

**Einsatzmöglichkeiten und -grenzen
von in Löschfahrzeugen eingebauten
Druckluftschaumanlagen bei Brandeinsätzen
unter besonderer Berücksichtigung des Unfallschutzes**

Hausarbeit

von

Jan Tino Demel

März 2006

Aufgabenstellung

Hausarbeit nach der hessischen Verordnung über die Ausbildung und Prüfung für die Laufbahn des gehobenen feuerwehrtechnischen Dienstes (VAPgD-Feu).

Entsprechend der in der oben genannten Verordnung muss im Ausbildungsabschnitt „Einsatz und Organisation“ eine Hausarbeit gefertigt werden.

Das Thema der Arbeit lautet:

„Einsatzmöglichkeiten und –grenzen von in Löschfahrzeugen eingebauten Druckluftschaumanlagen bei Brandeinsätzen unter besonderer Berücksichtigung des Unfallschutzes“.

Die Hausarbeit ist bis zum 31. März 2006 in zweifacher Ausfertigung bei Herrn Branddirektor Wisotzki einzureichen.

Sie ist in Maschinschrift mit 1 ½-fachem Zeilenabstand anzufertigen.

Beginn: 01.03.2006

Abgabe: 31.03.2006

Danksagung

Herrn Branddirektor Wisotzki danke ich für die interessante Themenstellung.

Für die Bereitstellung zahlreicher Unterlagen der Berufsfeuerwehr Wuppertal bedanke ich mich bei Herrn Kurt Funk. Weiterhin geht mein Dank an Frau Konny Ziegler-Schildknecht der Firma Ziegler für die gute Unterstützung.

Meinen Kollegen danke ich für die zahlreichen fördernden Diskussionen und kollegiale Zusammenarbeit.

Die vorliegende Arbeit wurde im Ausbildungsabschnitt „Einsatz und Organisation“ bei der Berufsfeuerwehr Hagen im März 2006 angefertigt.

Zusammenfassung

Wer heute die Anschaffung eines neuen Löschfahrzeuges plant oder sich mit modernen Löschtechniken beschäftigt, wird unabwendbar mit einem Ausstattungsmerkmal von Löschfahrzeugen konfrontiert: CAFS. Diese Abkürzung steht für 'Compressed Air Foam System' – im deutschen als Druckluftschaumsystem bezeichnet.

Das erste größere Aufkommen dieser Anlagen liegt in den dreißiger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts zurück. Es wurde primär in der Schifffahrt und bei der Eisenbahn verwendet. Durch großzügige finanzielle Förderungen erlebt diese Löschtechnik derzeit eine Renaissance. Druckluftschaum ist für alle Arten von Brandeinsätzen geeignet. Vorteile sind der geringere Löschwassereinsatz und dadurch resultierend weniger kontaminiertes Löschmittel. Nachteilig ist jedoch der höhere Ausbildungsbedarf, um einen sachgerechten Druckluftschaumeinsatz durchzuführen.

Kaum eine andere Löschtechnik kam so stark in Diskussionen wie derzeit der Druckluftschaum. Ursache hierfür war das Unglück in Tübingen. Dort verstarben zwei Einsatzkräfte während eines Druckluftschaumeinsatzes.

In der vorliegenden Hausarbeit geht es primär um die Einsatzmöglichkeiten bei einem Brandeinsatz unter der Verwendung von Druckluftschaum. Ein besonderes Augenmerk wird abschließend auf den Unfallschutz gelegt.

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung.....	I
Danksagung	II
Zusammenfassung	III
1 Einleitung.....	1
1.1 Geschichte des Druckluftschaum	1
2 Druckluftschaum.....	3
2.1 Erzeugung von Druckluftschaum.....	3
2.2 Löschwirkung.....	4
2.3 Peripherie	6
2.3.1 <i>Schläuche</i>	6
2.3.2 <i>Strahlrohre</i>	7
3 Einsatzmöglichkeiten.....	8
3.1 Fahrzeugbrand.....	8
3.2 Flüssigkeitsbrand.....	9
3.2.1 <i>Bank-Down-Methode</i>	10
3.2.2 <i>Roll-Over-Methode</i>	10
3.2.3 <i>Rain-Down-Methode</i>	11
3.3 Innenangriff.....	12
3.4 Außenangriff	14
3.5 Nachlöscharbeiten	15
3.6 Elektrische Anlagen	16
3.6.1 <i>Elektrische Anlagen bis 1000 Volt</i>	16
3.6.2 <i>Elektrische Anlagen über 1000 Volt</i>	17
3.6.3 <i>Elektrische Anlagen mit unklarer Spannung</i>	17
4 Unfallschutz	18
4.1 Einsatzgrundsätze.....	19
Literaturverzeichnis	20
Abbildungsverzeichnis	21
Tabellenverzeichnis.....	22
Erklärung	23

1 Einleitung

1.1 Geschichte des Druckluftschäum

Der Gebrauch von Druckluftschäum geht auf ein englisches Patent aus dem Jahr 1877 zurück. Der erste kommerzielle Erfolg stellte sich in den dreißiger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts mit der TS 8/8 "Siegerin" der Fa. Flader ein. Diese verfügte als erstes über ein Luftschäum-System. Die folgende Abbildung zeigt die „Siegerin“ im Luftschäum-Einsatz.

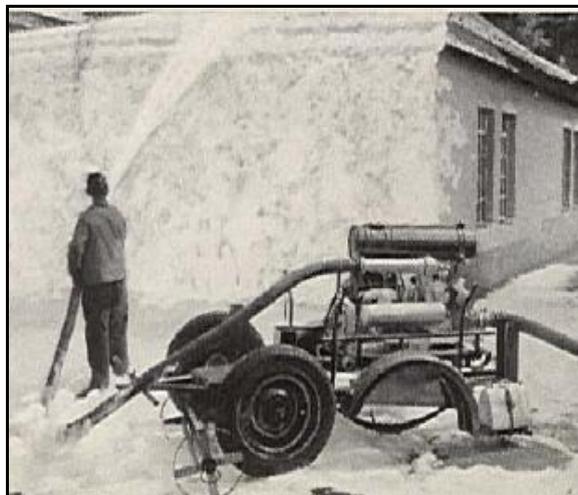


Abbildung 1-1: TS 8/8 Siegerin mit Luftschäum-System [SM1]

Diese frühen Luftschäum-Systeme wurden vor allem beim Militär für die Brandbekämpfung auf Schiffen und Flughäfen eingesetzt. Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges gerieten diese Systeme vorerst wieder in Vergessenheit. In den sechziger Jahren fand der Druckluftschäum eine Anwendung bei SB-Waschplätzen in den USA [RS92]. Diese Anlagen wurden mit Niederdruck betrieben und besaßen einen geringen Schlauchdurchmesser. Bei einer Durchflussmenge von 15 Litern pro Minute Wasser-Schaum-Gemisch und 113 Litern pro Minute komprimierte Luft konnte bei Abgabe über eine Düse eine Wurfweite von 12 Metern erreicht werden. Mitte der siebziger Jahre entwickelte der amerikanische Texas Waldservice ein Druckluftschäum-System für die Waldbrandbekämpfung, welches unter dem Namen „Texas Snow Job“ bekannt wurde. Erst hier wurde die Technik des „Compressed Air Foam System“ – zu Deutsch

Druckluftschäum – kurz „CAFS“ wieder entdeckt und perfektioniert. Bahnbrechend war dabei die Entwicklung eines Löschmittelzusatzes für Feststoffbrände (Brandklasse A). Das heute als „Class-A-Foam“ bekannte Schaummittel war geboren. Dieser "Class-A-Foam" wird als Netzmittel in sehr geringer Konzentration (0,1-0,5%) dem Löschwasser zugemischt und verringert die Oberflächenspannung des Löschwassers auf weniger als ein Drittel des normalen Wertes. Im Jahre 1988 wurden die ersten marktfähigen Seriensysteme vorgestellt und mittlerweile werden Druckluftschäum-Systeme (DLS) in allen Teilen der USA angewendet. Den Weg nach Europa hat der Druckluftschäum erst wieder im Jahr 1994 gefunden. Durch Änderungen von Bauvorschriften begann sich die Berufsfeuerwehr Ingolstadt für Druckluftschäumssysteme zu interessieren. Dabei wurden in Kleinversuchen und im Ausland Erfahrungen gesammelt. 1996 wurden die ersten zwei Löschfahrzeuge LF 16/12 in Europa mit DLS in Auftrag gegeben und 1997 bei der Berufsfeuerwehr Ingolstadt in Betrieb genommen. Schnell erfolgte ein Feldversuch im Auftrag des Bayerischen Innenministeriums zusammen mit der Berufsfeuerwehr Augsburg und Ingolstadt. Als erstes Bundesland entschloss sich Bayern aufgrund der positiven Ergebnisse zur Förderung des Druckluftschäumsystems. In Deutschland und dem europäischen Raum begann nach und nach die Förderung und in Dienststellung weiterer Löschfahrzeuge mit DLS. Der Erfolg und die Akzeptanz von Druckluftschäumssystemen schienen ungebremst.

Jedoch kam es am 17. Dezember 2005 bei einem Brandeinsatz der Feuerwehr Tübingen zu einem folgenschweren Unglück, bei dem zwei Feuerwehrleute bei einem Innenangriff tödlich verunglückten. Der Trupp führte Löscharbeiten mit Druckluftschäum im Dachgeschoss eines Fachwerkhauses durch. Eine Etage tiefer flammte der Brand wieder auf. Es kam zu einem Schlauchplatzer, so dass die beiden Feuerwehrleute kein Löschmittel mehr für den Rückweg zur Verfügung hatten. Die Rekonstruktion des Unglücks im Januar 2006 kam zu dem Ergebnis, dass der mit Druckluftschäum gefüllte Schlauch aufgrund von Hitzeeinwirkung geplatzt war [BW1]. Der Grund hierfür scheint zu sein, dass das Druckluft-Schäum-Gemisch Wärme nicht so gut abführt wie ein mit Wasser gefüllter Schlauch. Diese Mitteilung des Baden-Württembergischen Innenministeriums führte zu einer neuen Betrachtung des Einsatzwertes und des taktischen Vorgehens bei Brandeinsätzen mit DLS.

2 Druckluftschaum

2.1 Erzeugung von Druckluftschaum

Druckluftschaum besteht wie auch der üblicherweise bei der Feuerwehr verwendete Schaum aus den Bestandteilen Wasser, Schaummittel und Luft. Bei der üblichen Schaumerzeugung wird die notwendige Luft am Schaumrohr durch das Injektorprinzip hinzugefügt. Bei der Druckluftschaumerzeugung geschieht dies in einem Aggregat im Löschfahrzeug. Prinzipiell wird dabei nach der Feuerlöschkreiselpumpe dem Wasser in einer Zumischeinrichtung das Schaummittel beigelegt. Bevorzugt wird hierbei ein für die Brandklasse A besonders geeignetes Schaummittel in einer geringen Dosierung zwischen 0,1% bis 0,5%. Prozessorgestützt wird anschließend dem Schaummittel-Wassergemisch in einer Mischkammer der genaue Anteil an Druckluft zugemischt. Das folgende Bild zeigt das Funktionsschema am Beispiel „Power Foam Basic NA“ der Firma Ziegler.

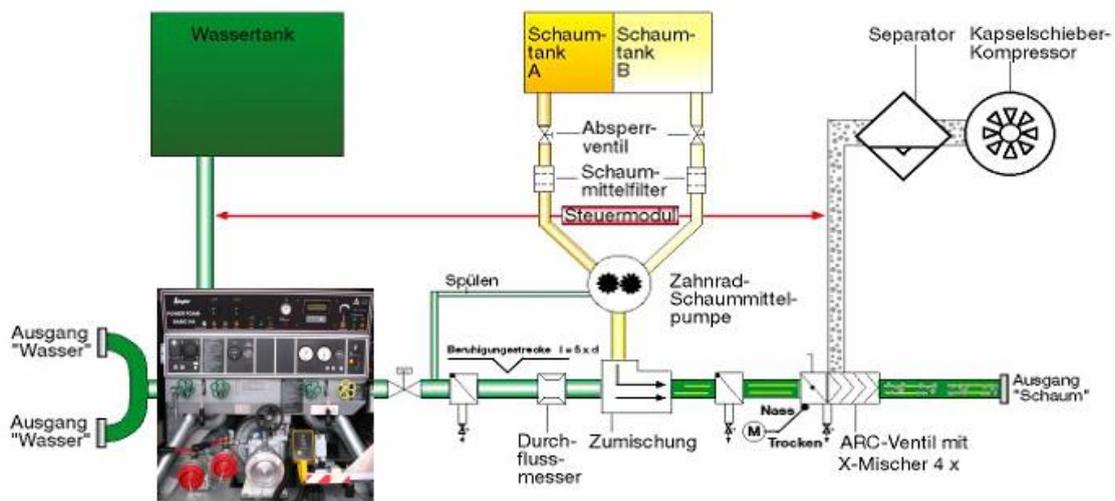


Abbildung 2-1: Funktionsschema Druckluftschaumsystem [ZI1]

Bei der herkömmlichen Schaumerzeugung geht sehr viel Energie während der Zumischung des Luftanteiles verloren. Ganz anderes bei Druckluftschaumsystemen. Hier wird dem Löschmittelstrom keine Energie entzogen, sondern sogar Energie zugefügt. Der erhöhte Energiegehalt macht sich durch die Wurfweite und Eindringtiefe des Löschmittels bemerkbar.

2.2 Löschwirkung

Ein Brand lässt sich durch die drei bekannten Möglichkeiten löschen: Ersticken, Abkühlen oder Reduktion des Brandgutes.

Betrachtet man das traditionelle Löschmittel Wasser, ist hier als Löschwirkung besonders der Kühleffekt hervorzuheben, welcher durch Erwärmung und Verdampfung zurück zuführen ist. Der Wirkungsgrad dieses Verfahrens liegt gerade mal zwischen fünf und zehn Prozent [FA1]. Nutzt man das Löschmittel Wasser mit einer Hochdrucklöschanlage, lässt sich der Wirkungsgrad immerhin auf 30% steigern. Die Steigerung wurde durch die Vernebelung, somit größere Oberflächen des Wassers, erreicht.

Druckluftschaum hat eine kühlende und eine erstickende Löschwirkung. Ähnlich wie bei Hochdrucklöschanlagen wird die Wasseroberfläche enorm vergrößert. Je größer die wirksame Wasseroberfläche, je stärker ist die Wärmebindung und somit auch die Kühlwirkung. Die Vergrößerung der Oberfläche bei Druckluftschaum ist hierbei auf die Blasenbildung zurückzuführen. Dabei bildet sich aus einem Wassertropfen eine Vielzahl von Blasen. Folgende Abbildung der Firma Schmitz zeigt dies illustrativ für deren Schaummittel „One-Seven“.

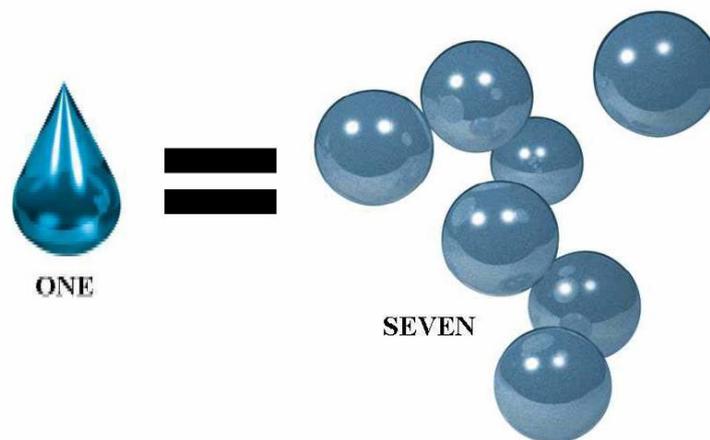


Abbildung 2-2: Blasenbildung – „One-Seven“-Effekt [SM1]

Ein vergleichbarer großer Wassertropfen kann ebenfalls nur mit seiner Oberfläche zur Kühlung beitragen. Beim Druckluftschaum wird nun praktisch die gesamte Wassermenge als Oberfläche von Schaumblasen ausgebildet. Bei der Verwendung von Druckluftschaum wird nicht weniger Wasserdampf produziert, sondern – richtig angewendet – genau die gleiche Menge wie jedes andere Verfahren, wenn eine

bestimmte Wärmemenge gebunden werden soll. Die Hauptlöschwirkung des Druckluftschlums ist somit in erster Linie auf einer verbesserten Kühlwirkung und nicht auf die Stickwirkung zurückzuführen. Der Druckluftschlums bleibt am Brandgut haften, welches letztlich die Stickwirkung des Löschmittels ausmacht. Die weiße Schlumschicht reflektiert die Wärmestrahlung und isoliert gleichzeitig die Oberflächen gegen den Austritt brennbarer Gase aus den erhitzten Materialien und unterbricht so den Oxidationsprozess mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft. Die weiße Schlumschicht signalisiert gleichzeitig den Lösch bzw. Kühlerfolg. Durch die erhöhte Verweildauer des Wassers auf dem Brandgut und eines stark verbesserten Eindringvermögens durch die geringer Oberflächenspannung, wird das Wärmebindungsvermögen des Löschwassers optimal genutzt [SF1]. Ein wesentlicher Handhabungsvorteil besteht darin, dass der weiße Schlums augenfällig signalisiert, wo bereits gelöscht wurde. Dies verhindert zusätzliche Schäden durch überschüssiges Wasser, was sonst nur nach langjähriger Routine erreicht werden kann [DV1].

In den USA wurde hierzu schon früh eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen durchgeführt. In einem Fall wurden drei identische Feststoffbrände in einem Brandraum gelöscht. Ermittelt wurden dort die Zeiten, den Brandraum von 538°C auf 100°C abzukühlen. Zusätzlich wurde der Temperaturabfall pro Sekunde ermittelt. Folgende Tabelle zeigt die objektiven Ergebnisse dieses Versuches auf.

Löschmittel	Zeit Sekunden	Temperaturabsenkung °C/Sekunde	Wasserverbrauch Liter
Wasser	222,9	3,5	282
Wasser mit Netzmittel	102,9	7,6	130
Luftschlums (CAFS)	38,5	20,5	49

Tabelle 1: Brandversuch USA [FA1]

In den meisten ausländischen und auch inländischen Vergleichsversuchen lassen sich Vorteile von Wasser mit Netzmittel, sowie Druckluftschlums bei der Bekämpfung von Feststoffbränden gegenüber reinem Wasser bezüglich Löschmittelmenge, Löschdauer und Löschaufwand aufzeigen. Im weitesten Sinne bestätigen sich die unterschiedlichen Versuchsergebnisse gegenseitig. Die Versuchsergebnisse mit handgeführten Löscheräten unterliegen jedoch auch jeweils der Subjektivität des Strahlrohrführers.

Über die Zumischrate des Schaummittels und durch das Verhältnis von Druckluft zu Schaummittel-Wasser-Gemisch kann „nasser“ bzw. „trockener“ Schaum erzeugt werden. Bei Druckluftschaum liegt die Verschäumungszahl typischerweise zwischen fünf bei nassem Schaum und fünfzehn bei trockenem Schaum. Dabei findet die Verschäumung durch die Zufuhr der Druckluft im Aggregat statt und nicht wie beim klassischen Schaumeinsatz am Schaumrohr. Somit kann ein nasser Schaum mit maximaler Kühlwirkung oder ein trockener Schaum mit minimalem Wasserverbrauch hergestellt werden. Der trockene Druckluftschaum fließt kaum ab. Er hat eine hohe Wasserhaltezeit und besitzt eine hervorragende Haftfähigkeit. Der trockene Schaum eignet sich aufgrund seiner geringeren Wurfweite für Nachlöscharbeiten. Diese Schaumqualität kann auch präventiv eingesetzt werden.

2.3 Peripherie

Um das Gesamtsystem der Druckluftschaumsysteme auch auf Hinblick der Einsatztaktiken und Aspekten des Unfallschutzes zu verstehen, wird in dieser Arbeit kurz auf die Peripherie eingegangen.

2.3.1 Schläuche

Für den Druckluftschaum-Einsatz können weiterhin normale Druckschläuche verwendet werden. Bei der Verwendung von Druckluftschaum vermindert sich die Masse, des mit komprimiertem Schaum statt mit Wasser gefüllten Schlauches. Die Masse ist abhängig von der Verschäumungszahl. Die folgenden Tabellen zeigen die Masse in Kilogramm der Schlauchinhalte bei 5 bar beziehungsweise 10 bar Ausgangsdrucks.

	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%

Tabelle 2: Masse der Schlauchinhalte bei 5 bar in kg [DV1]

	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%

Tabelle 3: Masse der Schlauchinhalte bei 10 bar in kg [DV1]

Die Gewichtsersparnis gegenüber Wasser kann je nach Verschäumungszahl zwischen 30 und 70 Prozent liegen. Somit lässt sich der Schlauch leicht mitführen und bietet eine hohe Beweglichkeit.

2.3.2 Strahlrohre

Grundsätzlich werden bei der Verwendung von Druckluftschaum keine besonderen Schaumrohre benötigt. Druckluftschaum wird mit Hohlstrahlrohren oder einfachen herkömmlichen Strahlrohren ausgebracht. Weiterhin existieren Sonderrohre für besondere Anwendungen. In Amerika werden hauptsächlich Vollstrahlrohre beziehungsweise nur Kugelhähne als optimal für Druckluftschaum-Einsätze angesehen. In Deutschland werden Druckluftschaumsysteme fast nur mit Hohlstrahlrohren verwendet. Zu bedenken ist, dass dabei der erzeugte Druckluftschaum dabei über einen Schlauch durch ein Hohlstrahlrohr gedrückt wird.

Dabei wirkt das Hohlstrahlrohr zunächst wie ein Sieb und zerstört den Druckluftschaum. Erst durch Turbulenzen wird dieser am Hohlstrahlrohrausgang wieder verschäumt. Hohlstrahlrohre können nasse Schäume bis zu einer Verschäumungszahl von fünf erzeugen. Sicherlich besitzt dieser Schaum keine der am Druckluftschaum-Aggregat eingestellten Eigenschaften mehr [DV1]. Nebenstehende Abbildung zeigt den schematischen Vergleich zwischen Hohlstrahlrohr und herkömmlichen Strahlrohr bei Verwendung von Druckluftschaum.

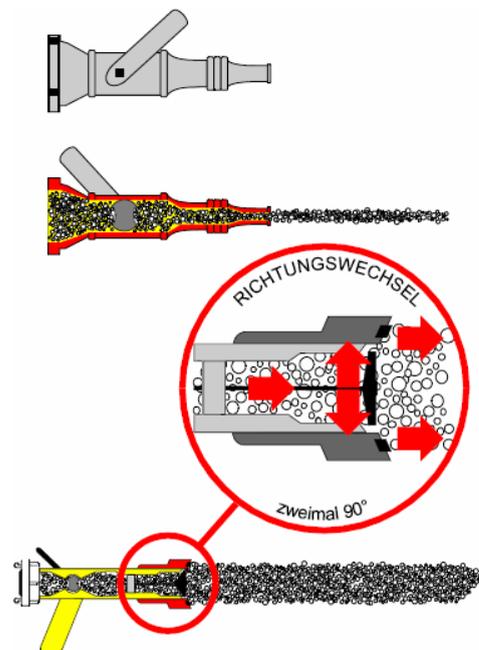


Abbildung 2-3: Hohlstrahlrohr und DLS [DV1]

3 Einsatzmöglichkeiten

Anfang November 2005 wurden bei der Berufsfeuerwehr Wuppertal einige Versuche mit einer Druckluftschaumanlage vorgenommen. Hierbei wurde die Verwendbarkeit von Druckluftschaum bei verschiedenen Einsatzszenarien erprobt. Die Bewertung der einzelnen Szenarien basiert im Wesentlichen auf dem subjektiven Empfinden der Strahlrohrführer. Die Ergebnisse dieser Versuche bilden die Grundlage für dieses Kapitel.

3.1 Fahrzeugbrand

Für den Versuch wurde ein PKW mittels fünf Litern Benzin in Brand gesetzt. Nach etwas über einer Minute stand das Fahrzeug in Vollbrand. Hiernach wurde ein Druckluftschaumrohr mit Runddüse vorgenommen. Das folgende Bild zeigt den Einsatz des Druckluftschaumrohres.



Abbildung 3-1: PKW Brand – Vornahme CAFS-Rohr [WU1]

Nach etwa 30 Sekunden war der Brand unter Kontrolle und es konnte schon mit den Nachlöscharbeiten begonnen werden. Dabei wurden gezielt Brandnester gelöscht. Nach einer Minute und 50 Sekunden kam es zu keiner Rückzündung mehr, der PKW Brand war gelöscht.

In den letzten 50 Jahren hat sich der Anteil der Kunststoffe auch im Kraftfahrzeugbereich deutlich erhöht. Armaturen, Isoliermaterial, imprägnierte und damit wasserabweisende Stoffe, sowie Reifen für Fahrzeuge, machen den Einsatz mit unbehandeltem Wasser zur Brandbekämpfung schwer. Gerade durch das Wiederentzünden von Fahrzeugreifen macht einen Schaumeinsatz unabdinglich. Das Druckluftschäum-Verfahren stellt den Schaum ohne Zeitverzug her. Der Aufbau von Zumischern und die Bereitstellung von Schaummittelbehältern entfallen. Bei einem Fahrzeugbrand kann in den meisten von einem kapitalen Totalverlust ausgegangen werden. Jedoch kann der schnelle Eingriff mit Druckluftschäum dazu beitragen, eine Belästigung durch Qualm und eine Ausbreitung auf angrenzende Objekte zu verhindern.

3.2 Flüssigkeitsbrand

Um einen Flüssigkeitsbrand nachzubilden, wurden in einer zwei Meter breiten und ein Meter tiefen Wanne 30 Liter Diesel entzündet. Nach einer Vorbrennzeit von 30 Sekunden wurde ein Druckluftschäumrohr mit Runddüse vorgenommen. Mit dem Auftragen des Druckluftschüms wurde gewartet bis eine konstante Qualität erreicht wurde. Als Schaummittel wurde auch hier Schaummittel für die Brandklasse A verwendet. Das folgende Bild zeigt die Vornahme des Druckluftschäumrohres.



Abbildung 3-2: Flüssigkeitsbrand – Vornahme CAFS-Rohr [WU1]

Der Flüssigkeitsbrand konnte innerhalb 30 Sekunden gelöscht werden. Abschließend war die gesamte Wanne mit Schaum bedeckt, sodass keine Rückzündungen mehr möglich waren.

Unbestritten ist die Notwendigkeit bei brennbaren Flüssigkeiten Schaum einzusetzen. Wichtig bei Einsatz von Druckluftschaum bei Flüssigkeitsbränden ist, dass der Löschstrahl nicht direkt in die Flüssigkeit gelenkt wird. Ansonsten kann es durch die Wucht des Druckluftschlams zum wegschleudern der brennbaren Flüssigkeit kommen. Eine Brandausbreitung kann nicht ausgeschlossen werden. Um dies zu Vermeiden, gibt es mehrere Möglichkeiten, um Flüssigkeitsbrände mit Druckluftschaum zu bekämpfen [ZI2].

3.2.1 Bank-Down-Methode

Eine Möglichkeit ist den Druckluftschaum indirekt aufzutragen. Dies kann unter zur Hilfenahme einer Reflektionsfläche erfolgen. Diese Methode wird auch als „Bank-Down-Methode“ bezeichnet. Dabei wird der Löschmittelstrahl gegen ein Objekt neben beziehungsweise über dem eigentlichen Ereignis gerichtet. Das abprallende Löschmittel soll auf die brennende Flüssigkeit fallen. Die folgende Abbildung zeigt schematisch die „Bank-Down-Methode“.



Abbildung 3-3: "Bank-Down-Methode"

3.2.2 Roll-Over-Methode

Ein anderer Weg ist die „Roll-Over-Methode“ – zu Deutsch „Überroll-Methode“. Dazu wird ein Schaumberg vor dem eigentlichen Brand aufgetürmt. Dieser wird mittels des Löschmittelstroms über die brennende Flüssigkeit geschoben. Der Brand wird mit

Druckluftschäum überrollt. Die nachstehende Abbildung zeigt schematisch die „Roll-Over-Methode“.

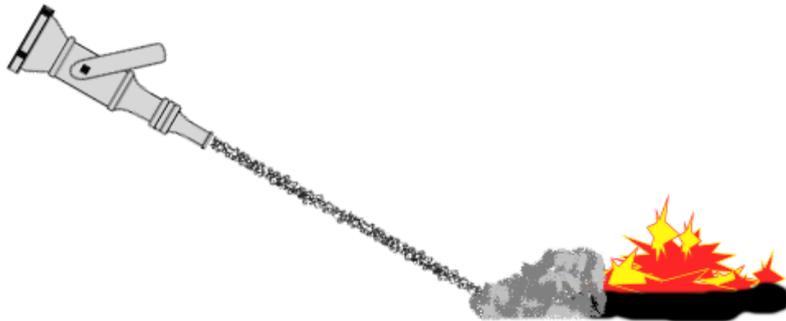


Abbildung 3-4: "Roll-Over-Methode"

3.2.3 Rain-Down-Methode

Als weitere Methode gibt es die so genannte „Rain-Down-Methode“ – zu Deutsch „Regenfall-Methode“. Dazu wird der Druckluftschaum mittels Sprühstrahl hoch über der brennenden Flüssigkeit geschwenkt. Der Druckluftschaum regnet über dem Brand ab und löscht diesen ab. Die folgende schematische Abbildung zeigt die „Rain-Down-Methode“.

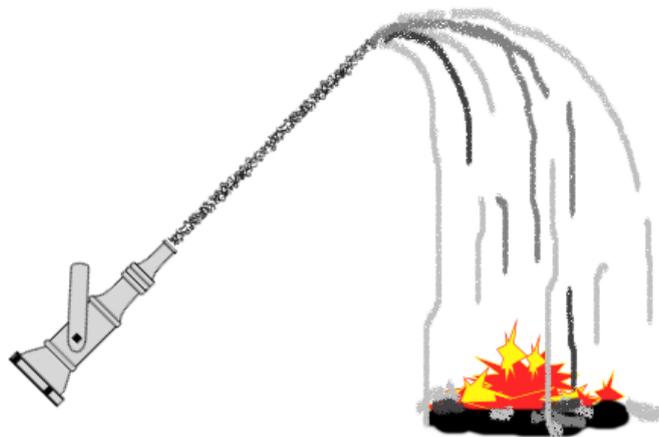


Abbildung 3-5: "Rain-Down-Methode"

Im Einsatzfall ist eine Kombination der genannten Methoden zu empfehlen. Soweit es möglich ist, sollten gleichzeitig mehrere Rohre mit häufigen Stellungswechseln vorgenommen werden. Auch macht es Sinn einen Einweiser für den Rohrführer bereit zu stellen, um ein gezieltes Ablöschen zu erreichen. Durch die Ausnutzung der

hervorragenden Wurfweite des Druckluftschlums kann ein deutlich erhöhter Sicherheitsabstand für die eingesetzten Kräfte zur Brandstelle gegenüber dem herkömmlich erzeugten Schlum erreicht werden.

3.3 Innenangriff

Ziel des Versuches war es einen „Flash-Over“ zu verhindern. Es wurde versucht eine Rauchgaskühlung mittels Impulslöschtechnik, Druckluftschlum und einem Strahlrohr mit Runddüse durchzuführen, vergleichbar wie es beim Vorgehen mit Hohlstrahlrohren geschieht. Zur Versuchsdurchführung wurden zehn Holzpaletten, sowie zwölf ein Quadratmeter große Spanplatten in einen „Flash-Over“-Container ohne Trennwand zwischen Brand- und Beobachtungsraum angesteckt. Der Brand wurde bis zu den ersten Anzeichen eines „Flash-Overs“ entwickelt. Nachdem der Brandrauch sich partiell entzündete, wurden kurze Löschimpulse von eins bis zwei Sekunden mit dem Strahlrohr in den Deckenbereich des Beobachtungsraumes abgegeben. Dabei prallte der Druckluftschlum wie bei der „Bank-Down-Methode“ von der Decke ab und verteilte sich großflächig im Raum. Eine Rauchgaskühlung ist damit sicherlich möglich, aber nicht so effektiv wie mit dem Sprühstrahl eines Hohlstrahlrohres. Als negativer Nebeneffekt konnte bei der Abgabe des Löschmittels gegen die Decke des Beobachtungsraumes eine kurze Intensitätszunahme im eigentlichen Brandraum beobachtet werden.

Abschließend wurde ein direkter Angriff in den Brandraum vorgenommen. Dabei kam es nach kurzer Zeit zu einem „Roll-Over“. Dieser wurde durch Änderungen von Druckverhältnissen im Brandraum verursacht, welche durch die Mitführung von Luft durch den Löschmittelstrahl resultierte. Es kam zu einer Intensivierung des Brandes, da die vorhandenen und unverbrannten Brandgase zündeten. Dabei wurde entstandener Wasserdampf in Richtung des vorgehenden Trupps gedrückt.

Bei einem Vollbrand ist es nötig, den gesamten Raum mit dem Löschmittel abzukühlen. Die Löschmittelabgabe im Impulslöschverfahren bleibt fast wirkungslos. Die flächendeckende Abgabe von Druckluftschlum ist mit der Runddüse nur schwer möglich. Jedoch konnte eine gute Löschwirkung erzielt werden, indem der Druckluftschlum in Form eines „Z“ im Deckenbereich aufgebracht wurde. Das prophylaktische Einschäumen der Decken- und Wandbereiche vor der Brandraumtür

wurde ebenfalls getestet, jedoch hatte diese Maßnahme keinen Einfluss auf die Entstehung und den Verlauf der Rauchgasdurchzündung.

Dieser Versuch im Innenangriff zeigt sehr nachdrücklich, dass der Innenangriff mit Runddüse nicht sehr sinnvoll ist, sondern sogar lebensgefährlich sein kann. Kommt es zu einer Betriebsstörung durch z.B. Schaummittelmangel oder fällt eine Komponente des Systems z.B. durch Störung der Druckluftanlage aus, so steht der vorgehende Trupp im Brandraum mit einem Wasser-Vollstrahl dem Brand unerwartet gegenüber. Nehmen wir eine 25 mm Runddüse und einen Pumpenausgangsdruck von fünf bar an, dann fließen um die 930 Liter Wasser pro Minute am Strahlrohr aus. Eine Einstellmöglichkeit des Strahls auf Sprühstrahl ist an dieser Art von Rohren nicht vorhanden. Betrachtet man diese Art der Wasserabgabe wird schnell klar, dass dies weder für einen effektiven Löschangriff, geschweige denn als Schutz gegen Flammen und Hitze geeignet ist. Die Runddüse ist nur im Außenangriff mit Druckluftschäum einzusetzen.

Im Innenangriff bei der Verwendung von Druckluftschäum ist immer ein Hohlstrahlrohr zu verwenden. Die Verschäumungszahl sollte dabei nicht größer als zehn gewählt werden, sodass immer ein nasser Schäum erzeugt wird. Die Durchflussmenge des Hohlstrahlrohres sollte mindesten 200 Liter pro Minute betragen. Bei 50 Prozent Luftanteil im Schlauch stehen dem Rohrführer weiterhin 100 Liter Wasser pro Minute zur Verfügung. Als optimal für die Druckluftschäumabgabe im Innenangriff werden verstellbare Hohlstrahlrohre mit einer Durchflussmenge von 300 bis 400 Litern pro Minute angesehen. Dadurch kann garantiert werden, dass immer genügend Wasser zum Kühlen des Brandgutes im Druckluftschäum enthalten ist [SF1]. So kann erreicht werden, dass es rasch zu einer Kühlung des gesamten Brandraumes, von Bauteilen und des Brandrauches kommt. Eine Kombination von direkten und indirekten Löschangriff und häufigen Stellungswechsel, sowie Bewegung des Strahlrohres in „Z“- oder „O“-Form unterstützt den zügigen Löscherfolg. Das Impulslöschverfahren sollte bei Druckluftschäum vermieden werden. Nachteilig ist der hohe Rückschlag des Hohlstrahlrohres beim Öffnen, welcher aufgrund des komprimierten Druckluftschüms im Schlauch entsteht. Sobald es zum Zusammenbrechen des Vollbrandes kommt, ist es möglich, die Durchflussraten zu verringern und gegebenenfalls auf trockenen Schäum zu wechseln. Das Nachlöschen kann mit trockenem Schäum erfolgen und dient vornehmlich dem Aufstößern und Ablöschen von restlichen Glutnestern. Dieses abgestufte Vorgehen vermindert in der Summe den Löschwasserschaden.

3.4 Außenangriff

Vornehmlich geht der Innenangriff vor dem Außenangriff. Bei der Vornahme eines Außenangriffs kann in den meisten Fällen von einem Vollbrand ausgegangen werden. Hierbei ist primär der Schutz umliegender Objekte wichtig. Dazu können Gebäudewände oder Brandwände mit Schaum belegt werden, um diese vor Strahlungswärme und Funkenflug zu schützen. Hierzu sind Hohlstrahlrohre und Strahlrohre mit Rundstrahldüse geeignet. Zunächst wird mit sehr nassem Schaum gearbeitet, um das beaufschlagte Objekt zu kühlen. Ein Kühlerfolg stellt sich ein, sobald der Schaum anfängt zu haften. Hiernach wird trockener Schaum auf die zu schützenden Flächen aufgetragen. Das folgende Bild zeigt eine mit trockenem Schaum eingeschäumte Wand.



Abbildung 3-6: mit trockenem Schaum beaufschlagtes Gebäude [SM1]

Da bei solchen Einsätzen in der Regel auch Rohre mit reinem Löschwasser vorgenommen werden, ist darauf zu achten, die schützende Schaumschicht nicht durch diese abzuwaschen. Sekundäres Ziel bei einem Vollbrand ist auch diesen Brand zu löschen. Hierzu müssen auf jeden Fall genügend Rohre mit Druckluftschaum eingesetzt werden. Auch eignen sich B-Hohlstrahlrohre zum „Knacken“ von großen Feuern. Hier ist ein häufiger Stellungswechsel und Bewegung am Strahlrohr für einen guten

Löscherfolg notwendig. Wo kein Einsatz von handgeführten Rohren möglich ist, können auch Werfer und Wenderohre mit Druckluftschäum eingesetzt werden. Bei umfangreichen Druckluftschäum-Einsätzen ist daran zu denken, rechtzeitig geeignetes Schäummittel nachzufordern. In den meisten Einsatzfällen wird sicherlich zusätzlich Wasser als Löschmittel genommen, da bei weiten nicht alle Löschfahrzeuge mit Druckluftschäumsystemen ausgestattet sind. Dabei ist es ratsam getrennte Abschnitte für Druckluftschäum und Wasser zu bilden. Hier sollte der Druckluftschäum an Gefahrenschwerpunkten eingesetzt werden. Dies kann auch die angesprochene Abschirmung von Objekten sein.

3.5 Nachlöscharbeiten

Für Nachlöscharbeiten wird empfohlen, einen trockenen Schäum einzusetzen. Gegebenenfalls kann die Zumischrate zusätzlich auf ein Prozent erhöht werden. Je nach Erreichbarkeit der Brand- und Glutnester kann der Ausgangsdruck heruntergefahren werden. Oftmals empfiehlt es sich, für die Nachlöscharbeiten mit Druckluftschäum Spezialrohre einzusetzen. Einige Spezialrohre sind in der folgenden Abbildung zu sehen.



Abbildung 3-7: Druckluftschäum Spezialrohre [Z11]

Auch schwer erreichbare Stellen eines Gebäudes, wie der Dachstuhl, können sehr effektiv mit Druckluftschäum überzogen werden. Dazu ist möglicherweise nicht einmal eine Drehleiter notwendig, da die guten Wurf- und Hafteigenschaften des Druckluftschüms ausgenutzt werden können.

3.6 Elektrische Anlagen

Der Brand in elektrischen Anlagen gehört zu den Standard-Einsätzen bei der Feuerwehr, da auch jeder Hausanschluss sowie die Hausinstallation hierzu zählt. Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen ist vornehmlich in der DIN VDE 0132 geregelt. Derzeit kennt diese Norm keine Druckluftschaumsysteme und Hohlstrahlrohre, somit wären diese Rohre für diese Art von Einsätzen nicht erlaubt. Gegenwärtig sind keine Unfälle mit Hohlstrahlrohren und Druckluftschaumsystemen durch elektrische Stromschläge bekannt.

Aufgrund der nicht ausreichend geltenden technischen Regeln sah sich die agf Nordrhein-Westfalen veranlasst, einen zeitgemäßen Vorschlag zu verfassen. Dabei wurden bis dahin in Abweichung zur DIN VDE 0132 einige feuerwehrtaktische Einsatzempfehlungen im Bereich elektrischer Anlagen beschlossen.

3.6.1 Elektrische Anlagen bis 1000 Volt

Elektrische Anlagen bis 1000 Volt sind vornehmlich in Wohn-, Büro- und Geschäftsgebäuden anzutreffen. Diese sind in der Regel die üblichen Hausanschlüsse. Bei einem Brandeinsatz sind diese in der Regel nicht stromlos. Auch sind die Lage des Hausanschlusses, Sicherungskasten und Leitungswege nicht bekannt oder durch das Brandereignis nicht erreichbar. Vorgehende Trupps unterliegen im Brandeinsatz erheblichen Sichtbehinderungen. Das Einhalten von theoretischen Abstandsregeln in der Praxis ist kaum möglich, ohne den Einsatzerfolg zu gefährden. Folgende Einsatzregeln für den Einsatz im Bereich elektrischer Anlagen bis 1000 Volt, die nicht sicher stromlos sind wurden formuliert [DV2]:

- Soweit ausreichend Zeit vorhanden ist, bzw. dies überhaupt möglich ist (Zugänglichkeit!), ist die elektrische Anlage am Sicherungskasten stromlos zu schalten und vor Wiedereinschalten zu sichern.
- Von geeignetem Personal (z.B. Stadtwerke, Stromversorger usw.) kann ggf. zusätzlich geerdet werden und/oder das Haus/Gebäude am Verteilerkasten stromlos geschaltet werden.
- Die Brandbekämpfung erfolgt grundsätzlich im Sprühstrahl und mit Wasserleistungen maximal 200 Liter pro Minute und weniger als 10 bar Pumpenausgangsdruck. Hohlstrahlrohre bieten dabei eine bessere

Sprühstrahlcharakteristik als CM-Rohre. Der Einsatz von Hochdruckanlagen ist grundsätzlich möglich, wenn ausschließlich Sprühstrahl gewählt wird.

- Einsatz- und deren Führungskräfte sind auf erkannte Gefahren (z.B. herabhängende Anschlussleitungen, verbrannte Anschlusskästen) hinzuweisen.
- Der Einsatz von Netzmitteln ist problemlos möglich.
- Der Einsatz von (Druckluft-)Schaum ist nach bisherigen Einsatzerfahrungen ebenfalls möglich. Unfälle aus der Anwendung von DLS im Bereich elektrischer Anlagen sind bisher nicht bekannt, obwohl diese Technik von einigen Feuerwehren schon jahrelang auch im Innenangriff benutzt wird.

3.6.2 Elektrische Anlagen über 1000 Volt

Elektrische Anlagen über 1000 Volt sind vornehmlich in Industrieanlagen, in Bereichen schienengebundener Fahrzeuge sowie bei Stromversorgern und deren Versorgungsanlagen inklusive den elektrischen Versorgungsleitungen anzutreffen. Vom agbf Nordrhein-Westfalen wurde folgendes formuliert [DV2]:

Ein Einsatz von Löschmitteln in diesen Bereichen ist nur zulässig, wenn

- die Anlagen sicher stromlos, geerdet und gegen Wiedereinschalten gesichert sind (das ist nur über die Energieversorger bzw. den Anlagenbetreiber möglich!), oder
- die aus der VDE 0132 bekannten Abstände eingehalten werden. Die Abstände gelten auch für HD-Anlagen mit vergleichbarer oder kleinerer Literleistung.
- Der Einsatz von Netzmitteln ist unter den genannten Bedingungen möglich.
- Der Einsatz von Schaum ist grundsätzlich nur möglich, wenn 1. erfüllt ist.

3.6.3 Elektrische Anlagen mit unklarer Spannung

Oftmals ist es schwer die Höhe der elektrischen Spannungen zu deuten oder zu erkennen. Hierzu wurde folgendes formuliert [DV2]:

- Bei unklaren Spannungsverhältnissen in elektrischen Anlagen ist vom höheren Risiko auszugehen. Es gelten die Regeln der VDE 0132.
- Nach bisherigen Erkenntnissen sind Hohlstrahlrohre bis 400 l/min bei den Abstandsregeln wie CM-Rohre zu betrachten, Hohlstrahlrohre mit höherer Literleistung wie BM-Rohre.

4 Unfallschutz

Seit dem Unfall während des Einsatzes am 17. Dezember 2005 in Tübingen mit Druckluftschaum wird viel über den Unfallschutz diskutiert. Viele Einsatzleiter und Führungskräfte scheuen sich, Druckluftschaum einzusetzen. Meist ist dies auf einen schlechten Informations- und Ausbildungsstand zurückzuführen. Eine schlecht ausgebildete Einsatzkraft wird die Vorteile von Druckluftschaumsystemen nie oder nur sehr unzureichend nutzen können. Eine undisziplinierte Einsatzkraft wird sich und den Einsatzerfolg gefährden. Dies gilt sicherlich für Druckluftschaumsysteme wie für jedes andere Einsatzgerät auch. Eine gute fundierte Ausbildung liefert den Grundstock für einen guten Unfallschutz.

Im Rahmen der Untersuchung des tödlichen Unfalls wurde festgestellt, dass Druckschläuche nach DIN 14811 beim Fördern von Druckluftschaum unter Wärmeeinwirkung wesentlich schneller zerplatzen als dies bei mit Wasser gefüllten Schläuchen der Fall ist. Dieses Phänomen wurde bisher weder in der Normung noch im Einsatzgeschehen berücksichtigt. Aus diesem Grunde soll bei Löscheinsätzen auf Druckluftschaum verzichtet werden, beziehungsweise dem Wasser-Schaummittelgemisch keine Druckluft zugeführt werden, wenn die Möglichkeit einer Wärmebeaufschlagung der Druckschläuche beispielsweise durch glühende, brennende oder anderweitig erwärmte Teile besteht. Im Innenangriff sollte immer die Stellung „Nass“ nach DIN V 14430 gewählt werden. Grundsätzlich sollte immer die Möglichkeit der Wärmebeaufschlagung im Brandeinsatz unabhängig vom Löschmittel beachtet werden. Abschließende Festlegungen sollen nach wissenschaftlichen Untersuchungen des Wärmeverhaltens durch den Fachnormenausschuss Feuerwehrwesen erfolgen [SA1].

4.1 Einsatzgrundsätze

Generell sind die Einsatzgrundsätze der „FwDV 7“, der aktuellen „FwDV 3“ und geltende Unfallverhütungsvorschriften beim Druckluftschaumeinsatz einzuhalten. Zusätzlich sollten folgende Einsatzgrundsätze für den Druckluftschaumeinsatz beachtet werden:

- nur einwandfrei eingebundene und unbeschädigte Schläuche verwenden
- nur einwandfrei funktionierende Armaturen zum Einsatz verwenden
- beim Auslegen der Schläuche unbedingt darauf zu achten ist, dass sie ohne Verdrehungen (Drall) oder Knicke ausgelegt sind
- bei Innenangriffen die Schläuche im Bogen entlang der Außenwand des Treppenhauses verlegen
- Schläuche nicht durch glühende, brennende oder anderweitig erwärmte Teile in Berührung bringen
- Wahl des oder der Strahlrohre in Abhängigkeit der Brandlast (Hohlstrahlrohr B oder C, Werferbetrieb, Wenderohrbetrieb...)
- Wahl des geeigneten Schaummittels
- Korrekte Einstellung des Nass-Trocken-Ventils beachten
- Ausgangsdruck der Lage und Aufgabe anpassen
- Vollständiges Öffnen des Strahlrohres beim Anfahren der Anlage
- kein stoßartiges Bedienen des Strahlrohres
- Rechtzeitiges Nachfordern von Schaummittel

Literaturverzeichnis

- [AF1] Dipl.-Ing. C. Axel Föhl: *Bewertung des DLS-Löschverfahrens*
<http://www.ciw.uni-karlsruhe.de/ffb/berichte/DLS2003.pdf>
- [BF1] Feuerwehr Ingolstadt - *Druckluftschäum*
http://www.ingolstadt.de/feuerwehr/Sachg_3/dls/dls.htm
- [BW1] Innenministerium Baden-Württemberg: *Einsatz von Druckluftschäum bei der Brandbekämpfung*
<http://www.innenministerium.baden-wuerttemberg.de>
- [DV1] Dr.-Ing. Holger de Vries, Hamburg: *"Kritische Betrachtung von wässrigen Löschmitteln und deren Löschtechnik unter besonderer Beachtung der Sicherheit der Einsatzkräfte"*
- [DV2] Dr.-Ing. Holger de Vries / Dipl.-Phys. Karsten Göwecke: *Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen*
- [FA1] Feuerwehr Ainring - Jörg Teering: *Was ist CAFS - Compressed Air Foam System?*
http://www.feuerwehr.ainring.de/cafs_ainring.htm
- [RS92] Schlobohm, Paul / Rochna, Ron: *An evaluation of foam as a fire suppressant*
- [SA1] Sachsen-Anhalt / Ministerium des Inneren: *Hinweise für den Einsatz von Druckluftschäum bei der Brandbekämpfung*
- [SF1] Silvio Faulstich: *Hohlstrahlrohre - Information für die Feuerwehren in Rheinland-Pfalz und Seminarbegleitende Unterlage - Stand: 05.2005*
- [SM1] Fa.Schmitz: *ONE SEVEN Grundvortrag 2002*
- [WI1] Wikipedia: *Druckluftschäum*
<http://de.wikipedia.org/wiki/Druckluftschäum>
- [WU1] BF Wuppertal – Herr Fuchs: *Test einer CAFS Anlage bei der Berufsfeuerwehr Wuppertal*
- [ZI1] Fa. Ziegler – Herr Schildknecht: *Grundlagen CAFS*
(BasicdPrä0206.ppt)
- [ZI2] Fa. Ziegler: *Einsatzgrundsätze zur Druckluftschäumbrandbekämpfung*
(CafsTaktik1.ppt)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: TS 8/8 Siegerin mit Luftschaum-System [SM1].....	1
Abbildung 2-1: Funktionsschema Druckluftschaumsystem [ZI1]	3
Abbildung 2-2: Blasenbildung – „One-Seven“-Effekt [SM1]	4
Abbildung 2-3: Hohlstrahlrohr und DLS [DV1]	7
Abbildung 3-1: PKW Brand – Vornahme CAFS-Rohr [WU1]	8
Abbildung 3-2: Flüssigkeitsbrand – Vornahme CAFS-Rohr [WU1].....	9
Abbildung 3-3: "Bank-Down-Methode"	10
Abbildung 3-4: "Roll-Over-Methode"	11
Abbildung 3-5: "Rain-Down-Methode"	11
Abbildung 3-6: mit trocken Schaum beaufschlagtes Gebäude [SM1]	14
Abbildung 3-7: Druckluftschaum Spezialrohre [ZI1]	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Brandversuch USA [FA1]	5
Tabelle 2: Masse der Schlauchinhalte bei 5 bar in kg [DV1].....	6
Tabelle 3: Masse der Schlauchinhalte bei 10 bar in kg [DV1].....	7

Erklärung

Hiermit versichere ich, Jan Tino Demel, dass ich diese Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die genannten Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Behörde vorgelegen.

Hagen, den 29. März 2006