstäuben des Strahles ("cross-over").

Hohlstrahlrohre ermöglichen bei gleicher Kupplungsgröße (B oder C) viel höhere Durchflüsse als genormte B- oder C-Mehrzweckstrahlrohre. Die Angriffstrupps müssen daher mit entsprechenden Rückkräften und schlecht manövrierbaren Schläuchen rechnen. Der Maschinist muß mit der Wahl des Pumpenausgangsdrucks vorsichtig sein. Ein Hohlstrahlrohr vom Typ Elkhart Brass SM-10F mit einer nominellen Größe von 1,5-Zoll und einer C-Festkupplung muß bei einem Druck von mehr als 7 bar wie ein B-Strahlrohr gehandhabt werden.

Eine „Neuentwicklung“ sind die „Dual pressure“ Automatikstrahlrohre der Fa. Task Force Tips. Diese sind an einem Drehrad in der Mitte des Strahlformkegel zu erkennen, wenn man von vorne in die Mündung des Strahlrohres schaut. Dieses Drehrad rastet nach einer 90°-Drehung entweder in einer Position „Normal Pressure/Standard“ oder „Low Pressure/Emergency“ ein. Laut Hersteller steht folgende Idee hinter dieser Einrichtung: Der Arbeitspunkt der Automatikstrahlrohre liegt bei 6 bar. In bestimmten Situationen (z. B. bei der Hochhausbrandbekämpfung) kann es sein, daß dieser Druck nicht zur Verfügung steht, somit also die Feder im Mundstück des Strahlrohres dieses Typs zu weit für eine vernünftige Brandbekämpfung schließt. In einer solchen Situation soll der Strahlrohrführer auf die „Low Pressure/Emergency“-Einstellung umschalten, dadurch den Federdruck auf das Mundstück verringern, damit sich das Mundstück weiter öffnet. Der Arbeitspunkt des Strahlrohres liegt dann bei 3 bar.



Abb. 3.7: "Automatik"-Strahlrohr TFT-BerlinForce, Durchfluß 100 – 400 l/min (Welcher Druck muß an der Pumpe gefahren werden, um bei halb aufgehaspeltem Schnellangriffschlauch am Stahlrohr noch 6 bar Druck und 400 l/min Durchfluß zu haben?) und Kugelhahn – zum Verlagern des Schnellangriffschlauchs durch C-Flachschlauch ... [68]

Es ist nicht ganz vorstellbar, daß ein Strahlrohrführer in einer brenzligen Situation, wenn er das Feuer nicht unter Kontrolle bringt, das Strahlrohr schließen und dann mit Handschuhen das Strahlrohrmundstück auf "low pressure" umschalten soll, um danach die Brandbekämpfung fortzusetzen.

Nach Meinung des Verfassers wird hier die ganze Idee, die hinter Automatik-Strahlrohren steht, noch weiter ad absurdum geführt: Statt dessen könnte eine Feuerwehr nämlich lieber gleich kostengünstigere Hohlstrahlrohre mit einstellbarem Durchfluß kaufen, da hier der Strahlrohrführer durch „Spielen“ mit Durchflußstellring und Strahlformsteller von vornherein eine für die Situation optimale Einstellung finden wird



Abb. 3.8 a-c: Automatik-Strahlrohr in "Dual Pressure"-Ausführung



3.4 Hohlstrahlrohre im Bereich elektrischer Anlagen

3.4.1 Zur Geschichte der DIN 14 367

Im Jahr 1998 wurde innerhalb des Fachnormenausschusses Feuerwehrwesen (FNFV) ein Arbeitskreis zur Formulierung einer deutschen Norm "Hohlstrahlrohre PN 16" gegründet, dem auch der Verfasser angehört hat (FNFV-Ak 192.1/1). Weitere Mitglieder waren die maßgeblichen deutschen bzw. in Deutschland vertretenen Strahlrohrhersteller sowie Mitarbeiter des IdF Nordrhein-Westfalen, des IdF Sachsen-Anhalt, der Berliner Feuerwehr, der Feuerwehr Essen, der Staatl. Feuerweherschule Regensburg sowie des TÜV Fahrzeug und Verkehr, der z. Zt. die el. Durchschlagprüfungen an der PVR durchführt.

Nach zahlreichen Sitzungen des Arbeitskreises wurde 2001 der "Gelbdruck" veröffentlicht, im Oktober 2001 wurden die Einsprüche behandelt, im Mai 2002 wurde der "Weißdruck" der DIN 14 367 "Hohlstrahlrohre PN 16" herausgegeben und sofort wieder zurückgezogen und – ohne daß der Arbeitskreis auch nur informiert wurde – verändert im Juli 2002 wieder herausgegeben.

Es gibt jetzt auch das sprachliche Paradoxon, daß nach aktueller Ausgabe der DIN VDE 0132 Hohlstrahlrohre – die ja nach DIN 14 367 genormt sind! – zu behandeln seien wie nicht genormte Strahlrohre

Kernproblem bei der Normung der Hohlstrahlrohre ist die "Sicherheit gegen elektrischen Durchschlag" analog zur DIN 14 365 und DIN VDE 0132 mit ihrer Festlegung der Sicherheitsabstände. Die Mehrheit der Arbeitskreismitglieder hat daher aus nachstehend genannten Gründen auf die el. Durchschlagsprüfung explizit verzichtet. Gleichzeitig wurde der Obmann des Arbeitskreises mehrmals von dessen Mitgliedern gebeten, Kontakt zur DKE bzw. VDE herzustellen, um zu einer Aussprache und einvernehmlichen Regelung hinsichtlich der el. Sicherheit zu kommen. Nach Aussagen des Obmanns "unseres" Arbeitskreises bestand während der drei Jahre der Normungsarbeit (Winter 1998 – Frühjahr 2002) kein Interesse bzw. terminlich keine Möglichkeit seitens Mitgliedern der DKE bzw. des VDE, an einer Arbeitskreissitzung teilzunehmen.

Zeitgleich mit dem Erscheinen-Zurückziehen-Neuerscheinen der DIN 14 367 hat der Bundesverband der Unfallkassen (BUK) – auf Wunsch eines einzelnen Herren aus München – (vgl. Feuerwehr Magazin 09/2002, Leserbrief Püringer) in einer für Deutschland bisher einmaligen Aktion ein nicht mit dem Ak "Hohlstrahlrohre" abgestimmtes Rundschreiben herausgegeben, daß den aktuellen Stand der Technik nicht berücksichtigt. Dies ist um so interessanter, als daß der BUK z. B. weder beim Bekanntwerden von sicherheitstechnischen Defiziten von Feuerwehrhelmen nach EN 443 bereits im Jahre 1996 (!!!) (vgl. Noje-Knollmann, Uni Wuppertal) noch bei irgendeinem tatsächlich stattgefundenem tödlichen Dienstudfall eines Feuerwehrangehörigen jemals auf eine derart energische, schnelle und flächendeckende Weise reagiert hat. Fragt man sich doch, was da alles so hinter stecken mag

Mittlerweile gibt es die "CEN/TC192/WG8 - Hand-held branchpipes for fire service use" für die Normung von Feuerwehrstrahlrohren auf europäischer Ebene – es bleibt also spannend!

3.4.2 Sinn und Unsinn einer el. Durchschlagsprüfung

In DIN 14 365 „Mehrzweckstrahlrohre PN 16“ werden konstruktive Details der Strahlrohre und ihre Prüfung gegen elektrischen Durchschlag exakt festgeschrieben. Ein Strahlrohr, das zwar die gleichen (oder sogar bessere) Leistungsdaten aufweist als ein DIN-Strahlrohr, aber in seiner Gestaltung von DIN 14 365 abweicht, darf deshalb nicht zugelassen werden. In DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen“ (Anlagen mit Nennspannungen bis 50 V Wechselspannung/120 V Gleichspannung - dies impliziert Hausinstallationen [Ziff. 2.1]) wird folgendes Verhalten festgelegt [69]:

1. *Anlagen sind spannungsfrei zu machen [Ziff. 4.2.1]*
2. *Wenn unklar ist, ob eine Anlage spannungsfrei ist, darf nur das Löschmittel Wasser nur mit einem CM-Strahlrohr bei einem maximalen Druck von 5 bar unter Einhaltung folgender Sicherheitsabstände (Richtwerte) abgegeben werden:*

	Niederspannung	Hochspannung
Sprühstrahl	1 m	5 m
Vollstrahl	5 m	10 m

3. *Wird ein Fließdruck von 5 bar am Strahlrohr überschritten, oder ein BM-Strahlrohr verwendet, so sind berechnete Mindestabstände einzuhalten.*

Die für Strahlrohrzulassungen zuständige Prüfstelle (früher an der Staatl. Feuerwehrschule Regensburg, jetzt TÜV Verkehr und Fahrzeug, Regensburg) hat die Feuerwehren ausdrücklich ermahnt, keine Hohlstrahlrohre zu verwenden, da eine Sicherheit gegen elektrischen Durchschlag nicht gegeben sei [70]. Andere Strahlrohre als genormte Strahlrohre dürfen nach der aktuellen Arbeitskreis-Vorlage der DIN VDE 0132 (Juli 1999) überhaupt nicht eingesetzt werden. Der Druck der Feuerwehren auf die Normungsgremien, Kriterien für die Zulassung von Hohlstrahlrohren festzulegen ist so stark, daß im Herbst 1998 im Fachnormenausschuß Feuerwehrwesen (FNFW) ein Arbeitskreis AK 192.1/1 „Hohlstrahlrohre“ gebildet wurde, wenngleich Hohlstrahlrohre heute bereits bei sehr vielen Feuerwehren eingesetzt werden (z. B. in Hamburg, Berlin, Dortmund, Düsseldorf, Ingolstadt [71], Wuppertal (BF und FF) [72]).

Während der Arbeitskreis-Sitzung am 21. Juli 1999 wurden an der Prüfstelle in Regensburg Versuche entsprechend der Prüfvorschrift zum elektrischen Durchschlag mit genormten und nicht genormten Strahlrohren durchgeführt. Nach DIN 14 365 T2 wird ein Strahlrohr in eine Prüfvorrichtung eingespannt, der Anstellwinkel zwischen der Mündungsachse des Strahlrohres und der Waagerechten beträgt 15°. Der Wasserstrahl wird auf ein Drahtgitter gerichtet, an dem eine verkettete Spannung von 20.000 V anliegt. Mit einem Oszilloskop wird der Durchgang elektrischen Stroms vom Drahtgitter zum Strahlrohr gemessen. In der Praxis wird das Strahlrohr mit der Prüfvorrichtung auf einen Wagen montiert, der mit einem Windtrieb manuell über ein Granitsteinpflaster aus einem größeren Abstand zu dem spannungsführenden Gitter hingezogen wird. Die Feststellung der Spannungsüberschläge am Oszilloskop erfolgt optisch durch den jeweiligen Bediener. Die Spannungsdurchschläge zeigen sich durch kurzes Aufblitzen in der Hochachse der Anzeige des Oszilloskops. Die Spannungsdurchschläge werden weder nach Zeit noch nach Stromstärke vermessen. Die Messung wird beendet, wenn der Bediener des Oszilloskops die Spannungsdurchschläge als gefährlich bewertet. Die Entfernung des Strahlrohrs vom spannungsführenden Gitter wird gemessen und verglichen, ob die „kritische Zerfallslänge“ des Vollstrahls des zu prüfenden Strahlrohrs mit dem in der Norm angegebenen Bereich übereinstimmt. Für CM-Strahlrohre mit 9 mm Mundstückweite muß die kritische Zerfallslänge des Vollstrahls beispielsweise zwischen 1 und 4 m liegen. Die gesamte elektrische Messung wird **weder aufgezeichnet noch dokumentiert** (ist also weder beleg- noch anfechtbar), des weiteren **sind keinerlei (meßtechnische) Grenzwerte** dafür festgelegt, wann oder wie ein gemessener Spannungsdurchschlag als solcher tatsächlich einzustufen ist. Bei einigen Hohlstrahlrohren war es außerdem **nicht möglich, überhaupt einen elektrischen Durchschlag zu messen**, da die Strahlrohre mit einem nichtleitenden Überzug versehen sind.

Am 21. Juli 1999 wurden die Untersuchungen auch am Strahlrohr „BerlinForce“ der Fa. Task Force Tips durchgeführt. Im Vergleich zu früheren Messungen an Strahlrohren gleichen Typs an der selben Prüfstelle [73] zeigten sich Abweichungen der gemessenen kritischen Zerfallslänge von 2 Metern, dies entspricht einer Meßungenauigkeit von 50 %. In den Erläuterungen zu DIN 14 365 heißt es selbst:

„Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Zerfallslänge für verschiedene Exemplare eines Fabrikats stark streuen kann, ohne daß die Strahlrohre mit bloßen Auge erkennbare Unterscheide aufweisen. [Hohlstrahlrohre werden heute auf CNC-Maschinen mit Toleranzen unterhalb von 0,05 mm hergestellt. - Anm. des Verfassers.]

Es sollten deshalb wenigstens 5 Strahlrohre untersucht werden, um eine Konstruktion einigermaßen beurteilen zu können.“

Der Entscheidung des AK, auf die Durchschlagsprüfung zu verzichten, hatte und hat gute Gründe:

Unter Berücksichtigung der Regelungen der DIN VDE 0132 und der o. g. Beobachtungen während der Prüfungen gegen elektrischen Durchschlag von Strahlrohren dürfte in letzter Konsequenz heutzutage keine deutsche Feuerwehr aus folgenden Gründen mehr einen Innenangriff durchführen:

1. Es kann in der Einsatzpraxis nie ganz sichergestellt sein, daß alle Teile eines Objekts spannungsfrei sind.
2. Ein sich kriechend, im Dunkeln und in einem verrauchten Raum fast ohne Sicht fortbewegender Feuerwehrangehöriger kann nicht in der Lage sein, Sicherheitsabstände gem. DIN VDE 0132 zu möglicherweise spannungsführenden Anlagen zu schätzen, die er nicht sehen kann. Von ihm kann weiterhin nicht verlangt werden, Sicherheitsabstände nach Mundstückweite, Fließdruck am Strahlrohr und Höhe der möglicherweise vorhandenen Spannung einer nicht erkennbaren elektrischen Anlage zu berechnen.
3. Aufgrund der Praxis der Zulassungsprüfungen kann nicht davon ausgegangen werden, daß durch Einhalten der Sicherheitsabstände nach DIN VDE 0132 - selbst nicht mit genormten CM-Strahlrohren – irgendeine Sicherheit besteht.

Die Regelungen der DIN VDE 0132 werden bereits heute durch andere normative Festlegungen unterlaufen: Für ortsfeste Löschanlagen (Schlauchhaspeln mit formstabilem Schlauch und Wandhydranten mit Flachsschläuchen) sind Hohlstrahlrohre genormt [74]. Diese Löschanlagen sind in Gebäuden vorhanden, in denen Hausinstallationen im Sinne von DIN VDE 0132 vorhanden sind. Die Löschanlagen werden i. d. R. zuerst von Laienhelfern bedient. Da von einem Laienhelfer einerseits nicht erwartet werden kann, zu überprüfen, ob eine Anlage bereits spannungsfrei geschaltet ist (und die Idee dieser Löschanlagen auch ist, möglichst früh - also zu einem Zeitpunkt an dem eine Anlage höchstwahrscheinlich noch nicht freigeschaltet ist - einen Entstehungsbrand zu bekämpfen) und andererseits die Hohlstrahlrohre nach EN 671 weder DIN 14 365 noch den Regelungen nach DIN VDE 0132 entsprechen, müßten diese Löschanlagen in letzter Konsequenz aus allen Gebäuden entfernt werden.

Nähme man einmal an, die Prüfungen nach DIN 14 365 wären technisch sinnvoll, so gehen jedoch die Verhaltensregeln nach DIN VDE 0132 immer noch an der Praxis vorbei:

In der täglichen Einsatzpraxis der Feuerwehren sind drei Szenarien zu unterscheiden:

1. Brennt Wohnung oder Büro, hier i. d. R. max. 240 V im Verbrauchernetz, 400 V bis zum Hausanschlußkasten.
2. Brennt Gewerbe- oder Industrieanlage, hier entweder nur 230 V oder 400 V (siehe Szenario 1) oder Spannungsversorgung, Trafo-Station, elektr. Betriebsraum, Schaltschrankleiste, etc. (siehe Szenario 3).

3. Brennt "richtige elektrische Anlage", also z. B. Umspannwerk, Trafo-Station, Liegenschaften, Anlagen oder Fahrzeuge der Deutschen Bahn, des ÖPNV (Straßen- oder U-Bahn).

In den Fällen (Szenario 1), in denen mit max. 230 V bzw. 400 V Spannung zu rechnen ist, beginnt die Feuerwehr unmittelbar mit Rettungs- und Löscharbeiten, ohne daß der (Aus-)Schaltzustand der Stromversorgung des betr. Bauwerks bekannt ist (vgl. Häni).

In allen anderen Fällen – und dies gebietet schon die allgemeine Lebenserfahrung ohne die Vorgaben nach DIN VDE 0132 – ist jedem Einsatzleiter – sofern nicht unmittelbare Gefahr für Leib und Leben gegeben ist (Szenario "Stromunfall") eine defensive Taktik anzuraten, da die praktische Umsetzung der Verhaltensregeln nach DIN 0132 (Berechnung des Sicherheitsabstandes nach Spannung und Durchfluß ...) beliebig riskant ist.

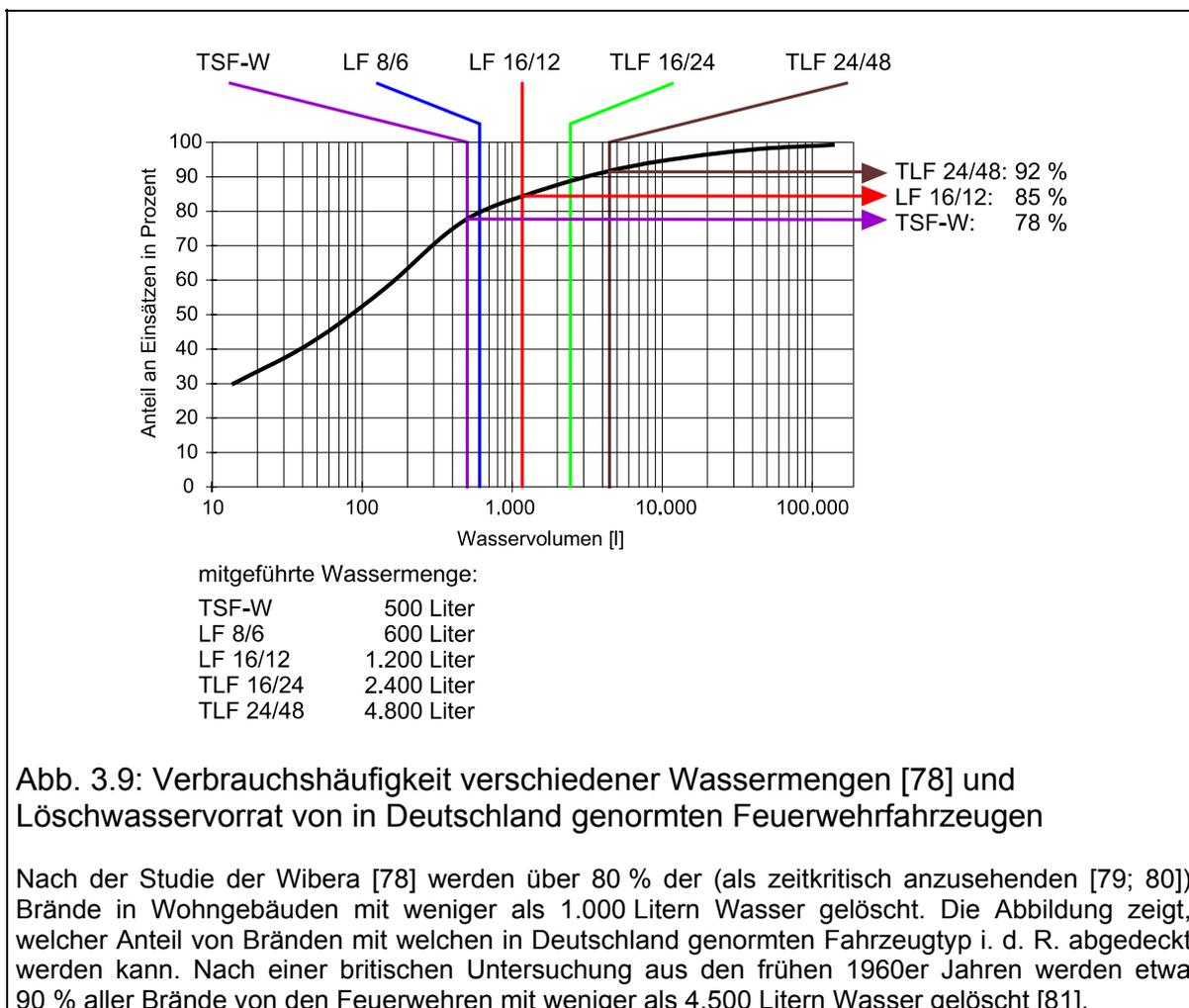
 Szenario 3 	
EVU oder Betreiber anfordern defensive Taktik Nachbarschaftsschutz "5 Regeln"         Aufnahme ins Einsatzprotokoll – 4-m-Band	Fünf Sicherheitsregeln <ol style="list-style-type: none"> 1. Freischalten 2. Gegen Wiedereinschalten sichern 3. Spannungsfreiheit feststellen 4. Erden und kurzschließen 5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschrauben

Jeder verantwortungsvolle Einsatzleiter wird sich hier auf einen Schutz der Umgebung vor Brandausbreitung beschränken, ohne Sicherheit und Gesundheit seiner Einsatzkräfte unnötig zu gefährden und unverzüglich über seine Leitstelle das zuständige EVU bzw. den Betreiber der Anlage (Bahn, Verkehrsbetriebe, etc.) zur Einsatzstelle zitieren, um betr. Anlage freischalten zu lassen. Der Einsatzleiter wird sich die Freischaltung möglichst schriftlich vom Mitarbeiter des EVU bzw. des Anlagenbetreibers geben lassen und/oder dessen Namen für die Aufnahme ins Einsatzprotokoll über 4-m-Band an die Einsatzleitstelle übermitteln.

Es ist jedoch festzustellen, daß es in Deutschland in der Praxis keine Unfälle durch elektrischen Stromschlag gibt, die kausal mit der Verwendung von Strahlrohren bei der Brandbekämpfung verknüpft sind [6]. Es ist weiterhin festzustellen, daß dies auch für Feuerwehren zutrifft, wie z. B. die Berliner Feuerwehr, die bereits seit mehreren Jahren flächendeckend Hohlstrahlrohre verwendet [75]. Eigentlich führt die Realität dieses gesamte Normungsvorhaben ad absurdum, da bereits Tausende von Hohlstrahlrohren unterschiedlichster Typen in Deutschland sicher eingesetzt werden, ohne jemals überhaupt auf irgend etwas hin geprüft und zugelassen zu sein (z. B. in Hamburg jedes LF oder TLF seit ca. 10 Jahren, Dortmund, Düsseldorf, Ingolstadt [76], Wuppertal (BF und FF) [77]).

Das Fehlen von Unfallzahlen durch el. Strom bei der Brandbekämpfung ist aber gerade **nicht** auf die Durchschlagsprüfung nach DIN 14 365 zurückzuführen: Wie die nachfolgende Abbildung zeigt – und die Einsatzdienst versehenden Mitglieder

des Arbeitskreises bestätigen können - , handelt es sich bei der überwiegende Mehrzahl von Brandeinsätzen, die die Feuerwehren bedienen, um relativ kleine Brände, die oftmals nur mit einem Rohr bekämpft werden, und hier wiederum oftmals unter Verwendung der Schnellangriffseinrichtung. Gerade die Schnellangriffseinrichtungen bzw. ersten C-Leitungen der Löschfahrzeuge sind aber – ich will nicht sagen „bei den meisten“, weil ich das statistisch nicht beweisen kann – bei vielen, vielen Feuerwehren bereits seit Jahren (!) mit Hohlstrahlrohren ausgestattet.



Eine Analyse der Unfallstatistiken der National Fire Protection Association in den USA [82; 83; 84; 85; 86] ergibt, daß es mindestens in den letzten fünf Jahren keine Verletzung eines Feuerwehrmanns durch elektrischen Schlag bei der Brandbekämpfung gegeben hat. Die Verhältnisse in den USA sind zum Vergleich besonders geeignet, weil dort Hohlstrahlrohre flächendeckend verwendet werden und gleichzeitig nur ein sehr liberales Regelwerk für elektrische Hausanlagen existiert - mithin also das Gefährdungspotential für Verletzungen von Feuerwehrleuten durch elektrischen Strom erheblich größer als in Deutschland ist [87].

Im August und September 2002 hat der Verfasser dies nochmals überprüft: Nach Kenntnis des Volunteer Firefighters' Insurance Service (VFIS) sind keine Stromunfälle bei der Brandbekämpfung verzeichnet [88]. Diese Aussage wird auch für Schweden von mehreren Stellen getroffen [89, 90, 91].

Des weiteren ist auffällig, daß weder in den USA, noch in Großbritannien oder in Skandinavien, wo weitgehend Hohlstrahlrohre verwendet werden, Prüfungen gegen elektrischen Durchschlag überhaupt existieren. Eine Zusammenstellung von verschiedenen Untersuchungen zum el. Durchschlag (u. a. aus den USA, Kanada, Frankreich und Großbritannien), zusammengestellt im NFPA Handbook, dem wohl renommiertesten Handbuch über Belange des Brandschutzes, weist ausdrücklich auf die große Inkonsistenz der Sicherheitsabstände hin [92]. Den Versuch, feste Sicherheitsabstände zu bestimmen oder festzulegen, wird mit einer für den Stil des NFPA Handbooks ungewöhnlich lapidaren Formulierung eingeleitet, die erkennen läßt, daß diese Unterfangen scheitern muß ("From time to time, authorities have tried to determine safe distances between nozzles and live electrical equipment ..." = "Ein paar Mal haben Behörden versucht, sichere Abstände zwischen Strahlrohren und unter Spannung stehenden Einrichtungen/Anlagen festzulegen...")

Schwedische Untersuchungen weisen außerdem aus, daß lediglich bei Spannungen über 1 kV die Verwendung des Vollstrahls vermieden werden soll und daß die Verwendung von Sprühstrahl bei elektrischen Anlagen bis 200 kV als gefahrlos angesehen werden kann [93]. Dies stimmt mit Beobachtungen, die der Verfasser am 21. Juli 1999 während der Untersuchungen an der Prüfstelle Regensburg gemacht hat, überein: Legt man das zweifelhafte Prüfverfahren nach DIN 14.365 zu Grunde, so kann es nur bei fokussiertem Vollstrahl eines Hohlstrahlrohres zum elektrischen Überschlag kommen. Da der Sprühstrahl eines Hohlstrahlrohres aber viel weiter aufgefächert und feiner ist, als der eines Mehrzweckstrahlrohres nach DIN, bietet ein Hohlstrahlrohr sogar einen höheren Schutz. Die Verwendung eines Vollstrahles bei hohem Durchfluß (Hohlstrahlrohre ermöglichen Durchflüsse bis 600 Liter/min bei Anschluß an eine C-Kupplung, im Vergleich zu 200 Liter/min der C-Mehrzweckstrahlrohre) verbietet sich in engen Räumen jedoch schon aus einsatztaktischen Gesichtspunkten.

Häni, Bern/CH, kommentiert das „Elektrodienstreglement des schweizerischen Feuerwehrverbandes“ (das in seinen Festlegungen weitgehend DIN VDE 0132 entspricht [vgl. 94]) folgendermaßen [95]:



„... Interessant, wenn auch nur bedingt auf den Wehrdiensteinsatz anwendbar, sind Festlegungen in der Euronorm 50.186-1. Diese Norm regelt das im Ausland praktizierte Reinigen unter Spannung stehender Hochspannungsanlagen mit Wasserstrahl. Bei einer Spannung von 30.000 Volt, Vollstrahl und 'gutem' Wasser ([Leitfähigkeit] $\leq 10 \mu\text{S/cm}$) wird ein Abstand von 3 Metern und bei 'schlechtem' Wasser (bis zu hundertfacher elektrischer Leitfähigkeit) ein solcher von 5 Metern gefordert. Es ist davon auszugehen, daß selbst in diesem Abständen noch eine sehr hohe Sicherheitsmarge enthalten ist.“

„Zwar bestehen detaillierte, auf Wehrdienstverhältnisse ausgerichtete, spannungsabhängige Abstandstabellen. Im Folgenden soll aber gezeigt werden, daß bei entsprechend großzügiger Interpretation auch mit dem bisherigen Reglement ... zu leben ist. Bereits die Abstände von 1,5 und 10 Meter ... lassen auf eine grobe 'feuerwehraugliche' Rundung schließen.“

„Niederspannung“

„Bei Niederspannung (Fassaden- oder Dachständeranschlüsse, mittels Kabel angeschlossene Gebäudeinstallationen) wird bei Sprühstrahl und Handfeuerlöschern ein Abstand von 1 Meter gefordert. Dies ist von der praktischen Wirksamkeit des Einsatzes her zu verstehen und durchaus vernünftig. Der für Vollstrahl genannte Abstand von 5 Metern ist sinnvoll in Bezug auf Verhinderung einer Zerstörung von Anlagen, beispielsweise beim Bespritzen einer Zählerverteilung in einem Gebäude.“

Weil große elektrische Risiken im Herunterfallen von Drähten bestehen, ist, von konsequenter Bewachung abgesehen, ein unverzögliches Löschen, z. B. des Bereichs eines Freileitungsanschlusses notwendig. Dies unabhängig jeder Ausschaltmeldung! Das Reglement verlangt übrigens 'Kühlen von Freileitungen', was ein Reißen von überhitzten Kupferleitern verhindern kann.“

„Hochspannung“

„Zum Bereich Hochspannung sei festgehalten, daß Löscheinsätze in Werksanlagen (Transformatorstationen, Unterwerke, Kraftwerke) dem Werkpersonal vorbehalten sind. Somit stehen hier nur allfällig in der Nähe von Brandobjekten vorbeiführende, den Einsatz gefährdende Hochspannungs-Freileitungen zur Diskussion. Das Reglement umgrenzt den Begriff 'Hochspannung' nicht mehr. Somit sind alle Anlagen, definitionsgemäß bei 1.000 Volt beginnend, bis ... 380.000 Volt eingeschlossen. Der geforderte Mindestabstand von 10 Metern ... wäre für ... 380.000 Volt freilich unerlässlich. Die wenigen Gittermastleitungen mit solch hohen Spannungen führen, wenn schon, dann in erheblichen Abständen an Gebäuden vorbei. Die im Wehrdienstinsatz doch gelegentlich in relativer Nähe von Brandobjekten vorkommenden Leitungen haben meist Spannungen von 20.000 Volt oder weniger Bei einem Einsatz wäre schon möglich, daß vom Bodenstandpunkt eines Rohrführers aus genau gemessen, der geforderte Spritzabstand von 10 Metern 'etwas' unterschritten sein könnte. In Anbetracht der, bezogen auf die unteren Hochspannungsbereiche, extrem hohen Sicherheitsreserve darf aber der Abstand großzügig über den 'Feuerwehrdaumen' geschätzt werden.“

„Im Klartext gesagt:“

„Auch Hochspannungsfreileitungen sind, unabhängig einer Ausschaltbestätigung, kein Hinderungsgrund eines unverzüglichen Löschwassereinsatzes. Die wirklichen und sehr hohen Risiken sind, es sei nochmals erwähnt, Annäherungen mit metallenen Einsatzmitteln sowie herabfallende Drähte.“

Letztendlich **entkräftet** Häni hier sämtliche Bestimmungen des schweizerischen Reglements und beschreibt damit gleichzeitig das Vorgehen von Feuerwehren in der Praxis.

In Schweden gelten zur Zeit folgende Regelungen [96]:



5 **Släckning (Löschen)**

....

5232 Mit Sprühstrahl ist Brandbekämpfung in kleinem Abstand von spannungsführenden Anlagenteilen möglich, wie Versuche in vielen Ländern gezeigt haben.

Der Sicherheitsabstand soll immer **mindestens 3 m für Spannungen bis 130 kV** und 5 m für höhere Spannungen sein. Der Sicherheitsabstand von 3 m gilt auch für geringere Spannungen.

Alle Strahlrohre müssen auf "Sprühstrahl" gestellt werden, bevor mit der Brandbekämpfung begonnen wird.

5233 Vollstrahl kann bei Bränden mit spannungsführenden Anlagenteilen unter Einhaltung folgender Bedingungen verwendet werden:

Bei Verwendung von Strahlrohren mit einer Mundstückweite von höchstens 14 mm beträgt der Sicherheitsabstand mindestens 10 m bei Spannungen bis 400 kV. Der Sicherheitsabstand von 10 m gilt auch für niedrigere Spannungen.

Strahlrohre mit möglichst kleinen Mundstückdurchmessern sollten verwendet werden, um sekundären Schaden und Wasserschaden zu vermeiden.

....

Nähme man einmal an, die Prüfungen nach DIN 14 365 wären technisch sinnvoll, so gehen jedoch die Verhaltensregeln nach DIN VDE 0132 immer noch an der Praxis vorbei:

Wie bereits erläutert ist ein im Dunkeln und unter Atemschutz sich kriechend fortbewegender Feuerwehrmann im Innenangriff in einem verrauchten Gebäude mit einer taktischen Sichtweite von vielleicht 0,5 bis 1 Meter logischerweise nicht in der Lage, den Abstand zu einer elektrischen Anlage, die er nicht sieht, abzuschätzen.

Die in DIN VDE 0132 festgelegten Sicherheitsabstände beziehen zunächst sich auf einen Referenzdruck von 5 bar am Strahlrohr. Weder Mehrzweckstrahlrohre noch Hohlstrahlrohre sind jedoch mit Manometern ausgestattet, insofern der Strahlrohrführer gar nicht wissen kann, ob die Sicherheitsabstände ausreichend sind.

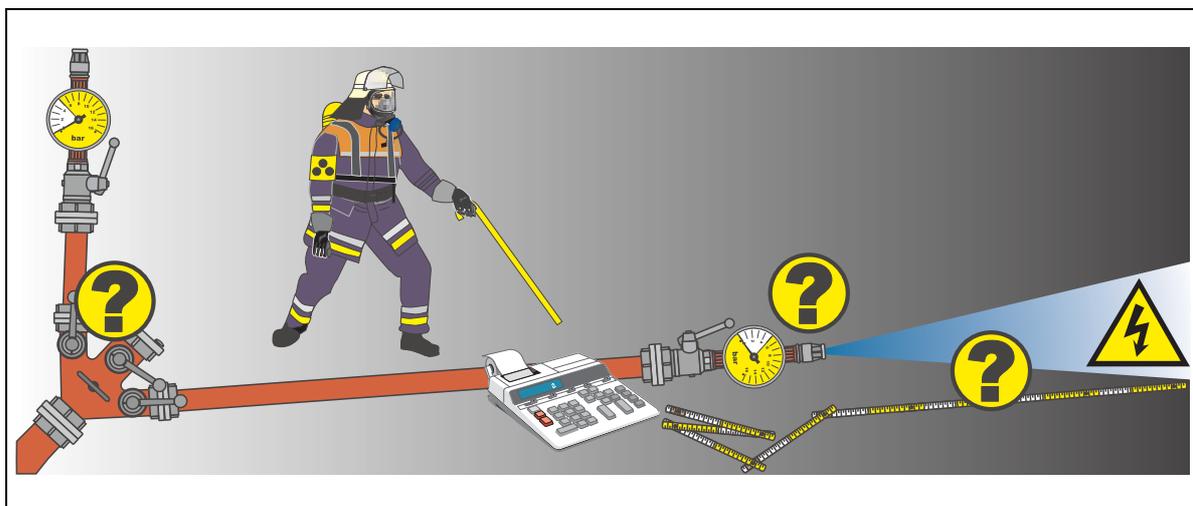


Abb. 3.10: Diverse Probleme bei der Umsetzung von DIN VDE 0132 ...

Es kann nun argumentiert werden, daß der Maschinist des Löschfahrzeuges in einer unklaren Situation einen Pumpendruck von maximal 5 bar fahren darf, um sicherzustellen, daß am Strahlrohr maximal 5 bar Druck minus den Reibungsverlusten der Schlauchleitung anstehen. Dem ist zu entgegen, daß in Deutschland Angriffsleitungen regelmäßig über einen Verteiler gespeist werden [97]. Werden von diesem Verteiler mehr als zwei Angriffsleitungen mit 5 bar Pumpendruck gespeist, so kommt es beim Schließen einer dieser Leitungen an der anderen Leitung zu einer unkontrollierten Druckerhöhung, so daß der Strahlrohrdruck wieder unklar ist.

Für höhere Drücke werden in DIN VDE 0132 Werte für entsprechende größere Sicherheitsabstände angegeben. Diese haben wiederum als Voraussetzung, daß der Druck am Strahlrohr bekannt ist (was nicht der Fall ist, siehe oben). Des weiteren sind diese Zusatzangaben von einem Strahlrohrführer in der Praxis nicht umsetzbar, wie die Fülle von Erläuterungen a. a. O. deutlich zeigt [98]

Zu den Drücken gibt es noch ein weiteres interessantes Details zu berichten: Es gibt Feuerwehren in Deutschland, die Löschfahrzeuge mit Hochdruckpumpen und Schnellangriffseinrichtungen verwenden, im Bundesland Hessen sind diese sogar gefördert worden (die Löscheffizienz von "Hochdruck" sei hier nicht betrachtet). Wir haben hier also den größten organisierten Feldversuch des Verstoßes gegen die DIN



VDE 0131, und den sogar gesponsort durch ein Landesinnenministerium! Es ist offensichtlich, daß mit einem solchen Hochdrucklöschsystem der Strahlrohrdruck nicht nur nicht auf fünf bar begrenzt wird, sondern eben übertroffen werden wird. Wieder ist von verletzten oder getöteten Feuerwehrangehörigen (SB) – auch aus Hessen – nichts bekannt. Theoretisch hätten jedoch die FUK Hessen oder die BUK – mindestens per Rundschreiben wie im Frühjahr 2002 – reagieren und außerdem das Hessische Innenministerium auffordern müssen, Löschfahrzeuge mit Hochdruckpumpen nicht mehr zu fördern!

In Konsequenz der dargestellten Verhältnisse zeigt sich:

1. Die Feuerwehren haben die Vorteile der Hohlstrahlrohre für die Brandbekämpfung erkannt und beschaffen diese ungeachtet anders lautender technischer Regeln. Es war und ist jetzt Fakt, daß die Feuerwehren Hohlstrahlrohre verwenden, und zwar angefangen von „Stein’schen Düsen“ und „Hoenig-Rohren“, vermutlich bei einigen Feuerwehren schon seit den 1930er Jahren! Die bundesweite Ausstattung der Feuerwehren mit Hohlstrahlrohren und das Erlernen ihrer Handhabung sollte nicht gehemmt, sondern forciert werden.
2. In der Praxis besteht real keine Gefährdung durch die Verwendung von Hohl- oder Mehrzweckstrahlrohren.
3. Lediglich für die Brandbekämpfung in elektrischen Betriebsstätten und Hochspannungsanlagen (Transformatoren, Umspannwerke, Hochspannungsleitungen, Kraftwerke) müssen Verhaltensregeln festgelegt werden. Diese Verhaltensregeln sollten sich - im Gegensatz zu bestehenden DIN VDE 0132 - an dem orientieren, was von einem Feuerwehrmann tatsächlich erwartet werden kann.
4. DIN-Strahlrohre können weiterhin genormt sein, um einen untersten Qualitätsstandard zu wahren.
5. Die Prüfung von Hohlstrahlrohren auf elektrischen Durchschlag ist für die tägliche Einsatzpraxis nicht relevant und daher unnötig.

4 Druckluftschaum

Wunderbar, das neue TLF mit der Druckluftschäumenanlage steht in der Wache. Es hat ca. 80.000 DM mehr gekostet als ein Fahrzeug ohne CAFS. Dazu kam noch das eine oder andere Raum- und/oder Gewichtsproblem mit der Unterbringung der diversen Aggregate der Druckluftschäumenanlage, die da sind:

- Schaummitteltank
- Schaummittelpumpe
- Kompressor
- Ölkühler
- Separatortank
- Elektronische Steuer- und Regeleinheit mit Meßwertaufnehmern und Bedienelementen

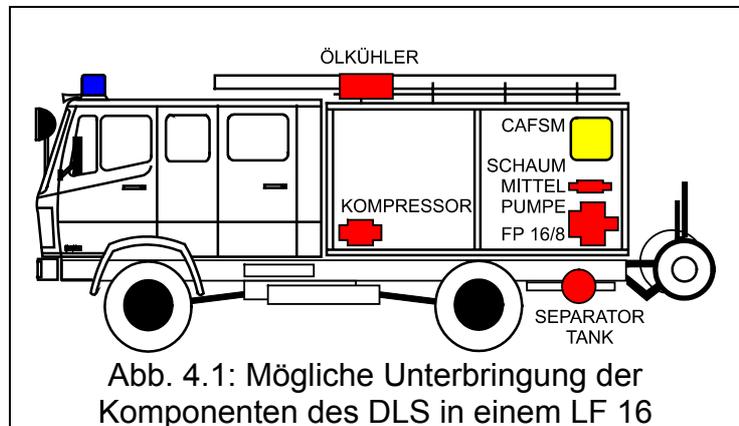


Abb. 4.1: Mögliche Unterbringung der Komponenten des DLS in einem LF 16

Im Pumpenstand erfreut sich der Maschinist nun einer Vielzahl neuer Anzeige- und Bedienelemente, insbesondere für die Zumischrate und für das Verhältnis von Druckluft zu Schaummittel-Wasser-Gemisch, i. d. R. als "Naß/Trocken-Ventil" ausgeführt. Wir erinnern uns: Bei Druckluftschäumenanlagen oder Kompressorschäumenanlagen (engl. compressed air foam [systems] = CAF[S]) wird das Wasser-Schaummittel-Gemisch nicht durch ein Strahlrohr, das Umgebungsluft ansaugt, sondern durch Mischung mit Druckluft verschäumt. Abb. 4.2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer solchen Anlage.

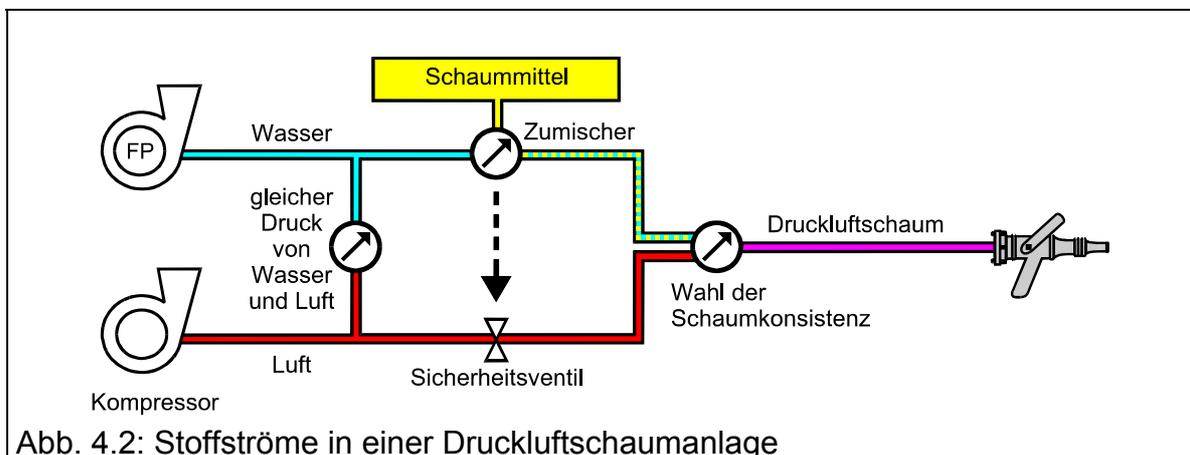


Abb. 4.2: Stoffströme in einer Druckluftschäumenanlage

Dem Anwender stehen also 2 Einstellmöglichkeiten zur Verfügung:

1. Wahl der Zumischrate
2. Wahl des Verhältnisses von Luft zu Wasser

Beide Variablen können heute i. d. R. vom Maschinisten an der Druckluftschäumenanlage eingestellt werden. Über „optimale“ oder „richtige“ Einstellungen gibt es bisher weder systematische Untersuchungen noch Veröffentlichungen. Der Benutzer dieser Anlagen ist also einzig und allein auf die

Angaben der Hersteller und die (oft nicht überprüfbar) Nachrichten und Mitteilungen aus dem Internet angewiesen. In einer kritischen Situation kann dies zum Scheitern der Brandbekämpfung führen, insbesondere weil die Brandbekämpfung von Flüssigkeitsbränden mit Druckluftschäum bisher überhaupt nicht erforscht ist!

Wie dem auch sei, das neue Fahrzeug ist da und will eingesetzt werden. Glücklicherweise sind die Feuerwehrangehörigen schon ein paar mal "heiß" ausgebildet worden. Sie kennen sich also mit Rauchgaskühlung aus, sie wissen, daß die pulsierend, d. h. mit Pausen kurze Wasserstöße abgeben sollen, daß sie vor allem Sprühstrahl einsetzen sollen.



Wenn sie das machen, dann sieht die Wasserabgabe aus ihrem Strahlrohr in etwa so aus:

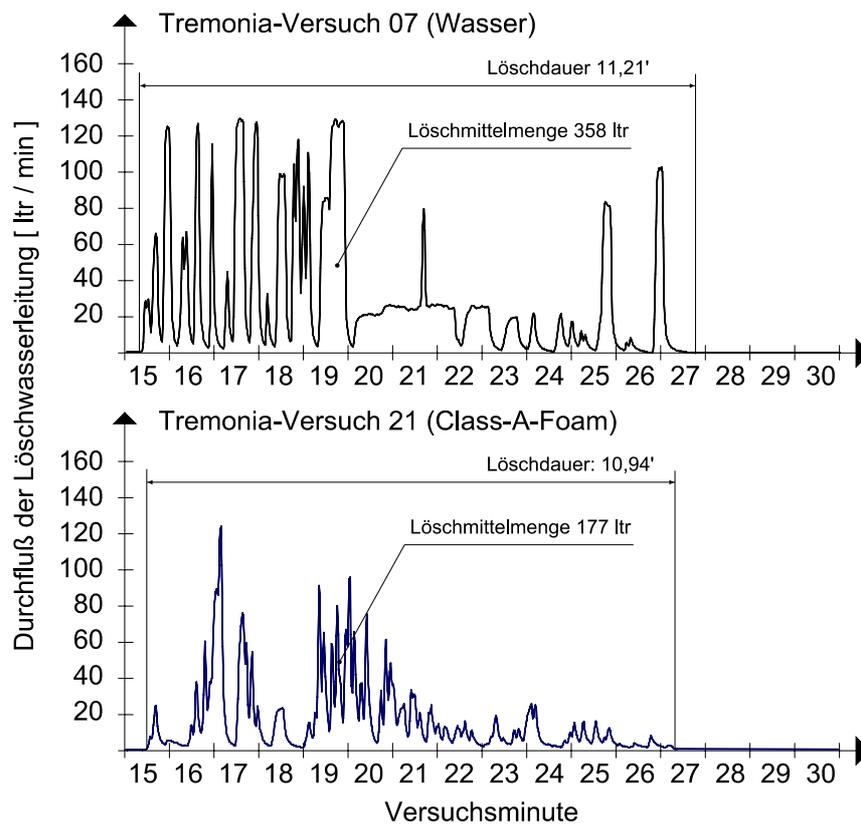


Abb. 4.4: Bei zwei Brandversuchen aufgezeichneter Durchfluß der Löschwasserleitung

Nehmen wir dazu noch an, daß ein Löschangriff folgendermaßen aufgebaut wurde: 1 B-Länge à 20 m, Verteiler, 3 C-Längen à 15 Meter, macht mithin also 65 Meter Entfernung des Strahlrohrs vom Fahrzeug.

Wir erinnern uns alle an die "Tabellen für die Wasserförderung" aus dem Maschinistenlehrgang:

Schlauch	Durchfluß [l/min]	Strömungsgeschwindigkeit [m/s]	Zeit für einen 15 m Schlauch [s]
C 52	100	0,78	19,23
C 52	200	1,57	9,55
C 52	300	2,34	6,41
C 52	400	3,14	4,77
B 75	100	0,38	39,47
B 75	400	1,51	9,93
B 75	600	2,26	6,64
B 75	800	3,01	4,98

Tab. 2.6: Strömungsgeschwindigkeit in Feuerlöschschläuchen

Für 65 m Schlauchleitung und rund 2 m/s Strömungsgeschwindigkeit dauert es also theoretisch ca. 30 Sekunden, bis vom "Wasser Halt" des Strahlrohrführers irgend etwas an der Pumpe bzw. an der Meßregeltechnik der CAFS-Anlage ankommt. Es gibt aber zwei kleine Haken: Erstens wartet der Strahlrohrführer nicht 30 Sekunden (oder wie lange auch immer ...), sondern er hat im Brandraum noch ein paar andere Aufgaben, z. B. Brandbekämpfung. Zweitens gelten o. g.

Werte für Wasser – Wasser, das als ideal und inkompressibel angenommen wird. In unserem Schlauch ist aber Schaum! Schaum ist bekanntermaßen ein kompressibles Medium. Es dauert also nicht nur mindestens 30 Sekunden bis von einer veränderten Strahlrohreinstellung an der CAFS-Anlage (oder umgekehrt ankommt), nein – es kommt auch noch ein beliebig verstümmeltes Signal an (Wir erinnern uns: Grundvorlesung Meß- und Regeltechnik: Faltungsintegral, Fourier-Transformation, ...). Die CAFS-Anlage versucht also ständig auf einen schon nicht mehr aktuellen Strahlrohrzustand einzuregeln, oder klarer ausgedrückt: Die Meßregeltechnik läuft ständig asynchron zum Strahlrohr. Was ich mich jetzt frage ist, wofür die DM 80.000 ausgegeben worden sind? 80.000 DM, das wären 200 Hohlstrahlrohre gewesen, oder Zumischanlagen für 8 Fahrzeuge gewesen ... Wieviele Fahrzeuge hatte Ihre Gemeinde noch gleich ... ?

Druckluftschaum wurde in den 70er und 80 Jahren des letzten Jahrhunderts von den nordamerikanischen Forstbehörden „wiederentdeckt“. Die Verwendung dieser Systeme stammte aus dem Wunsch, Schaumschneisen aus Schaum anlegen zu können. Die Reichweite von Luftschaumrohren (Schwerschaumrohren) reicht dazu oft nicht aus. Daher wurden Druckluftschaumanlagen insbesondere auf schwere, geländegängige Fahrgestelle aufgebaut, von denen der Schaum mit Monitoren abgegeben wird. Also: Kurze Leitungslängen zum Wenderohr (2 ... 4 m) und stationärer Betrieb.

wofür CAFS eigentlich entwickelt wurde:

... für
Tanklöschfahrzeuge, die mit
**Wenderohren bei konstanter
Pumpendrehzahl** Schaum-
schneisen **im Wald** legen ...

... und **nicht** für Angriffstrupps, die sich mit **Schläuchen** ihren Weg durch **verwinkelte Treppenträume** suchen.



© Bureau of Land Management (BLM) Fire and Aviation Image Library

4.1 Hohlstrahlrohre und DLS/CAFS

Amerikanische Quellen nennen für die Verwendung mit Druckluftschäum eindeutig Vollstrahlrohre bzw. teilweise nur Kugelhähne als optimal. Dennoch werden in Deutschland fast ausschließlich DLSA mit Hohlstrahlrohren verwendet. Es wird also zunächst Schwertschaum erzeugt, dann durch einen Schlauch und ein Hohlstrahlrohr (das wie ein Sieb wirkt) gedrückt und dann durch die Turbulenzen am Strahlrohrmundstück wieder verschäumt zu werden (Hohlstrahlrohre können nasse Schäume bis etwa VZ 5 erzeugen). Sicherlich hat dieser Schaum (vgl. Abschnitt 4, S. 36) keine der Eigenschaften mehr, die der Maschinist an der DLSA eingestellt hat.

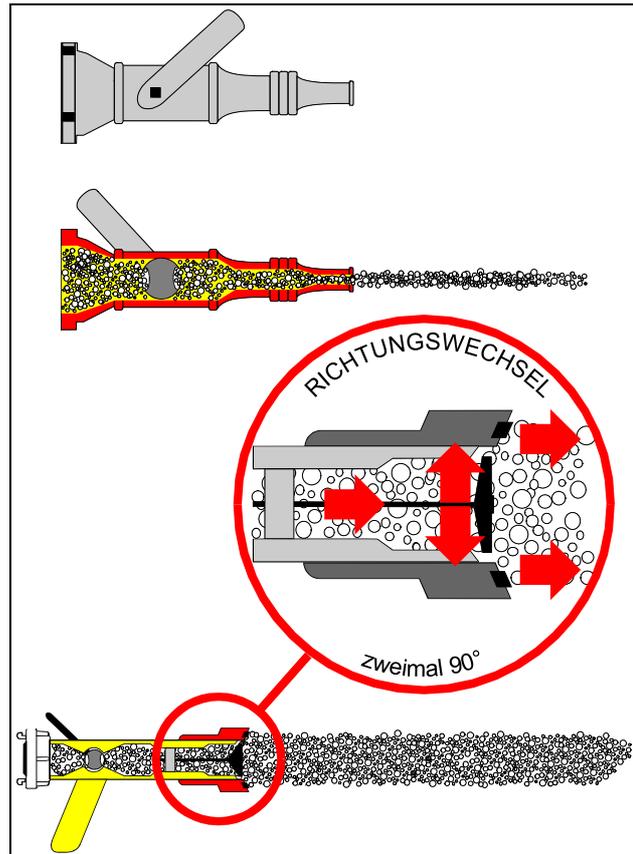


Abb. 4.5: Hohlstrahlrohre und CAFS/DLS

4.1.1 Vorversuche zur Verschäumung von Druckluftschäum

Bereits während der "Ingolstadt"-Versuche wurde gemessen, daß die Verschäumungszahl nicht unbedingt mit der Einstellung der "Naß/Trocken" der DLSA korreliert. Aus Zeitmangel war es mir leider nicht möglich, eine neue Versuchsreihe mit einer entsprechend hohen Anzahl an Versuchen durchzuführen, weshalb ich hier lediglich auf das Maß an Unschärfe, das es z. Zt. noch gibt, hinweise und die Meßwerte meiner Vorversuche darstelle:

verwendetes Gerät: Druckluftschäum-Tornistergerät Intelagard „Macaw“

Schaummittel FireTrol Fire Foam 103 bei 1 % Vormischung (Class-A-Foam)

1. Originales **Vollstrahlrohr**, lichte Weite = 9 mm
2. Unifire **Hohlstrahlrohr** Typ X-IT10, auf 9 mm effektive Mundstückdurchmesser reduziert
3. **Schaumstrahlrohr** Typ Spraying Systems Co. 46550-1.5-PP



Abb. 4.6 a-b: Intelagard "Macaw" und verwendete Strahlrohre

Strahlrohr	Einstellung	Schaum- volumen [l]	W-SM-G [l]	VZ
1	naß / wet	60	11,5	5
1	trocken / dry	60	4,5	13
2	naß / wet	60	6	10
2	trocken / dry	60	5	12
3	naß / wet	60	1	60
3	trocken / dry	60	8	8

Merke: Nicht alles, was irgendwo herausfließt und weiß ist, ist Schaum (vgl. Brunswigs zahlreiche Veröffentlichungen aus den 1950er Jahren!)

4.1.2 Neue (Hohl-)Strahlrohrentwicklungen für CAFS/DLS

Die Fa. Akron Brass hat immer Sommer 2001 ein neues Strahlrohr unter dem Namen "Saberjet" auf den Markt gebracht, das sowohl die Abgabe von Vollstrahl wie Sprühstrahl (auch gleichzeitig, vgl. CMM-Rohr) ermöglicht. Strahlrohre mit diesen Eigenschaften finden sich auch bei anderen Herstellern in der Entwicklung.



Abb. 4.7: Akron Brass "Saberjet"

4.2 DLS/CAFS und der schöne Mammon

An einem Freitag im August stand im Internet:

Thema:

Neue [Warenzeichen]-Kompaktanlage von [Herstellernamen]
(Preisgünstiger!)

Datum: 23.08.2001

Hallo Feuerwehrkameraden!

Habe am Wochenende eine Vorführung von [Herstellernamen] gesehen. Man hat eine neue [Druckluftschaumanlage]-(CAFS)-Anlage entwickelt die tragbar, kompakt und vor allem im Vergleich zu anderen bisherigen Anlagen auch noch günstig ist. Sie soll ca. 15.000 DM kosten, hat einen 100 Litertank und wird über Atemluftflaschen mit Luft versorgt. Man kann dadurch knapp 2 Minuten ohne Unterbrechung (Naßschaum) löschen. Das Gerät wiegt ohne Wasser nur ca. 60 kg und hat auch noch eine Schnellangriffshassel (ca. 15m, verlängerbar). Man braucht keine Stromversorgung, da alles mechanisch funktioniert und muß auch nicht die bei Kessel erforderlich alljährlich zum Tüv.

Endlich mal eine gute und auch kostengünstige Lösung auch für uns kleinere Feuerwehren. Bin übrigens noch am Suchen, ob es etwas genaueres im Netz gibt. Unter [www.\[Herstellernamen\].de](http://www.[Herstellernamen].de) soll es bald eine vollständige Homepage geben (ca. 3-4 Wochen). Na mal abwarten.

Was haltet ihr davon?

Gruß [Username]

Was sollen wir diesem User raten?

Verkürzte Anwendung der Prüfmatrix auf das gegebene Problem (vgl. Abb. 0.2):



15.000 DM für eine CAFS-Anlage mit 15 m Schnellangriff. Ein Feuerlöscher S 10 kostet ca. DM 100 bis 150, ergibt also 100 bis 150 Feuerlöscher für den gleichen Preis. 10 Feuerlöscher passen auf einen TS-Schlitten, macht also ca. 1.000 bis 1.500 DM, wenn der User tatsächlich darauf verzichten will, daß sein TSF überörtlich zur Wasserförderung eingesetzt wird. Ein Feuerlöscher kann weiter als 15 m getragen werden. 10 Feuerlöscher nacheinander eingesetzt haben ca. 20 min Nutzdauer, mehrere Schaumlöscher mit AFFF durch die Staffel des TSF gegen den berühmten Kfz-Brand eingesetzt sind sicherlich wirkungsvoller als eine CAFS-Leitung. Gegen Kfz-Brände verbrauchte Feuerlöscher können gegen den Verursacher (Fahrzeughalter) aufgrund der Gefährdungshaftung abgerechnet werden.

Was genau ist jetzt kostengünstiger?

Sie können natürlich auch mit Champagner löschen ...



... wenn Sie dafür einen Kostenträger finden

Abb. 4.8: Champagner

4.3 Gewicht von Schläuchen mit CAFS/DLS

Bei den Versuchen mit Druckluftschaum wurden Verschäumungszahlen (VZ) von - aufgerundet - 5, 10 und 15 gemessen. Dementsprechend vermindert sich die Masse des mit komprimiertem Schaum statt mit Wasser gefüllten Schlauches.

Da die auf Seite 173 des Buches [56] angegebenen Werte nicht stimmen, nutze ich die Gelegenheit, hier die korrigierten Werte zu liefern:

Masse der Schlauchinhalte bei 5 bar [kg]

	C 42-15	C 52-15	B 75-15	B 75-20	rel. Gewicht
Wasser	20,78	31,85	66,27	88,37	100%
VZ 5	11,64	17,84	37,11	49,49	56%
VZ 10	7,48	11,47	23,86	31,81	36%
VZ 15	5,40	8,28	17,23	22,98	26%

Masse der Schlauchinhalte bei 10 bar [kg]

	C 42-15	C 52-15	B 75-15	B 75-20	rel. Gewicht
Wasser	20,78	31,85	66,27	88,37	100%
VZ 5	14,75	22,61	47,05	62,74	71%
VZ 10	11,01	16,88	35,12	46,84	53%
VZ 15	8,73	13,38	27,83	37,12	42%

Die Gewichtsersparnis gegenüber Wasser beträgt also 30 bis 70 Prozent. Das Löschen von Feststoffbränden und Flüssigkeitsbränden ist auf das Kühlen des Brandgutes mit einem Löschmittel (mit Wasser) zurückzuführen, bei Flüssigkeitsbränden lediglich über den „Umweg“ des Schaumzerfalls. Wenn also 30 bis 70 Prozent weniger Wasser an den Brandherd gefördert werden, dann bedeutet dies, daß auch weniger gekühlt wird.

5 Einen hab' ich noch ...

Ich weiß, von diesen ganzen englisch-amerikanischen Akronymen und Bezeichnungen kann einem manchmal die Lust vergehen: Wir stecken unsere Hände in "Firefighters" und "Flashovers", tragen "Swättschörts" (ab und zu hat selbst die Rechtschreibreform 'was übersehen ...) mit "Corporate Identity" und die RTW'isten sind mittlerweile mit "Stiffnecks" und "Traumakits" unterwegs und packen die Patienten letztlich auf "Spineboards". Gut, daß "Sirene" und "Hydrant" eh' schon griechisch sind. Aber einen möchte ich Ihnen dennoch mit auf den Weg geben, nämlich KISS (eigentlich müßte der ja auch "KISAS" heißen, aber dann reimt sich gar nichts mehr), den hab' ich nicht vernünftig übersetzt gekriegt ... :



6 Literatur und Quellen

- 1 *Harder, H.*: Luftschaum gegen Dachstuhlbrand - Löschversuch an einem Abbruchgebäude in Hamburg In: Die Feuerlöschpolizei; Nr. 5; S. 136-137
- 2 *Herterich, O.*: Wasser als Löschmittel; Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH; Heidelberg; 1960; S. 184
- 3 *Schreiber, H. M.; Porst, P.*: Löschmittel; Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik; Berlin; 1972; S. 286-292
- 4 *Pleiß, G.; Lubosch, E.*: Löschen mit Schaum; Rudolf Haufe Verlag; Berlin; 1991; S. 47 ff.
- 5 *Achilles, E.*: Erfahrungen bei der Verwendung von Leichtschaum In: vfdb-Zeitschrift; Kohlhammer; Stuttgart; 1966; Nr. 3; S. 77-80
- 6 *Schweinfurth, E.*: Technische Regeln bei der Erzeugung und Anwendung von Leichtschaum In: vfdb-Zeitschrift; Kohlhammer; Stuttgart; 1966; Nr. 3; S. 80-84
- 7 *Bumiller, G.*: Der Einsatz von Leicht- und Mittelschäumen bei der Bekämpfung von Schiffsbränden (Abschnittsarbeit); Feuerwehr Hamburg; 1970
- 8 *Bilwatsch, M.; Volz, S.*: Schaumeinsatz bei Dachstuhlbrand In: Brandschutz; Kohlhammer; Stuttgart; 1982; 12; Dezember; S. 370-371
- 9 *Cimolino, U.*: Größter Schaumeinsatz in der Düsseldorfer Geschichte In: 112 - Magazin für die Feuerwehr; Lothar Haus Druck; Hanau; 1995; 11; November; S. 629
- 10 *Huhndorf, S.*: Großfeuer beim Dualen System In: Ahrensburger Zeitung; Axel Springer Verlag; Hamburg; 31.07.97; Nr. 176; S. 1; 1997

- 11 *Arbeitsgruppe „Einsatzbericht Tela“*: Großbrand Papierfabrik Tela: 3 Tote, 200 Mio. Fr. Schaden In: Schweizerische Feuerwehrzeitung; Schweizerischer Feuerwehrverband; 1996; 12; Dezember; S. 896-923
- 12 *Herterich, O.*: Wasser als Löschmittel; Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH; Heidelberg; 1960; S. 184
- 13 *Schreiber, H. M.; Porst, P.*: Löschmittel; Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik; Berlin; 1972; S. 286-292
- 14 *Pleiß, G.; Lubosch, E.*: Löschen mit Schaum; Rudolf Haufe Verlag; Berlin; 1991; S. 47 ff.
- 15 *Achilles, E.*: Erfahrungen bei der Verwendung von Leichtschaum In: vfdB-Zeitschrift; Kohlhammer; Stuttgart; 1966; Nr. 3; S. 77-80
- 16 *Schweinfurth, E.*: Technische Regeln bei der Erzeugung und Anwendung von Leichtschaum In: vfdB-Zeitschrift; Kohlhammer; Stuttgart; 1966; Nr. 3; S. 80-84
- 17 *Bumiller, G.*: Der Einsatz von Leicht- und Mittelschäumen bei der Bekämpfung von Schiffsbränden (Abschnittsarbeit); Feuerwehr Hamburg; 1970
- 18 *Bilwatsch, M.; Volz, S.*: Schaumeinsatz bei Dachstuhlbrand In: Brandschutz; Kohlhammer; Stuttgart; 1982; 12; Dezember; S. 370-371
- 19 *Cimolino, U.*: Größter Schaumeinsatz in der Düsseldorfer Geschichte In: 112 - Magazin für die Feuerwehr; Lothar Haus Druck; Hanau; 1995; 11; November; S. 629
- 20 *Huhndorf, S.*: Großfeuer beim Dualen System In: Ahrensburger Zeitung; Axel Springer Verlag; Hamburg; 31.07.97; Nr. 176; S. 1; 1997
- 21 *Arbeitsgruppe „Einsatzbericht Tela“*: Großbrand Papierfabrik Tela: 3 Tote, 200 Mio. Fr. Schaden In: Schweizerische Feuerwehrzeitung; Schweizerischer Feuerwehrverband; 1996; 12; Dezember; S. 896-923
- 22 *Autorenkollektiv*: ABC des Einsatzleiters der Feuerwehr; Staatsverlag der DDR; Berlin; 1988; S. 301-302
- 23 *Pohl, K. D., de Vries, H., Noje-Knollmann, S.*: „Class-A-Foam“, Brandschutz, 1995, Nr. 9
- 24 *Rughase, O.; de Vries, H.*: „Die Schaumschlacht im Wald“, Feuerwehr Magazin, 1997, Nr. 3, März
- 25 *de Vries, H.*: „Class-A-Foam – Schaum zur Bekämpfung von Vegetations- und Feststoffbränden“, Spezialistenseminar „Waldbrandschutz“ in Brielow/Brandenburg, durchgeführt vom Brand-schutz-Technologiezentrum Magdeburg GmbH, März 1997
- 26 *de Vries, H.*: „Quantitative Aspects of Class-A-Foam“ Fire Department Instructors Conference, Indianapolis/USA, International Society of Fire Service Instructors, April 1997
- 27 *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
- 28 *de Vries, H.*: „When did you fight your last crib fire?“, Fire Chief Magazine, 1997, Nr. 3, März
- 29 *de Vries, H.*: „CAFS goes to Germany“, Fire Chief Magazine 1998, Nr. 8, August
- 30 *de Vries, H.*: „Foam follows function: The Tremonia and Wattenscheid trials“, Fire Chief Magazine; www.firechief.com, 1999, Nr. 8, August
- 31 *Anonymus*: Basic brushfire training module 5 - Fighting fire with water; Country Fire Authority - Victoria; Victoria/AUS
- 32 *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; 1989; Januar
- 33 *Colletti, D. J.*: Class A foam for structure firefighting In: Fire Engineering; Pennwell Publications; Tulsa OK/USA; 1992; 7; Juli; S. 47-57
- 34 *Lawlor, M.*: Class A foam utilization by a career department In: Fire Fighting in Canada; Firefighting in Canada; Ontario/CND; 1994; März; S. 18
- 35 *Stern, J.; Routley, J. G.*: Class A Foam for structural firefighting; Federal Emergency Management Agency: <http://www.usfa.fema.gov/nfp/techreps/tr083.htm> vom 04.08.1997
- 36 *Carey, W. M.*: National class a foam research project technical report; National Fire Protection Research Foundation; Quincy, Mass./USA; 1994; Dezember
- 37 *Drysdale, W.*: Foam for structural firefighting (File No. 8/30/065 - Project 94046); Metropolitan Fire Brigades Board Reserach and Development; Thornbury, VIC/AUS; ca. 1996

- 38 *Carothers, Troy*: Using foam to reduce heat and smoke In: Fire Fighting in Canada; Firefighting in Canada; Ontario/CND; 1997; Vol. 41 No. 2; März; S. 22
- 39 *Anonymus*: Observations & comments on the Southern California fire storms October - November 1993; International Association of Fire Chiefs; Fairfax VA/USA
- 40 *Schlobohm, P.*: Use of class A foams on structures and wildlands; National Wildfire Coordinating Group; Boise ID/USA; 1994
- 41 *Evans, D.; Madrzykowski, D.*: Quantifying the extinguishing effectiveness of wildland fire foams; United States Department of Interior; ca. 1989
- 42 *Rochna, R.; Schlobohm, P.*: Foam as a fire suppressant: An evaluation; Boise ID/USA; 1987
- 43 *Blankenship, P. L.*: Class A foam for 1993 wildland fires In: American Fire Journal; American Fire Journal; Bellflower, CA/USA; 1993; 6; Juni; S. 17-18
- 44 *Anonymus*: Memorandum (92-42): Class A wildland fire fighting foam and wetting agents; Portland Bureau of Fire Rescue & Emergency Services; Portland OR/USA; 1992; Juni
- 45 *Windisch, F. C.*: Nantucket Square Fire In: Fire Engineering; Pennwell Publications; Tulsa OK/USA; 1993; 11; November; S. 10-14
- 46 *Macey, C. T.*: Foam fire suppression system for mobile forestry equipment; Forest Engineering Research Institute of Canada; Quebec; 1991; Technical Note TN-175; Dezember
- 47 *de Vries, H.; Hölemann, H.*: „Class-A-Foam und Compressed-Air-Foam – Ergebnisse systematischer Brand- und Löschversuche“, in: brandschutz, Kohlhammer Verlag, Stuttgart; 2001; 7; Juli; 642 – 653
- 48 *de Vries, H.*: „Strahlrohre - Technik und Taktik“, in: UB – Unabhängige Brandschutzzeitschrift, Huss Medien GmbH, 2000, Nr. 11, November
- 49 *Fa. Hale Products Europe GmbH*: Produktinformation „Das CAFS Schaumlöschsystem von HALE“; 1997
- 50 *Schmitz GmbH Feuerwehr- und Umwelttechnik*; Foliensatz „Schmitz One-Seven Druckluftschaumsystem“, D- 14932 Luckenwalde; 1997
- 51 *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
- 52 *Brunacini, A.*: Essentials of Fire Department Customer Service; Fire Protection Publications; Stillwater/OK; USA; 1996
- 53 *Perkins, K. B.; Benoit, J.*: The future of volunteer fire and rescue services: Taming the dragons of change; Fire Protection Publications; Stillwater/OK; USA; 1996
- 54 *West Midlands Fire Service (Hrsg.)*: T. Q. M. Operating Manual; Birmingham/UK; 1993
- 55 *de Vries, H.*: „Untersuchungen zur Optimierung der Bekämpfung von Feststoffbränden mit Wasser und Schaum im mobilen Einsatz der Feuerwehren Norderstedt“; Libri Books on Demand) Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 2000 ISBN 3-8311-0448-4, www.bod.de
- 56 *de Vries, H.*: „Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum - Technik und Taktik“, 1. Auflage 2000, ecomed Verlag, Landsberg, ISBN 3-609-68740-1
- 57 http://www.werner.de/downloads/t-shirt_motive.html, verändert durch Verfasser
- 58 *Preuer, Alfred; Humer, Franz*: Gibt es das Super-Löschverfahren? – Löschversuche zur Bewertung von Löschsystemen In: Die Österreichische Feuerwehr 6/2001; Bohmann Druck und Verlagsgesellschaft; Wien; 4 – 9
- 59 *Bauer, Gottfried*: Entzauberung der "Wundermittel" In: Die Österreichische Feuerwehr 6/2001; Bohmann Druck und Verlagsgesellschaft; Wien; 3
- 60 *Englmeier, C.; Händler, A.*: Versuch: Einsatzmittel HD- oder C-Rohr In: 112-Magazin der Feuerwehr; 1993; 7; Juli; S. 390-394
- 61 *Cimolino, U.*: Zeitkritische Analysen beim standardisierten Löscheinsatz einer Staffel oder Gruppe der Feuerwehr (Diplomarbeit); BUGHW FB 14 Prof. Hölemann; Wuppertal; 1991
- 62 *Lembeck, T.*: Entwicklung eines Modells zur Betrachtung von Feuerwehreinsatzstrategien und -taktiken mit Hilfe der Netzplantechnik (Diplomarbeit); BUGHW FB 14 Prof. Hölemann; Wuppertal; 1991
- 63 *Schlosser, R.*: Erfassung von feuerwehrtechnischem Gerät bei einem Rett-Lösch-Einsatz in den ersten 15 Minuten bei ausgewählten Berufsfeuerwehren (Studienarbeit); BUGHW FB 14 Prof. Hölemann; Wuppertal; 1993

- 64 *Unterhalt, M.*: Schnellangriffstest, eMail vom 28.12.1999
- 65 *Särdqvist, Stefan*: Fire tests in a large hall, using manually applied high- and low pressure water sprays (Paper V) in: Demand for Extinguishing Media in Manual Firefighting; ISSN: 1402-3504; ISRN: LUTVDG/TVBB-1021-SE Lund 2000
- 66 *Rosenbauer, Konrad*: Katalog 1908; Nachdruck: efb Verlagsgesellschaft; Erlensee; 1984; S. 94
- 67 *Fornell, David P.*: Fire Stream Management Handbook. Fire Engineering Pennwell Publishing Company, Saddle Brook NJ/USA 1991. S.145
- 68 *Homepages der Berliner Feuerwehr zum 150-jährigen Jubiläum*; 13.08.2001, Datei: 234563v.jpg
- 69 *DIN VDE 0132*: Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen; Beuth; Berlin; 1989
- 70 *Prüf- und Versuchsstelle Regensburg et al.*: Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen In: Brandschutz; 1996; 9; September; S. 720-721
- 71 *Braun, U.*: Erfahrungsbericht über die Druckluftschäum-Brandbekämpfung; Berufsfeuerwehr Ingolstadt; 30.09.98
- 72 *Feuerwehr Wuppertal: /feuerwehr/bf/fahrzeuge/turbojet.html* (CD-ROM) sowie Homepages, Juli 1999
- 73 *Staatliche Feuerweherschule Regensburg*: Bericht über die Bestimmung der Zerfallslänge des Vollstrahls von Hohlstrahlrohren (Antragsteller: Fa. Ewald Bastian, Essenweinstraße 38, 76131 Karlsruhe); StFS Regensburg; Lappersdorf; 1996
- 74 *DIN EN 671*: Ortsfeste Löschanlagen; Beuth; Berlin; 1996
- 75 *persönliche Mitteilung von*: Herrn Dietsche; Berliner Feuerwehr; Nov. 1998
- 76 *Braun, U.*: Erfahrungsbericht über die Druckluftschäum-Brandbekämpfung; Berufsfeuerwehr Ingolstadt; 30.09.98
- 77 *Feuerwehr Wuppertal: /feuerwehr/bf/fahrzeuge/turbojet.html* (CD-ROM) sowie Homepages, Juli 1999
- 78 *Wibera Wirtschaftberatung AG*: Grundsatzstudie Feuerwehr - Zusammengefasster Ergebnisbericht; Düsseldorf; 1978; S. 48 ff.
- 79 *Katzmann Th.*: Analyse von Bränden mit Personenschäden bei der Feuerwehr Bochum für die Jahre 92 bis 97 (Studienarbeit); BUGHW FB 14 Prof. Hölemann; Wuppertal; 1998
- 80 *Kreft, B.*: Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten gleichzeitiger Einsatzereignisse bei der Feuerwehr Bochum (Studienarbeit); BUGHW FB 14 Prof. Hölemann; Wuppertal; 1998
- 81 *Großkopf, R.*: Löschwasserbedarf bei Bränden (Diplomarbeit); BUGHW FB 14 Prof. Pohl; Wuppertal; 1988; S. 25
- 82 *Washburn, A. E.; LeBlanc, P. R.; Fahy, R. F.*: Fire fighter fatalities in 1994 In: NFPA Journal; NFPA; Quincy MA/USA; 1995; Juli/August; S. 83-93
- 83 *Karter, Micheal J., Jr.; LeBlanc, P. R.*: Fire fighter injuries at an 18-year low In: NFPA Journal; NFPA; Quincy MA/USA; 1995; November/Dezember; S. 63-70
- 84 *Washburn, A. E.; LeBlanc, P. R.; Fahy, R. F.*: 1995 fire fighter fatalities In: NFPA Journal; NFPA; Quincy MA/USA; 1996; Juli/August; S. 63-77
- 85 *Karter, Micheal J., Jr.; LeBlanc, P. R.*: 1995 fire fighter injuries In: NFPA Journal; NFPA; Quincy MA/USA; 1996; November/Dezember; S. 103-112
- 86 *Washburn, A. E.; LeBlanc, P. R.; Fahy, R. F.*: 1996 firefighter fatalities In: NFPA Journal; NFPA; Quincy MA/USA; 1997; July/August; S. 46-60
- 87 *National Fire Protection Association - NFPA (Hrsg.)*: National Fire Codes Supplement Volume B; NFPA; Quincy MA/USA
- 88 *persönliche Mitteilungen von*: Gene Carlson; VFIS; 183 Leader Heights Road; P.O. Box 2726, York, PA 17405 USA; Aug. 2002
- 89 *Elsäkerhetsverket*; Drottninggatan 92; Box 1371; 111 93 Stockholm; Tel 08-519 112 00; Fax 08-519 112 01; www.elsak.se/Elolycksfall/1999.htm bis .../2000.htm
- 90 *persönliche Mitteilungen von*: Rune Eriksson, SRV skolan Skövde SE; Sept. 2002
- 91 <http://www.av.se/statistik/showtype.asp?typeid=1>; Arbetssjukdomar och arbetsolyckor vom 03.09.2002
- 92 *NFPA (Hrsg.)*: Fire Protection Handbook; 18th Edition; NFPA Quincy MA/USA; 1997; pp. 6-9 – 6-11

- 93 *Verlo, T.:* Wasser als Löschmittel bei Bränden in elektrischen Anlagen (Deutsche Übersetzung) In: Brann & Sikkerhet; 3/92
- 94 *Eishold, E.; Meyer, J.:* Die Feuerlöschmittel; Verlag Simowa AG; Pfäffikon/CH; 1993; S. 35-37
- 95 *Häni, S.:* Löscheinsätze im Bereich elektrischer Anlagen In: Schweizerische Feuerwehrzeitung; 2; Februar; 1997; Stämpfli + Cie AG; Bern; S. 90-91
- 96 Auszug aus: SBFs Rekommendationer 6:2 1987; Brandförsvar vid elanläggningar; SBF Brandförsvarsföreningen, Förlaget, 1187 Stockholm, ISBN 91-7144-181-6, Übersetzung: Dr.-Ing. Holger de Vries, Hamburg, Übersetzung mit Haftungsausschluß – Es gilt der Wortlaut des Originals!
- 97 *Deutscher Feuerwehrverband (DFV):* Feuerwehr-Dienstvorschriften FwDV 3 und FwDV 4
- 98 *Freynik, Wolfgang:* Zu den Gefahren der Elektrizität; http://www.berliner-feuerwehr.de/download/ausb_unterlagen/strom.pdf
- 99 *Vortragsfolie von:* M. Rosander; Helsingborgs Brandförsvar; Schweden; 1996