



# Referat 5 des TWB AG Druckluftschaum

# Leistungsbuch Druckluftschaum



Titelbilder:

Stefan Rasch (Bilder 1 + 2)

Berliner Feuerwehr (Bilder 3 - 5)

Autoren:

Dipl.- Ing. (FH) Ulrich Braun, Berufsfeuerwehr Ingolstadt

Dipl.- Ing. Lutz Orlik, Berliner Feuerwehr

Ulrich Schumann, Convenor CEN TC 192 WG 2

Auftraggeber: Referat 5 – Brandbekämpfung- des Technisch Wissenschaftlichen Beirats der vfdb

Stand: November 2016

## **Vorwort**

Auf dem Titelblatt dieses Leistungsbuchs sind Bilder von zwei Bränden zu sehen, die erfolgreich und schnell von der Berliner Feuerwehr gelöscht wurden. Die oberen Bilder stammen vom 15. Februar 2015. An der Seydel- / Ecke Neue Grünstraße in Berlin-Mitte war gegen 1.40 Uhr in einem Wohn- und Geschäftshaus ein Feuer ausgebrochen. Beim Eintreffen der Brandbekämpfer stand bereits das gesamte Korea-Restaurant "Gung" im Erdgeschoss des siebengeschossigen Gebäudes im Vollbrand. Es bestand die Gefahr, dass sich die Flammen schnell auf die darüber liegenden Etagen ausbreiten. Durch den Einsatz von Druckluftschäum wurde dies verhindert und das Feuer in kurzer Zeit mit wenig Löschmittel gelöscht.

Die unteren Bilder entstanden am 13. November 2010 bei einem Dachstuhlbrand eines Hinterhauses in der Dolziger Straße in Berlin-Friedrichshain. Anfangs wurde versucht diesen Großbrand mittels Wasser mit 3 C-Rohren zu bekämpfen. Da sich keinerlei Löscherfolg einstellte, entschloss sich der Einsatzleiter Druckluftschäum einzusetzen. Auf Grund der außerordentlichen Wurfweite des Druckluftschüms gelang es von der Straße aus den gesamten Dachstuhl des Hinterhauses vom Korb der DLK aus mit dem Löschmittel zu erfassen. Innerhalb weniger Minuten waren die Flammen erloschen und die Nachlöscharbeiten konnten im Innenangriff, auch unter Anwendung von Druckluftschäum durchgeführt werden.

Worin liegt das Phänomen des Druckluftschüms und warum wird seine Anwendung zum Teil so kontrovers gesehen? Aus diese Fragen und dem Fakt, dass eine nicht unerhebliche Anzahl der Feuerwehren Druckluftschäum zur Brandbekämpfung einsetzen, hat es sich das Referat 5 des Technisch-Wissenschaftlichen Beirats der vfdb zur Aufgabe gemacht, zu dieser Thematik ein Leistungsbuch zu veröffentlichen.

Seit 1997 wird Druckluftschäum in Europa von den Feuerwehren mit unterschiedlicher Intensität eingesetzt. Dabei ist der Kenntnisstand der Anwender bezüglich dieser Technologie sehr uneinheitlich. In Ermangelung einer homogenen und unabhängigen Vorgabe sind die Feuerwehren mehr oder weniger auf die Informationen der Herstellerfirmen angewiesen. Das Referat 5 hat sich bemüht, die wesentlichen Fakten zu sammeln und zu bewerten. Inzwischen konnten auch einige unklare Details durch wissenschaftliche Versuche geklärt werden.

Das Leistungsbuch gliedert sich in die Kapitel Technik/Grundlagen, Taktik und Ausbildung. Am Ende des Leistungsbuches wird in Form von FAQ auf häufig im Zusammenhang mit dem Druckluftschäumseinsatz stehende Fragen eingegangen.

Da der Wissensstand zum Druckluftschäumeinsatz laufend ergänzt wird, ist es Ziel der Arbeitsgruppe Druckluftschäum, das vorliegende Leistungsbuch fortlaufend zu aktualisieren. Die letzte Überarbeitung erfolgte im November 2016. Auch die Anwender und Hersteller sind hiermit eingeladen, sich an dem Projekt aktiv zu beteiligen.

**Arbeitsgruppe Druckluftschäum  
des Referats 5 des TWB der vfdb**

November 2016

Inhaltsverzeichnis	Seite
I. Löschwirkung des Druckluftschaums .....	5
II. Technik .....	6
1. Bestandteile des Druckluftschaumsystems .....	6
a. Feuerlöschkreiselpumpe	
b. Druckzumisanlage	
c. Druckluftschaumanlage	
2. Druckluftschaum "Nass" und „Trocken“ .....	8
3. Sicherheitseinrichtungen .....	8
4. Schläuche und Armaturen .....	8
a. Schläuche	
b. Strahlrohre	
c. Spezialrohre	
5. Schaummittel .....	10
6. Kenngrößen und Überprüfungsöglichkeiten .....	11
a. Verschäumungszahl	
b. Verdrängung	
7. Hinweise für die Beschaffung .....	14
III. Taktik .....	16
1. Bereitstellung der Einsatzmittel .....	16
2. Anlagenbemessung für öffentliche Feuerwehren .....	16
3. Minimale Applikationsrate für brennbare feste Stoffe .....	17
4. Minimale Applikationsrate für brennbare flüssige Stoffe .....	17
5. Löschwirksamer Arbeitsbereich .....	18
6. Brandbekämpfung mit Druckluftschaum .....	19
7. Brandbekämpfung in Gebäuden .....	19
8. Der Löschzug im Druckluftschäumeinsatz .....	21
9. Umweltbilanz .....	21
IV. Aus- und Fortbildung .....	22
1. Maschinisten .....	22
2. Strahlrohrführer .....	23
3. Führungskräfte .....	25
V. FAQ .....	26
Quellenangabe .....	36

## I. Löschwirkung Druckluftschaum

Das Löschmittel Wasser besitzt eine sehr hohe Verdampfungswärme (2,26 MJ bei 100°C). Wird ein Liter Wasser von 15°C auf 100°C erwärmt sind nochmals 0,36 MJ erforderlich. Theoretische könnte mit einem Liter Wasser eine Wärmefreisetzung von 2,62 MW (entspricht 2,62 MJ) in einer Sekunde absorbiert werden (1 Ws = 1 J). Je kleiner der Tropfendurchmesser umso mehr Tropfen lassen sich aus einem Liter Wasser erzeugen. Dadurch vergrößert sich die Gesamtoberfläche. Dies erklärt das bessere Wärmeübergangsvermögen kleiner Tropfen [1].

Kleine Tropfen und brauchbare Verdampfungswerte erhält man nur im Nahbereich eines Sprühstrahles, indem man vorzugsweise den Brennstoff direkt mit Wasser beaufschlägt. Nachteile des Sprühstrahlverfahrens sind jedoch die geringe Reichweite und die damit verbundene Nähe des Angriffstrupps zum eigentlichen Brandherd sowie die mangelnde mechanische Wirkung des Löschmittelstrahls. Das Strahlbild eines Sprühstrahls ist nicht homogen und die Durchmesser der Tropfen nehmen bereits nach den ersten Metern an Größe zu.

Der Wirkungsgrad eines konventionellen Strahlrohres im Sprühstrahlmodus wird zwischen 20% [2] und 44% [7] angegeben.

Die Wirksamkeit des Löschwassers kann durch den Zusatz von Schaummittel erhöht werden. Dabei reichen 0,3 - 0,5% Zumischung aus, um die Oberflächenspannung zu senken. Die Tropfen werden dadurch um zirka 40% kleiner, was zu einem verbesserten Verdampfungswirkungsgrad führt [3]. Bei intensiven Bränden ist schon bedingt durch die Wärmestrahlung ein größerer Abstand einzuhalten. Das Strahlrohr wird dann mit Vollstrahl betrieben. Der Vollstrahl ist durch relativ große Tropfendurchmesser gekennzeichnet. Große Tropfen können ohne zu Verdampfen eine längere Wegstrecke zurücklegen, dafür nimmt das Wärmeübergangsvermögen mit zunehmenden Durchmessern ab. Insbesondere hohe Wasservolumenströme führen bei längerer Anwendung zu beachtlichen Wasserschäden.

Brennt ein Raum in voller Ausdehnung, sollten die Wassertropfen zwei unterschiedliche Aufgaben gleichzeitig erfüllen können [1,2,4]:

### (1) Wärmeentzug durch Verdampfen an Oberflächen.

Um die heißen Brandgase durchdringen zu können, müssen die Tropfen einen bestimmten Minstdurchmesser aufweisen. Diese Tropfen sollten noch in der Flüssigphase Wände, Decken und den Boden erreichen können.

### (2) Abkühlen der heißen Brandgase durch Verdünnen.

In der Regel werden die Wassertropfen im Bereich der Raumdecke verdampft. Der erzeugte Dampf mischt sich mit den Brandgasen. Dies führt zu einer Absenkung der Temperatur. Dazu sind Tropfen mit relativ kleinen Durchmessern erforderlich.

Druckluftschaum besteht aus einem Wasser-/ Schaummittelgemisch (in der Regel aus 99,5% Wasser und 0,5% Schaummittel) und Druckluft. Zusammen bildet dieses eine Schaumblasendispersion. Druckluftschaum weist eine homogene Schaumblasenstruktur mit Schaumblasendurchmesser von < 0,1 mm auf. Bei der Brandbekämpfung durchdringt der Druckluftschaum-Vollstrahl die Flammenzone ohne nennenswerte Verluste und haftet an den Oberflächen. Die Verweildauer des Druckluftschaumes auf den Brennstoffoberflächen verbessert den Wärmeübergang und erhöht somit die Verdampfungsrate.

Die Wärme dehnt die Luft in den Schaumblasen aus, bis diese platzen. Die wässrige Hülle der Schaumblase wird zerstäubt und verdampft nahezu vollständig [5]. Die Kühlwirkung des in den Schaumblasen gespeicherten Wasser-/Schaummittelgemischs (WS-Gemisch) steht eindeutig im Vordergrund. Der Anteil an Löschmittel, der nicht sofort verdampft, kann in die Oberflächen des Brennstoffes eindringen

(penetrieren) und bietet so einen zusätzlichen Schutz vor einer erneuten Rückzündung [5,6].

**Es ist ein wesentliches Kennzeichen des Druckluftschaums, dass hinsichtlich der Löschwirksamkeit zwischen dem Sprüh- und Vollstrahl kein Unterschied besteht.**

Beim Druckluftschäumlöschverfahren verdampft normalerweise mehr als 80% des ausgebrachten Wassers. An der Forschungsstelle für Brandschutztechnik in Karlsruhe konnte sogar ein Maximalwert von 88% nachgewiesen werden [7]. Einsatzkräfte berichten von besseren Sichtverhältnissen, die sich kurz nach dem Löschangriff einstellen [8]. Der hohe Verdampfungswirkungsgrad bewirkt zusätzlich einen Inertisierungseffekt, der unter bestimmten Bedingungen auch zu einem schlagartigen und nachhaltigen Zusammenbrechen der Flammen führen kann [5,9].

**Der Strahlrohrführer hat auch bei der Brandbekämpfung mit Druckluftschaum einen maßgeblichen Einfluss auf den Löscherfolg**

## II. Technik

### 1. Bestandteile eines Druckluftschaumsystems

Ein Druckluftschaum-Löschsystem besteht im Wesentlichen aus den folgenden Grundkomponenten:

**Feuerlöschkreiselpumpe (FP), Druckzumisanlage (DZA) und Druckluftschäumenlage (DLS)**

#### (a) Feuerlöschkreiselpumpe

Die Feuerlöschkreiselpumpe hat die Aufgabe das benötigte Löschwasser mit dem notwendigen Druck zu fördern. Die Anforderungen an die FP sind in der EN 1028 definiert.

#### (b) Druckzumisanlage

Die DZA hat die Aufgabe, ein WS-Gemisch herzustellen. In der von der FP kommenden Druckleitung wird überwiegend mit einem Durchflussmengen-Messgerät der Wasserförderstrom gemessen. Die Schaummittelpumpe dosiert dann anhand der Messdaten das Schaummittel in den Wasserförderstrom. Die Schaummittelpumpe ist mit einem Schaummitteltank verbunden. In der Druckleitung befindet sich nun ein WS-Gemisch, das auch als Schaummittellösung bezeichnet wird.

Die DIN EN 16327 [10] klassifiziert und beschreibt Anlagen, die dem Löschwasser nach der Feuerlöschkreiselpumpe unter Druck ein Schaummittel zuführen. Druckzumisanlagen müssen in der Lage sein, bei einem vorgegebenen Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) in einem Zumischbereich von 0,5% - 1,0% arbeiten zu können. Druckzumisanlagen sind zur Dosierung hochkonzentrierter Schaummittel erforderlich. Daher ist in DIN EN 16327 die Nennzumischrate mit 1% festgelegt. DZA können durchaus höhere oder auch niedrigere Zumischraten verarbeiten. Die Norm ist eine Mindestvorgabe.

DZA 200
DZA 400
DZA 800
DZA 1600
DZA 2400

*Kurzbezeichnung nach DIN EN 16327*

Die angegebene Zahl bezieht sich auf den Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) bei einer Zumischrate von 1%. Die Normbezeichnung ermöglicht dem Anwender eine Einteilung nach Anlagengröße. Die Größe der DZA sollte sich an dem maximal möglichen Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) des Druckluftschaumsystems orientieren. Bei einer DZA 800/0,3-3 beträgt der nutzbare Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) 800 l/min. Der Zumischbereich kann dabei von 0,3% bis 3,0% verändert werden.

### (c) Druckluftschaumanlage

Die DLS hat die Aufgabe dem durch die DZA erzeugten WS-Gemisch die Druckluft zur Aufschäumung zuzuführen. Dazu wird üblicherweise ein Kompressor als Druckluftquelle verwendet. Die Druckluft wird in einer Mischeinrichtung (auch als Mischkammer bezeichnet) in die Schaummittellösung gefördert. Nach der Mischeinrichtung befindet sich der fertige Druckluftschaum in den Druckleitungen.

Die DLS wird ebenfalls in der DIN EN 16327 beschrieben. Die Antriebsenergie für den Kompressor kommt bei Standard-Löschfahrzeugen, wie für die FP auch vom Antriebsmotor des Fahrgestells. Bei den verwendeten Kompressoren handelt es sich derzeit meist um Schraubenverdichter, welche sich bei anderen Anwendungen vielfach und dauerhaft bewährt haben.

Dabei existieren unterschiedliche Lösungen den Kompressors anzutreiben z.B.:

- Antrieb durch die Feuerlöschkreiselpumpe, über Getriebe und / oder Antriebsriemen.
- Hydrostatischer Antrieb über eine Ölpumpe am Nebenantrieb und einem Ölmotor am Kompressor.
- Antrieb über einen 2. Nebenantrieb am Fahrzeug mittels Gelenkwelle.
- Antrieb über ein Getriebe oder eine Riemenscheibe im Gelenkwellenstrang zwischen Nebenantrieb und FP.

Der Kompressor wird mit Öl geschmiert und gekühlt und benötigt deshalb einen Ölkühler und einen Separator, der das Öl nach Verlassen des Kompressors wieder von der Druckluft trennt. Kompressor und Separator können baulich zu einer Einheit zusammengefasst sein.

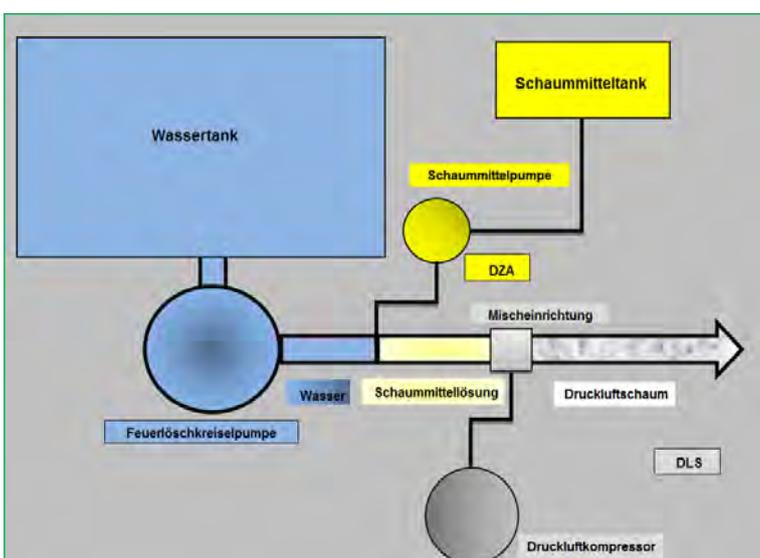
Löschfahrzeuge können über eine oder mehrere Mischeinrichtungen verfügen. Die Mischeinrichtung kann verstellbar sein, um bestimmte Zusammensetzungen des Schaums (II.2.) zu erzielen. Die Steuerung kann mechanisch oder elektronisch erfolgen.

In der DIN EN 16327 werden die Druckluftschaumanlagen klassifiziert:

Auch hier gibt die Zahl den Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) an. Die Druckluft (Luftförderstrom) dient dazu, um aus dem Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) eine Dispersion (Schwerschaum) herzustellen. Die Normbezeichnung Druckluftschaumanlage 800/2400 bedeutet daher, dass 800 l/min Löschmittel zu Druckluftschaum verarbeitet werden kann. Eine Kompressor-Luftansaugleistung von 2.400 l/min ist dazu mindestens erforderlich (Verhältnis 1:3). Das bedeutet, dass der verwendete Kompressor mindestens

DLS 200
DLS 400
DLS 800
DLS 1600

*Kurzbezeichnung nach DIN EN 16327*



*Schematische Darstellung eines Druckluftschausystems. Mischeinrichtungen und Regelelektronik sind hier nicht abgebildet.*

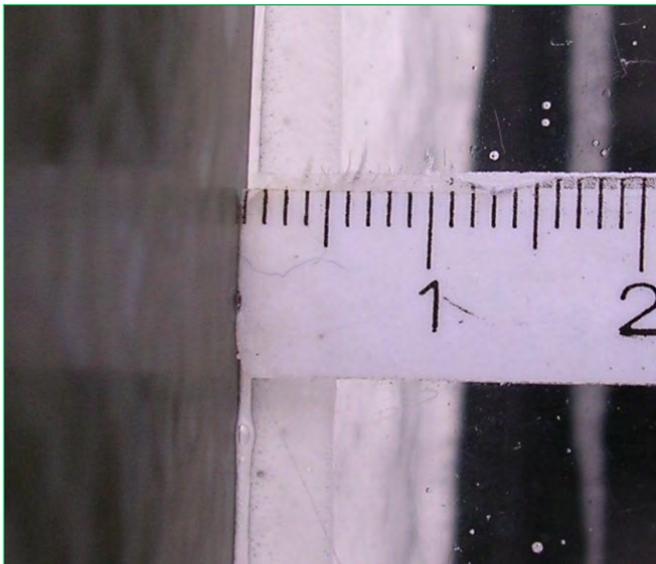
dreimal so viel Luft fördern können muss, wie der Betrag des Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) der DLS beträgt. Die Angabe der Kompressorleistung bezieht sich immer auf Normaldruck, d.h. die Menge der angesaugten, noch nicht verdichteten, Luft in l/min. Der Regel- und Steuerungstechnik verhindert unerwünschte Betriebszustände und sorgt für einen sicheren Betrieb. Der Arbeitsdruck einer DLS bewegt sich zwischen 5 und 10 bar, wobei ca. 7 bar der übliche Betriebsdruck ist. Eine DLS muss mindestens Nassschaum (1:3) herstellen können. Die erzeugten Schäume werden nachfolgend näher erklärt.

## 2. Druckluftschäum „Nass“ und „Trocken“

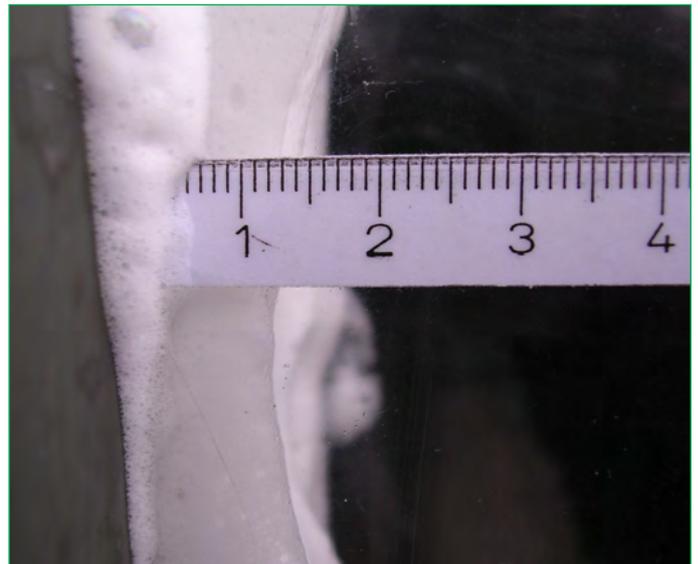
Druckluftschäum kann in unterschiedlichen Zusammensetzungen (Nass und Trocken) hergestellt werden. Hierzu wird in den Anlagen das Verhältnis zwischen Flüssigkeit und Luft geregelt. Zur Erzeugung von Nassschäum wird mehr Flüssigkeit, zur Erzeugung von Trockenschäum weniger Flüssigkeit mit der Druckluft zusammengeführt.

Die Zusammensetzung des Druckluftschäums wird, außer von der Anlage und dem verwendeten Strahlrohr auch vom verwendeten Schaummittel und dessen Dosierung beeinflusst.

Nasser Druckluftschäum kann mit geeigneten Hohlstrahlrohren ausgebracht werden. Trockener Druckluftschäum kann nur mit Strahlrohren hergestellt werden, welche innen keine Einbauten besitzen, zum Beispiel Rundstrahldüsen.



*Druckluftschäum „NASS“ Schichthöhe ca.. 5mm*



*Druckluftschäum „TROCKEN“ Schichthöhe ca.. 15mm*

## 3. Sicherheitseinrichtungen

- Ein Ausfall einzelner Komponenten (DZA/DLS) ermöglicht immer noch den gesicherten Betrieb der Feuerlöschkreiselpumpe.
- Die Druckluftzufuhr ist erst dann zulässig, wenn Wasser und Schaummittel gefördert werden.
- Der Anlagendruck ist bei Druckluftschäumbetrieb auf 10 bar beschränkt, da sonst unzulässige Reaktionskräfte auf die Strahlrohre wirken könnten.
- Bei der Löschmittelabgabe mit dem Strahlrohr dürfen keine plötzlichen Druckstöße auftreten.

## 4. Schläuche und Armaturen

### a. Schläuche

Bei den Druckschläuchen ist ein Mindestquerschnitt von 32 mm einzuhalten. Unabhängig vom eingesetzten Lösungsverfahren sollten insbesondere für den Innenangriff hochwertige Druckschläuche in der Leistungsstufe 2 nach DIN 14811 [11] verwendet werden. Diese Schläuche halten einer höheren mechanischen Belastung stand. Auf die Fachempfehlung Nr. 2 vom 30. Juli 2015 des Fachausschusses Technik der deutschen Feuerwehren wird verwiesen.



Rundstrahldüse 25 mm Durchmesser



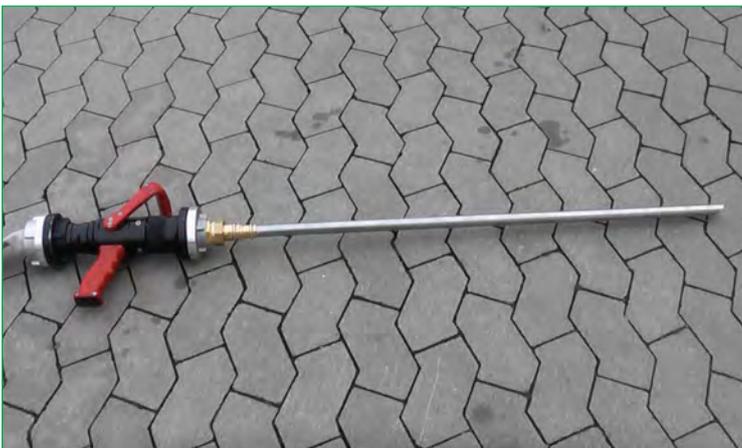
Hohlstrahlrohr Einstellung 500 l/min

## b. Strahlrohre

Bei Betrieb des Druckluftschaumsystems befindet sich neben dem Löschmittel komprimierte Luft in den Leitungen, Schläuchen und Armaturen. Dadurch reduziert sich gleichzeitig der Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch). Um eine ausreichende Durchflussmenge und Verschäumung (II.6.) zu ermöglichen, sind Strahlrohre zu verwenden, die entsprechende Mindestdüsenquerschnitte aufweisen. Bei Rundstrahldüsen sind dies 19 mm und bei den Hohlstrahlrohren sollte die Mindesteinstellung 300 l/min betragen. Erklärung: Bei dieser Einstellung fördert das System komprimierte Luft mit zirka 100 l/min (Druckluftkompressor 7 bar:  $7 * 100 = 700$  Liter Luft/oder 700 Liter auf 100 Liter komprimiert) und Löschmittel mit 200 l/min.

## c. Spezialrohre

Diese Rohre sind sehr hilfreich bei der Brandbekämpfung von Glutnestern, auch bei unzugänglichen Bereichen. Sonderrohre ermöglichen den Druckluftschäum in Hohlräume, Schüttgut, etc. zu pressen. Meist wird dann in der Einstellung „Trocken“ gearbeitet. Ein Mindestrohrdurchmesser von 19 mm ist einzuhalten.



Schaltorgan mit einem Spezialrohr, geeignet zur Beschäumung von Hohlräumen und Schüttgut.



Nahaufnahme des Spezialrohres. Daneben ein Sprinklerrohr.

## 5. Schaummittel

Grundsätzlich ist die Herstellung von Druckluftschäum mit allen Schaummitteln möglich, die zur Erzeugung von Schwertschaum zugelassen sind. Fragen bezüglich der Materialbeständigkeit der Druckzumischanlage und der Viskosität des Schaummittels sind mit dem Hersteller zu klären. Wichtige Details zum Schaummittel können dem Produkt-Datenblatt entnommen werden.

Die Druckzumischanlagen sind für die Dosierung hochkonzentrierter Schaummittel konzipiert worden. Aus logistischen Gründen empfiehlt es sich, diese auch zu verwenden. Die öffentlichen Feuerwehren sind bei der Brandbekämpfung überwiegend mit brennbaren festen Stoffen konfrontiert. Hochkonzentrierte synthetische Schaummittel sind für diese Aufgabe bestens geeignet. Diese Schaummittel werden im englischsprachigen Raum als „Class A Foam“ bezeichnet. Moderne Schaummittel sind in der Lage, mit einer Zumischrate von weniger als 1 Vol. % Schwertschaum zu erzeugen, der sowohl brennbare feste Stoffe als auch nicht polare brennbare Flüssigkeiten löschen kann.

Das Schaummittel STHAMEX-class-A ist beispielsweise nach Herstellerangaben für die Erzeugung von Schwertschaum gegen die Brände der Brandklasse A und B nach DIN EN 1568 Teil 1, 3 zugelassen.

Da Proteinschaummittel von den öffentlichen Feuerwehren kaum genutzt werden, sind diese in der Tabelle auch nicht berücksichtigt.

### Schwertschaummittel zur Erzeugung von Druckluftschäum

Synthetische Schaummittel	Class A Schaummittel	Mehrbereichs-schaummittel	AFFF + AFFF Alkoholbeständig
Zumischrate	< 1%	1 - 3%	1 - 6%
Feststoffbrände	ja	ja	nein (Umweltschutz)
Flüssigkeitsbrände (Lachenbrände)	ja < 100 m <sup>2</sup>	ja < 100 m <sup>2</sup>	ja > 100 m <sup>2</sup>
Zulassung nach EN 1568 für die Brandklasse B	ja	ja	ja
Persistente organische Schadstoffe	ohne PFC	ohne PFC	PFC vorhanden
Einleitung in die Kanalisation / Kläranlage [27]	ja	ja	nein (Umweltschutz)
Biologisch abbaubar	ja	ja	Persistente organische Schadstoffe

PFC: poly- oder perfluorierte Chemikalien

Werden im Schutzbereich der Feuerwehr brennbare Flüssigkeiten in größeren Mengen verarbeitet, gelagert oder transportiert, sind filmbildende Schaummittel, wie Aqueous Film Forming Foam (Abk.: „AFFF“), effektiver. Bei AFFF wird neben dem Schaum noch ein dünner Wasserfilm gebildet, der die Emulsion von Brennstoff und Schaum verhindert. Dies führt zu einer verbesserten Löschwirkung und bewirkt einen zusätzlichen Schutz gegen Rückzündungen. Mit AFFF bzw. alkoholbeständigen AFFF lässt sich problemlos Druckluftschäum herstellen. Ziel ist es, so schnell wie möglich einen Löscherfolg zu erhalten. Gerade bei ausgedehnten Flüssigkeitsbränden ist die Verwendung von AFFF immer noch unumgänglich.

Auch die Frage bezüglich der Alkoholbeständigkeit des Schaumbildners ist in Abhängigkeit der Schutzziele zu berücksichtigen.

Es besteht auch die Möglichkeit zwei unterschiedliche Schaummittel auf den Fahrzeugen mit zu führen. Dazu sind dann zwei Behälter mit einem Umschaltventil einzubauen. Die vom Hersteller empfohlene Zumischrate sollte sich beim Umschaltvorgang von Tank A auf Tank B automatisch umstellen.

## 6. Kenngrößen und Überprüfungsmöglichkeiten

Die Verschäumungszahlen bzw. Verdrängungswerte sollten anfangs im Rahmen einer Abnahme für jedes Fahrzeug beim Hersteller aufgenommen werden. Diese dienen nach Reparaturen bzw. Wartungsarbeiten als Vergleichswerte. Sollte von den Fahrzeugbesatzungen die Meldung kommen, dass die Schaumqualität sich verschlechtert hat, können die Abnahmewerte zum Vergleich heran gezogen werden. Mit der Verschäumungszahl lässt sich die Qualität des Endproduktes feststellen. Mit der Verdrängung kann der Anteil der Druckluft in den Leitungen bestimmt werden, wenn anzunehmen ist, dass die Anlage fehlerhaft arbeitet.

### a. Verschäumungszahl (VZ)

Die Vergrößerung des Flüssigkeitsvolumens durch die Verwirbelung mit der Luft wird Verschäumungszahl genannt. Eine VZ von 5 bedeutet, dass das ursprüngliche Flüssigkeitsvolumen durch die Verwirbelung mit der Luft eine 5-fache Volumenvergrößerung erfahren hat. 1 Liter Schaummittellösung wird mit 4 Liter Luft zu 5 Liter Schwerschaum verarbeitet. Die Verschäumungszahl wird mit einer Messapparatur nach EN 1568 [12] bestimmt.



*Das Bild zeigt die Auffangvorrichtung nach EN 1568. Der Schaumstrahl ist auf die Fläche abregnen zu lassen, dazu wird der Abstand zum Strahlrohr entsprechend angepasst.*

*Zunächst wird das maximale Volumen und das Leergewicht des Messbehälters bestimmt.*

*Der Messbehälter wird dann mit Schaum gefüllt und anschließend gewogen. Von der Gesamtmasse wird das Behältergewicht abgezogen und dieser Wert durch das Volumen dividiert.*

*Dadurch erhält man einen dimensionslosen Wert, die Verschäumungszahl.*

Ausgangsdruck FP [bar]	8	8	8
Luft komprimiert [l/min]	100	150	175
WS-Gemisch [l/min]	200	300	350
Luft entspannt [l/min]	800	1.200	1.400
Schaumvolumen	1.000	1.500	1.750
Verschäumungszahl	5	5	5
Wasseranteil im Schaumvolumen	20%	20%	20%

Spalte 1: Das Druckluftschaumsystem fördert in der Schlauchleitung Druckluftschaum, bestehend aus 100 l/min komprimierte Luft und 200 l/min Wasser-/Schaummittelgemisch bei einem Ausgangsdruck von 8 bar. Nach dem Verlassen des Strahlrohres entspannt die Druckluft zu 800 l/min Luft. Je Minute wird ein Schaumvolumen von 1.000 Liter hergestellt. Die Verschäumungszahl ist 5 (200 Liter Flüssigkeit in 1.000 Liter Schaum = 20%).

### Einfluss des Strahlrohrs:

Unbeachtet einsatztaktischer Aspekte bringen einfache Rundstrahldüsen ohne strömungstechnische Einbauten die höchste Verschäumungszahl. Bei Hohlstrahlrohren ist vorzugsweise eine Einstellung von 400 l/min zu wählen. Hohlstrahlrohre sind für die Ausbringung von Trockenschaum nicht geeignet. Automatik-Strahlrohre bzw. die Einstellung „Automatic“ sind ebenfalls nicht geeignet. Falls die Hohlstrahlrohre über eine „CAFS“ oder „Low-Pressure“ Einstellung verfügen, ist diese zu verwenden.

### Die DIN EN 16327 legt fest:

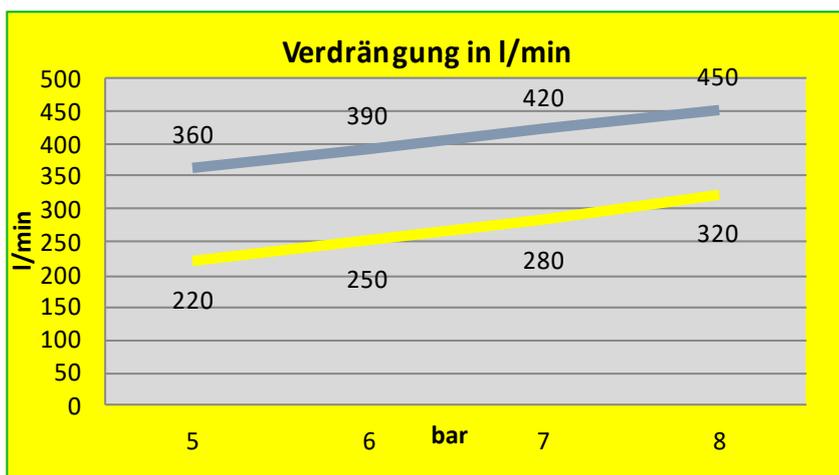
- Nassschaum: Verschäumungszahl zwischen 4 und 11
- Trockenschaum: Verschäumungszahl VZ >11

Strahlrohr	Hohlstrahlrohr	Rundstrahldüse	Rundstrahldüse
Konsistenz	Nass	Nass	Trocken
Löschmittelförderstrom	225 l/min	225 l/min	70 l/min
Zumischrate	0,5 %	0,5 %	1,0 %
Anlagendruck	7 bar	7 bar	7 bar
Verschäumungszahl	4	7	24

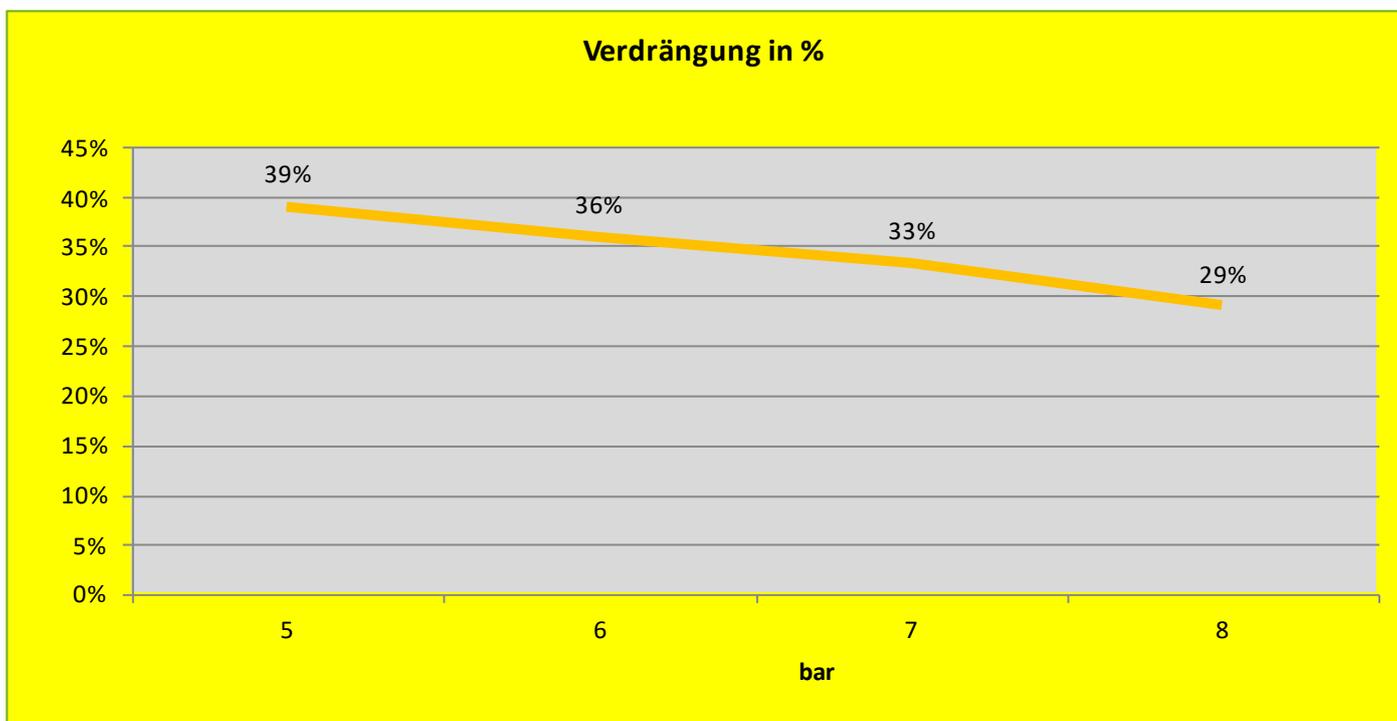
### b. Verdrängung

In den Leitungen der Anlage befindet sich nach der Mischeinrichtung komprimierte Luft zusammen mit einem nicht komprimierbaren Anteil des Löschmittels.

Bei der Förderung ist in den Leitungen bereits ein homogenes Gemisch (Dispersion) vorhanden. Dabei ist ein Anteil von 30 % Druckluft in B- Schläuchen erforderlich [13], um Druckluftschaum erzeugen zu können. In C- Schläuchen beträgt der Anteil zirka 25%.



Die Graphik zeigt den Test einer Anlage mit einem AWG Hohlstrahlrohr (HSR) eingestellt auf 400 l/min. Bei Wasserbetrieb mit 5 bar lieferte das HSR 360 l/min (blaue Linie). Wird das Druckluftschaumsystem ebenfalls mit 5 bar betrieben, reduziert sich der Löschmittelförderstrom – um den Druckluftanteil - auf 220 l/min (gelbe Linie). Dieser Effekt wird als Verdrängung bezeichnet.



### Bestimmung der Verdrängung:

Der Förderstrom ist im Wasserbetrieb bei 5,6,7 und 8 bar abzulesen. Anschließend ist der Vorgang im Druckluftschaubetrieb zu wiederholen. Bei unterschiedlichen Förderströmen und bei gleichen Ausgangsdrücken zeigen diese den Anteil der Druckluft in den Leitungen.

Der Druckluftanteil im Schlauch kann auch durch Wiegen ermittelt werden. Die Verdrängung ändert sich mit dem Querschnitt der Förderleitung. Im B-Schlauch sind die Verhältnisse weitgehend mit denen in der Anlage gleich. Im C-Schlauch fällt die Verdrängung niedriger aus. Der Wasserförderstrom bleibt immer konstant, die Verdrängung ändert sich mit dem Querschnitt der Förderleitung. Ein kurzes C42-3m Probestück wird mit zwei an den Enden befindlichen Kugelhähnen eingekuppelt. Während der Löschmittelabgabe sind die beiden Kugelhähne möglichst gleichzeitig zu schließen, da der Fließdruck gemessen werden soll, nicht der statische Druck. Nach dem Auskuppeln wird das Gewicht des Probestückes ermittelt. Die erste Messung erfolgt mit Wasser, danach mit Druckluftschaum bei gleichem Ausgangsdruck (z.B.: 5 bar). Anlagen (mit variablen Drücken) versuchen immer den Kompressordruck an den Kreiselpendruck anzugleichen. Dies führt zu Schwankungen. Deshalb sollte vor dem Schließen der Kugelhähne mindestens 30 Sekunden Löschmittel abgegeben werden. Die Gewichtsbestimmung mit Druckluftschaum ist 3 mal zu wiederholen. Die Abweichung vom Mittelwert sollte nicht größer 0,2 Kg sein. Wird der Ausgangsdruck der Anlage erhöht, dann reduziert sich die Verdrängung

### Folgende Geräte werden benötigt:

- 1 BC- Übergangsstück am Fahrzeug
- 1 C42-15m
- 1 Verteiler vor dem Probestück (zur Druckentlastung)
- 1 Probestück C42-3m mit zwei Kugelhähnen
- 1 C42-15m
- 1 Strahlrohr
- 1 geeignete Waage

bar	Wasser	CAFS nass	Verdrängung	%
5	9,1 Kg	6,7 Kg	2,4	<b>26%</b>

## 7. Hinweise für die Beschaffung

Ausgehend von den einsatztaktischen Mindestvorgaben (siehe III.2. und 3.) werden anhand eines Beispiels (Druckluftschaumanlage für ein HLF 20) folgende Empfehlung für die Beschaffung gegeben:

- FPN 10-2000 (Normforderung)
- DZA 800 (Mindestanforderung)
- DLS 800
- Wassertank 1.600 l
- Schaummitteltank 120 l (Class A Schaummittel 0,5 %)

Die Anzahl der Schalthandlungen zur Aktivierung der Anlage ist zu begrenzen.

- Anlage ein
- Drehzahl erhöhen
- Abgang öffnen
- Abnahme von 800 Liter Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) vorzugsweise von einem B-Abgang

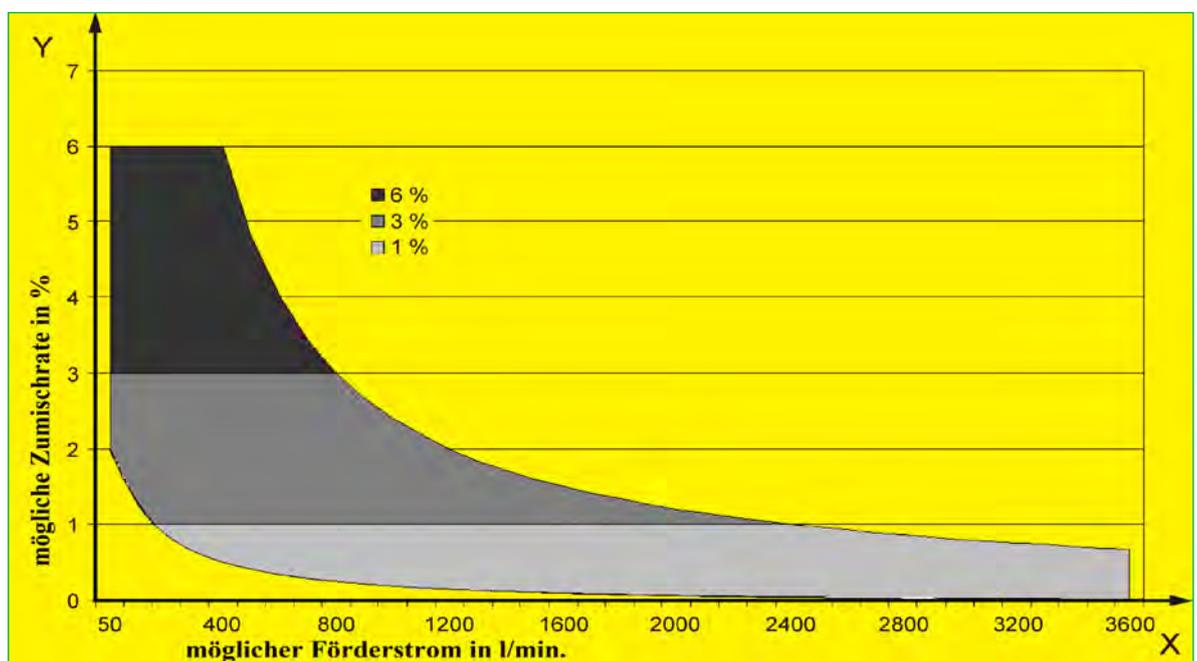
Der aktuelle Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch in l/min) ist am Pumpenbedienstand anzuzeigen.

Der Gesamtverbrauch sollte in einem Datenspeicher zum nachträglichen Auslesen abgelegt werden. Die Materialbeständigkeit der DZA ist auf das verwendete Schaummittel (i.d.R. Class A Foam) auszulegen, so dass kein Spülvorgang erforderlich ist.

Der Hersteller hat dem Anwender folgende Daten offen zu legen:

- Ein Diagramm das den Arbeitsbereich der DZA und der DLS darstellt (Anhang B und C der EN 16327).
- Ein Anlagendiagramm das die Komponenten der DLS zeigt (Anhang E der EN 16327).
- Den maximalen Nennförderstrom der Schaummittellösung sowie den maximalen Nenn-Luftstrom und das einstellbare Verhältnis dazu.
- Den maximalen Förderstrom der Schaummittellösung der von einem Abgang abgenommen werden kann.
- Abnahmebericht über die erreichbare Verschäumungszahl und die Verdrängungsleistung.

Musterdiagramm  
Arbeitsbereich  
einer DZA



## Musterdiagramm Arbeitsbereich aus EN 16327



Die Y-Achse zeigt den Nennförderstrom in l/min an. Die X-Achse gibt die einstellbaren Verhältnisse (Flüssigkeit/Luft) an. 2 gibt den bei einem bestimmten Verhältnis geförderten Volumenstrom WS- Gemisch in l/min an. 1 zeigt den Volumenstrom Luft ebenfalls in l/min.

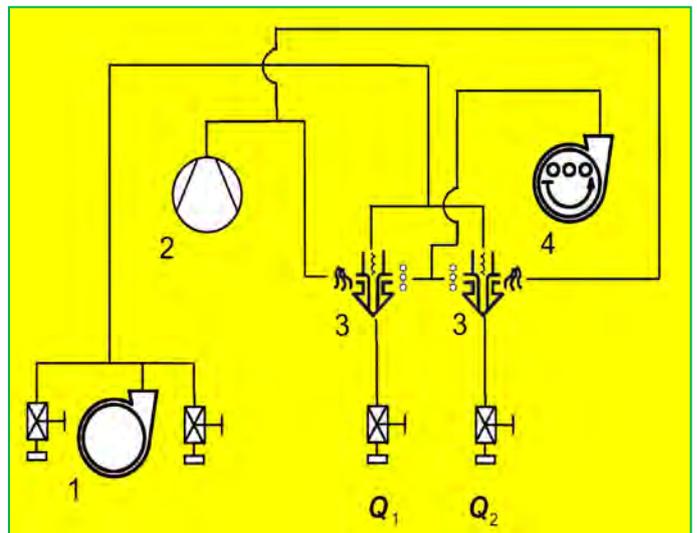
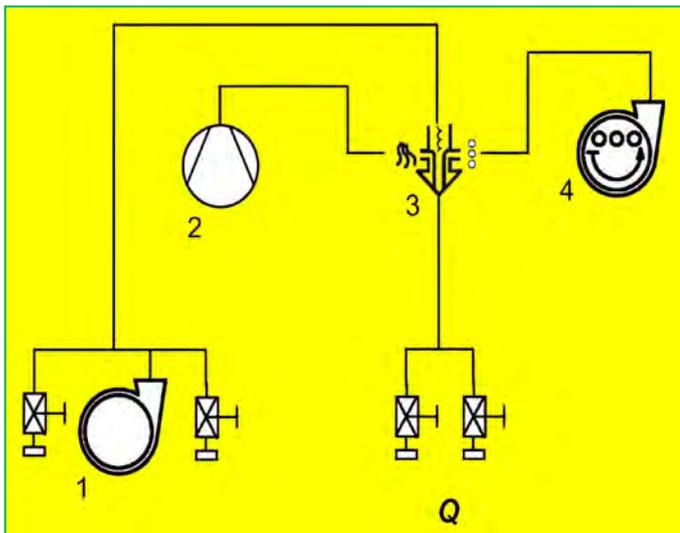


Diagramme aus EN 16327. 1: Feuerlöschkreiselpumpe; 2: Luftkompressor; 3: Mischeinrichtung; 4: Schaummittelpumpe. Links DLS Anlage mit einer Mischeinrichtung, rechts mit zwei Mischeinrichtungen. Der Anwender sollte in jedem Fall die möglichen Volumenströme in Form von WS- Gemisch und l/min kennen, hier mit Q bzw.  $Q_1$  und  $Q_2$  bezeichnet.

### III. Taktik

#### 1. Bereitstellung der Einsatzmittel

Um die Vorteile des Druckluftschumes effektiv nutzen zu können, sollten möglichst viele Löschfahrzeuge mit dieser Technik ausgestattet sein. Die Vorteile dieser Technologie kommen erst dann vollständig zur Geltung, wenn ausschließlich mit Druckluftschaum gearbeitet wird. Es geht hier nicht um die Vornahme eines einzelnen Sonderrohres sondern um die vollständige Umstellung auf eine zukunftsweisende Technologie.

Mit der parallelen Anwendung von Druckluftschaum, Wasser und/oder Netzmittel wird der aufgetragene Schaum wieder weggespült. Die positive Wirkung der Dispersion wird dadurch eingeschränkt oder sogar aufgehoben. Die Anwendung unterschiedlicher Löschmittel kann verhindert werden, durch:

- Abschnittsbildung und Trennung von Wassereinsatz und DLS, oder
- der ausschließlichen Anwendung von Druckluftschaum.

Eine Kombination aus Wasser, Netzmittel und Druckluftschaum führt auch zu erheblichen Mengen an ungenutztem Löschwasser in Verbindung mit entsprechenden Schaumbergen. Diese Schaumberge kommen zustande, wenn mit großen Mengen Wasser der bereits eingebrachte Druckluftschaum vermischt wird. Der Effekt ist ähnlich einer Badewanne, die mit einer Schaummittellösung gefüllt ist, und das nachlaufende Wasser aus der Leitung zur Entstehung großvolumiger Schaumblasen führt.

**Nur die ausschließliche und gezielte Nutzung von Druckluftschaum verhindert Löschwasserschäden und Schaumberge an der Einsatzstelle.**

#### 2. Anlagenbemessung für öffentliche Feuerwehren

Öffentliche Feuerwehren sollten ausreichend leistungsfähige Druckluftschäumenanlagen verwenden. Die Leistungsfähigkeit wird durch den Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) bestimmt. Anlagen sind ausreichend dimensioniert, wenn diese:

- den gleichzeitigen Betrieb von 2 bis 3 Hohlstrahlrohren, oder
- einen Werfer am Boden, oder einen Werfer von einer Drehleiter aus ermöglichen.

Wird über den Korb der Drehleiter ein Außenangriff geführt, ist eine Applikationsrate von 800 l/min notwendig. Ein geringerer Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) würde bei einem offenen Dachstuhlbrand



*Schaumberge entstehen vor allem durch die gleichzeitige Verwendung von Schaum und Wasser*



*Ausschließliche und moderate Anwendung von Druckluftschaum führt nicht zu unerwünschten Schaumbergen*

nicht über die erforderliche Reichweite verfügen. Bereits bei einem geringen Seitenwind würde der Löschmittelstrahl unzulässig abgelenkt werden und zu wenig Löschmittel am Objekt ankommen.

Anlagen mit der Bezeichnung DIN EN 16327- CAFE 800/2400 erfüllen diese Vorgaben, sofern der Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) von 800 l/min an mindestens einem B-Abgang abgenommen werden kann.

### 3. Minimale Applikationsrate für brennbare feste Stoffe

Bei Druckluftschaubetrieb sollte grundsätzlich ein Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) von mindestens 200 l/min möglich sein.

In der Praxis hat sich nachfolgende Faustformel bewährt:  $\text{Brandfläche in m}^2 \times 4 = \text{Löschmittelförderstrom in l/min (WS-Gemisch)}$

### 4. Minimale Applikationsrate für brennbare flüssige Stoffe

Hier existieren normative Vorgaben, die in der National Fire Protection Association (NFPA) 11 [14] veröffentlicht sind: Wird Druckluftschaum verwendet, dann mit mindestens 1,63 l/min je m<sup>2</sup> für Kohlenwasserstoffbrände und 2,3 l/min je m<sup>2</sup> für Alkohol- und Ketonbrände. Brennbare Flüssigkeiten besitzen ein hohes Gefährdungspotential. Eine Mindestapplikation von 200 l/min ist daher zwingend erforderlich. Die Brandbekämpfung flüssiger Stoffe setzt ein entsprechendes Training voraus.

Eine direkte Brandbekämpfung ist hier nicht möglich. Da der Löschmittelstrahl in der Regel an einem Objekt (Behälter, Bauteil, etc.) reflektiert werden muss, sind schon deshalb entsprechende Abstände einzuhalten.



*Strahl abregnen lassen*



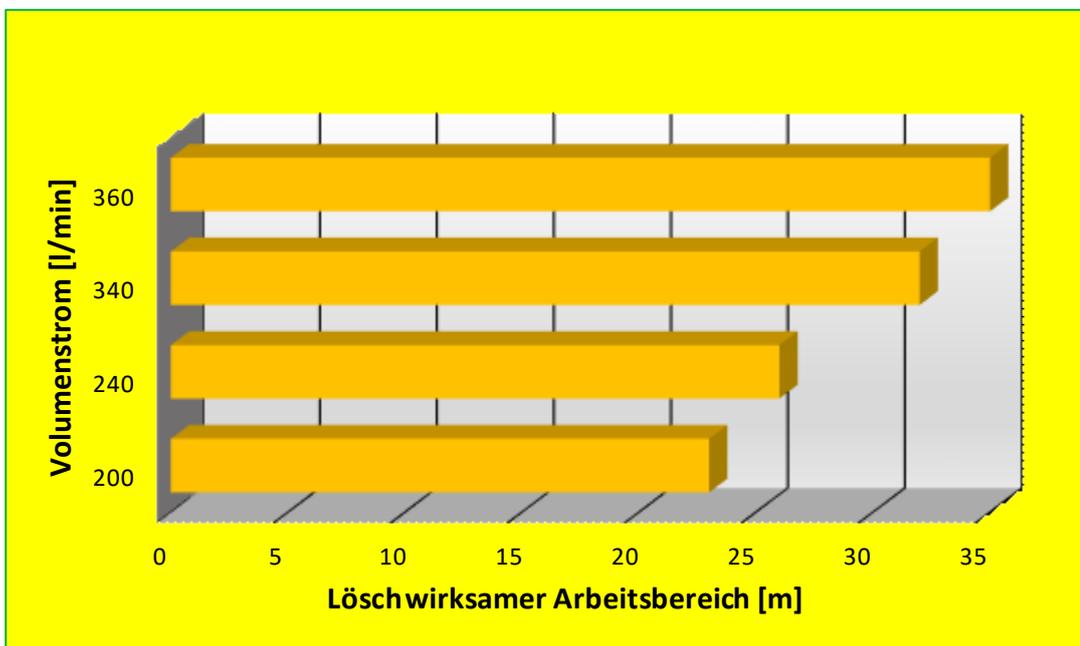
*Strahl abprallen lassen*

## 5. Löschwirksamer Arbeitsbereich

Mit der Wurfweite wird die maximale horizontale Entfernung zwischen dem Strahlrohr und dem Auftreffpunkt am Boden gemessen. Damit lassen sich keine taktischen Aussagen treffen. Schließlich sollen bei brennbaren festen Stoffen noch Gegenstände im Raum (Möbel, Lagergüter in Regalen, etc.) vom Löschmittelstrahl erreicht werden können. Der löschwirksame Arbeitsbereich berücksichtigt die Forderung nach einer Mindesthöhe, die der Löschmittelvollstrahl erreichen muss.

Definition „**Löschwirksamer Arbeitsbereich**“: Distanzangabe in Meter, bei der der Druckluftschäumvollstrahl noch eine Fläche an einer senkrechten Wand in einer Höhe von mindestens 2 Meter erreichen kann - Abstand Strahlrohr zur Wand - [15].

*Die rote Linie im Bild gegenüber dem Strahlrohrführer kennzeichnet eine Höhe von 2 m über dem Boden.*

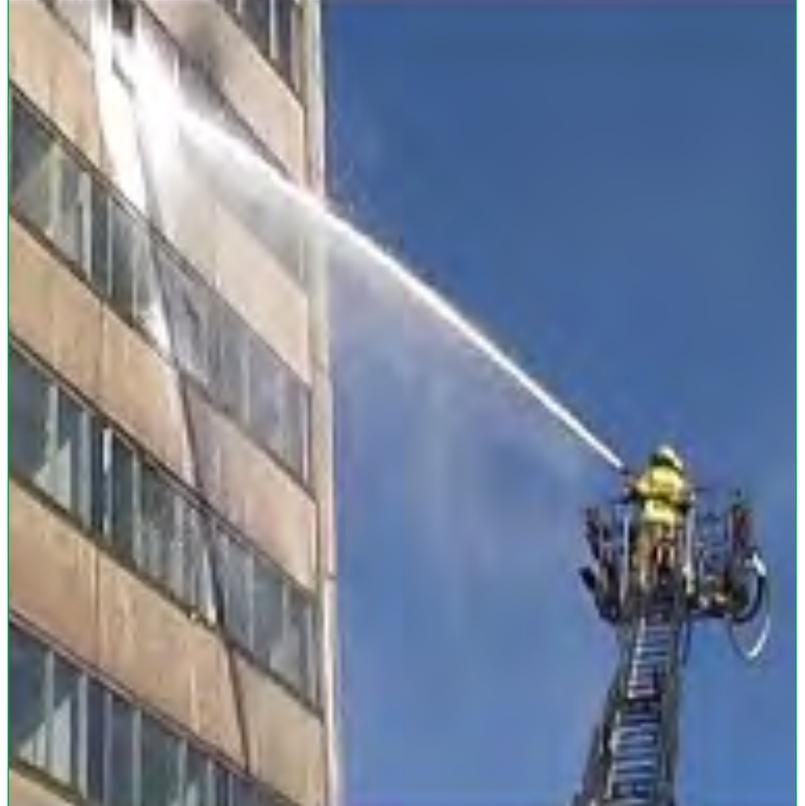


*Der löschwirksame Arbeitsbereich eines Strahlrohres wird im Wesentlichen vom geförderten Volumenstrom (WS Gemisch) und vom Förderdruck beeinflusst. Die Werte in der Grafik basieren auf einem konstanten Förderdruck von 8 bar.*

Für den Außenangriff ist die Wurfhöhe des Dispersionsstrahles maßgeblich. Die maximale Wurfhöhe mit einem C-Hohlstrahlrohr, die bisher gemessen werden konnte, lag bei 25 Meter.



Wurfhöhe beträgt hier ca. 25 Meter.



Hier wird ein Hohlstrahlrohr vom Korb einer Drehleiter für den Außenangriff eingesetzt.

## 6. Die Brandbekämpfung mit Druckluftschäum

Die Brandbekämpfung sollte immer mit Druckluftschäum „Nass“ begonnen werden. Die Anwendung der Konsistenz „Trocken“ ist eher die Ausnahme (siehe V.23.).

Es gilt das aus dem Strahlenschutz bekannte Abstandsgesetz, wobei die hohe Reichweite des DLS Löschmittelstrahls vorteilhaft ist:

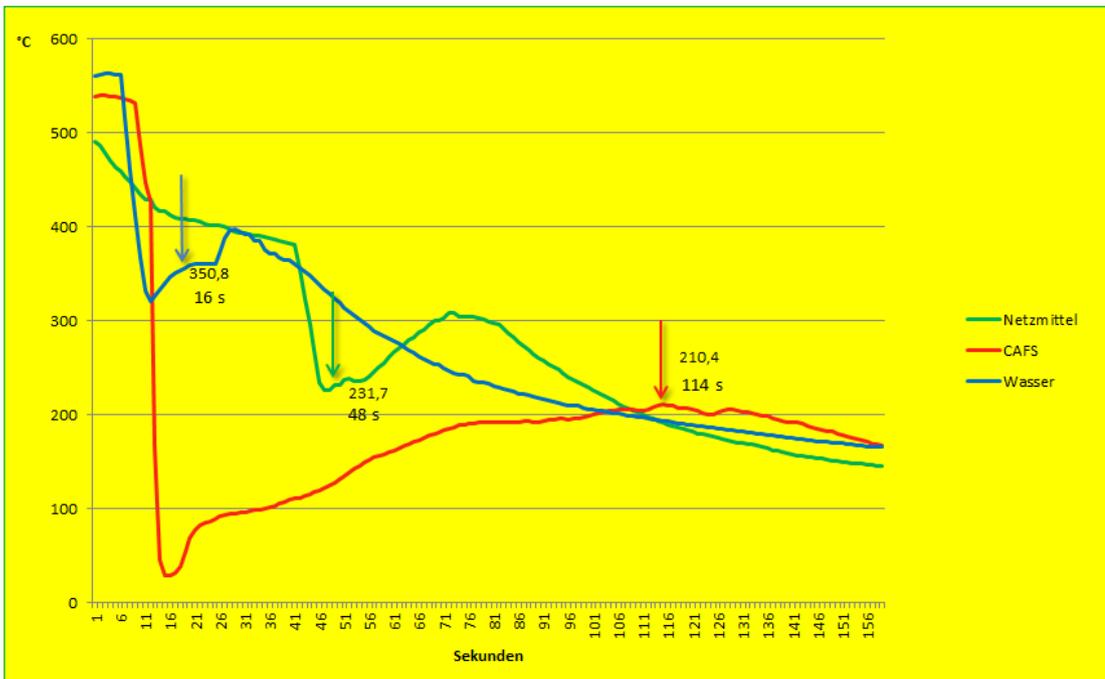
- Doppelter Abstand - ein Viertel der Wärmestrahlung.
- Halber Abstand - ein Vierfaches der Wärmestrahlung.

### **Abstand schafft Sicherheit!**

Der Löschmittelstrahl sollte mit moderaten Bewegungen auf eine möglichst große Fläche aufgetragen werden (weißeln mit einer kreisenden O-Form). Um die Auftrefffläche des Vollstrahls zu vergrößern, ohne maßgeblich an Reichweite zu verlieren, ist dieser auf ca. 20° aufzufächern [16]. Im Nahbereich ist der Sprühstrahl zweckmäßiger. Die Trefferquote des Strahlrohrführers ist für den Löscherfolg maßgeblich. Haftet der Schaum an Oberflächen, ohne dabei sofort zu verdampfen, dann ist das ein Indiz für eine erfolgreiche Abkühlung - Oberflächentemperatur < 100°C -. Ein weiteres Aufbringen der Dispersion ist dann nicht erforderlich.

## 7. Brandbekämpfung in Gebäuden

Während der Vorbereitungen für den Innenangriff besteht die Option, mit einem Außenangriff die Brandintensität deutlich zu reduzieren. Zusätzliche Schäden durch das Löschmittel sind dabei nicht zu erwarten.



Ergebnisse von Temperaturmessungen bei Raumbränden [17]. Der mit Wasser, Netzmittel und Druckluftschaum durchgeführte Außenangriff zeigte ein deutliches Ergebnis: Mit Druckluftschaum konnte eine effektive und nachhaltige Raumkühlung erzielt werden. Die senkrechten Pfeile zeigen den Beginn des Innenangriffs an (Temperatur und Sekunden nach dem Außenangriff).



Kalte Lage. Der Strahl trifft an die Decke und wird dort reflektiert. Verteilung der Dispersion im Raum.

Wird Druckluftschaum von außen eingetragen, verteilt sich die Dispersion durch Reflektion im Brandraum. Das Löschmittel verdampft gleichzeitig an unterschiedlichen Stellen. Beträgt die Deckentemperatur 800 °C entsteht aus 3 Liter WS-Gemisch mehr als 10 m<sup>3</sup> Wasserdampf [7]. Dadurch entsteht ein Verdünnungseffekt, der die Geschwindigkeit der Verbrennungsreaktion reduziert. Es kommt zu einer signifikanten Absenkung der Raumtemperatur.

Beispiel für einen Entlastungsangriff von außen wäre ein Vollbrand in Verbindung mit einem drohenden Flammenüberschlag in das darüber liegende Geschoß. In dieser Phase sind die Türen zu dem Brandbereich geschlossen zu halten, bis der Außenangriff beendet ist. Die Applikationsdauer beim Außenangriff sollte bei Wohnungsbränden mindestens 10 Sekunden betragen. Bei Bedarf ist die Außenapplikation zu wiederholen. Außenangriff und Innenangriff dürfen sich nicht überschneiden!

**Der beim Löschen entstehende Dampf kann nur dann zu einem schnellen Zusammenbrechen des Feuers führen, wenn er im Brandraum verbleibt und nicht sofort ins Freie (vor allem nach oben) entweicht.**

Wird ohne Außenangriff gearbeitet, ist es zweckmäßig, zuerst vor dem Brandraum einen mobilen Rauchverschluss zu setzen und danach die Tür zu öffnen. Ist das Feuer zu sehen, oder lässt es sich mit einer Wärmebildkamera lokalisieren, dann sollte der Brandherd vorzugsweise direkt bekämpft werden. Ansonsten ist mit dem Strahlrohr eine mindestens 10 Sekunden anhaltende kreisende Bewegung in den Brandraum durchzuführen. Der Angriffstrupp sollte sich dabei in Bodennähe aufhalten und mit einem leicht aufgefächerten Vollstrahl beginnen. Anschließend ist die Tür wieder zu schließen und die Abkühlphase abzuwarten. Nach mind. 30 Sekunden kann der Brandraum für weitere Löscharbeiten betreten werden. Bei größeren Brandräumen ist die Applikations- und Wartezeit entsprechend zu verlängern.

**Ziel ist es, den Innenangriff bei Temperaturen von weniger als 200°C durchzuführen, um die Einsatzkräfte weniger zu belasten und zu gefährden!**

Beim Vorhandensein geeigneter Abluftöffnungen, ist möglichst frühzeitig mit der Überdruckbelüftung zu beginnen. Dies verbessert die Sicht- und Temperaturverhältnisse im Brandraum und sichert den Rückzugsweg des Angriffstrupps.

Bei intensiven Bränden ist ein 3-Mann-Trupp zu empfehlen. Der Truppführer leitet die Brandbekämpfung, unterstützt die Strahlrohrführung mit der Wärmebildkamera und hält den Funkkontakt nach außen aufrecht.

## **8. Der Löschzug im Druckluftschaumeinsatz**

Die Taktik entspricht dem üblichen Einsatz eines Löschzuges, bestehend aus zwei Löschgruppenfahrzeugen und einer Drehleiter.

**Beispiel:** Das erste LF bereitet den Innenangriff vor, dazu wird ein Verteiler gesetzt. Gleichzeitig wird die Drehleiter in Stellung gebracht, um ggf. eine Personenrettung oder eine Anleiterbereitschaft durchzuführen. Die Drehleiter kann dann weitere Aufgaben übernehmen: Brandbekämpfung mit Werfer vom Rettungskorb oder einem handgeführten C-Hohlstrahlrohr vom Rettungskorb.

Bis der Angriffstrupp die Schlauchleitungen zum Brandgeschoß verlegt hat, kann mit einem Außenangriff der Flammenüberschlag verhindert und das Feuer eingedämmt werden. Die Besatzung des zweiten LF führt die taktische Ventilation durch und stellt den Sicherungstrupp.

**Die Anwendung von Druckluftschaum kompensiert keine Ausbildungsdefizite!**

## **9. Umweltbilanz**

Der Verwendung von Druckluftschaum ermöglicht eine optimale und umweltschonende Brandbekämpfung. Voraussetzung dafür sind gut trainierte Einsatzkräfte [7].

Für die überwiegende Anzahl der Brände kann ein fluorfreies Class-A-Schaummittel mit sehr niedrigen Zumischraten verwendet werden. Das Schaummittel ist biologisch abbaubar. Vorsicht geboten ist natürlich in der Nähe von Gewässern. Ein Eintrag ist hier zu vermeiden. Langzeitanwendungen (seit 1997) belegen, dass bei ausschließlichem Einsatz von Druckluftschaum keine löschmittelbedingten Schäden auftreten.

Wird Druckluftschaum eingesetzt, kann - im Vergleich mit Wasser - von einer signifikanten Effizienzsteigerung des Löschvorgangs ausgegangen werden [18,19].

**Der Einsatzführungsdienst hat auch bei einem Druckluftschaumeinsatz die Aufgabe und die Verantwortung, für einen effektiven und umweltschonenden Einsatzablauf zu sorgen!**

## IV. Aus- und Fortbildung

Die Aus- und Fortbildung der Einsatzkräfte spielt auch bei der Brandbekämpfung mit Druckluftschaum eine wesentliche Rolle. Nur gut ausgebildete Einsatzkräfte können mit dieser Technologie ihre Leistungsfähigkeit bei der Brandbekämpfung signifikant steigern. Dieser Abschnitt beschreibt Themenvorgaben für Maschinisten, Strahlrohrführer und Einsatzführungsdienste.

Das feuerwehrspezifische Ausbildungsprogramm und die Feinziele sind in Abhängigkeit mit der vor Ort verwendeten Technik zu beschreiben. Viele Themen sind dem Anwender bereits bekannt und sollten schon Bestandteil der Ausbildung gewesen sein. Dies gilt insbesondere für die Türöffnungsprozeduren, die Handhabung des Rauchschiebers, der Wärmebildkamera, des Drucklüfters, des Umganges mit dem Strahlrohr und dem Schaummittel. Dies schließt auch Maßnahmen zur Unfallverhütung und einzelne Themen / Gefährdungsbeurteilungen mit ein.

### 1. Maschinist

Der Maschinist muss den Aufbau und die Funktionsweise einer Druckluftschaumanlage kennen.

**Der Maschinist muss alle Funktionen seiner Druckluftschaumanlage beherrschen:**

- (a) Inbetriebnahme der DLS
- (b) Die für den Einsatzbetrieb notwendigen Einstellungen :
  - Drehzahl
  - Zumischrate
  - Umschalten Nass / Trocken
  - Verhalten und Maßnahmen bei eventuell auftretenden Betriebsstörungen.
- (c) Außerbetriebnahme:
  - Spülen falls erforderlich
  - Wiederherstellen der Einsatzbereitschaft

**Aufgaben des Maschinisten aus einsatztaktischer Sicht:**

- Je nach Einsatzsituation das Einstellen des erforderlichen Pumpenausgangdruckes.
- Er soll die Grenzen der verwendeten Anlage kennen. Hierzu kann das EN 16327 Diagramm für die verwendete Anlage (am Bedienstand einlaminiert) hilfreich sein. Kommen mehrere Rohre gleichzeitig von einem Fahrzeug zum Einsatz, oder wird ein Werfer betrieben, hat er auf die max. möglichen Volumenströme zu achten. Er berät die Führungskräfte hinsichtlich der technischen Möglichkeiten der Druckluftschaumanlage.
- Verfügt das Einsatzfahrzeug über mehrere Schaummitteltanks, wählt er in Absprache mit dem Einsatzleiter das erforderliche Schaummittel aus und stellt den Betrieb um. Beispielsweise von einem Mehrbereichsschaummittel (Class A) auf ein filmbildendes Schaummittel (AFFF).
- Sind bei der Umstellung die Zumischraten manuell zu ändern, ist dies Aufgabe des Maschinisten.
- Je nach Schaummittel sind die Zumischraten in Abhängigkeit der Brandklassen zu ändern. Beispiel: 0,5% für die Brandklasse A und 1% für die Brandklasse B.

**Er hat die logistischen Anforderungen des Einsatzes zu beachten, dazu gehört die frühzeitige Information des Einsatzleiters bei zusätzlichem Bedarf an Schaummittel.**

## **2. Strahlrohrführer**

Voran gestellt sei, dass die Ausbildung der Strahlrohrführer zu einem wesentlichen Teil aus einer praxisnahen Realbrandausbildung bestehen sollte, weil nur dort alle Vorteile der Brandbekämpfung mit Druckluftschaum erlernt und alle Handgriffe trainiert werden können.

Die Ausbildung sollte aus 3 Teilen bestehen:

- (a) die Theorie,
- (b) die Praxis kalt (zum Erlernen der Arbeitsweise) und
- (c) die Praxis heiß (zum Vertiefen der theoretisch erworbenen Kenntnisse).

Der Strahlrohrführer muss mit den Schläuchen und Armaturen sicher umgehen. Er muss verstehen, welche Auswirkungen die Technik auf seine Tätigkeit hat.

### **Bestandteil Theorie:**

- (1.) Komponenten einer Druckluftschaumanlage
- (2.) Einsatz von Hohlstrahlrohren
- (3.) löschwirksamer Arbeitsbereich
- (4.) leichtere Schläuche
- (5.) Druckluftschaum Nass / Trocken
- (6.) Löschwirkung von Druckluftschaum
- (7.) Löschen mit Druckluftschaum
- (8.) der Löschangriff in Gebäuden

### **Folgende Einsatzmittel unterstützen den Druckluftschaumeinsatz:**

- (1.) Rauchschutzhvorhang
- (2.) Wärmebildkamera
- (3.) Überdruckbelüftung

### **Bestandteil der Praxisausbildung kalt:**

Bedienung von Hohlstrahlrohren

- (1.) Durchflussmengen einstellen
- (2.) Strahlbild verändern
- (3.) Einsatz von Trockenschäum
- (4.) Einsatz von Spezialrohren
- (5.) Einsatz von Werfern bodengebunden und über die Drehleiter
- (6.) Einsatz von Hohlstrahlrohr C über Rettungskorb der Drehleiter

## **Bestandteil der Praxisausbildung heiß:**

### **(1.) Brandbekämpfung Innenangriff:**

- Sichere Position wählen.
  - \* Rauchschutzhvorhang setzen.
  - \* Türöffnungsprozedur.
- Mit aufgefächertem Vollstrahl beginnen.
  - \* Feuer sichtbar - ggf. WBK verwenden, direktes ablöschen.
  - \* Feuer nicht sichtbar - kreisende Bewegung in den Raum.
- Türe wieder schließen und angemessene Zeit abwarten. Dampf wirken lassen.
- Türe öffnen und vorrücken. Feuer suchen und löschen.
- Überdruckbelüftung starten, wenn Abluftöffnung vorhanden und geeignet.
  - \* Raum auf Glutnester und Hohlräume absuchen.
- Freilegen von Glutnestern mit Werkzeug.
- Für umfangreiche Nachlöscharbeiten ist Druckluftschäum „Trocken“ einzusetzen. Dazu sind je nach Lage Spezialrohre zu verwenden.

### **(2.) Brandbekämpfung mit Außenangriff und anschließenden Innenangriff:**

- Außenangriff ausreichend lange durchführen und wirken lassen. Außenangriff wiederholen, wenn erforderlich.
- Außenangriff und Innenangriff dürfen sich nicht überschneiden - Kommunikation sicherstellen.
- Nach Beendigung des Außenangriffs erfolgt der Innenangriff, wie vorstehend beschrieben.

**Das Ziel der Realbrandausbildung muss eine sichere, schnelle, schadensarme und direkte Brandbekämpfung sein. Jegliche Fremd- und Eigengefährdung ist dabei zu verhindern.**

### **Der Angriffstrupp soll folgende Erkenntnisse erlangen:**

(1.) Hauptziel: Innenangriff nach erfolgter Abkühlphase bei  $< 200^{\circ}\text{C}$ .

(2.) Ausnutzung des großen Arbeitsbereiches: Abstand = Sicherheit.

(3.) Bewegliche Strahlrohrführung.

- Löschmittel dort aufbringen, wo es Wirkung zeigt.
- Wenn nötig, den eigenen Standort wechseln.
- Wirkungslose Löschmittelabgabe vermeiden.
- WBK einsetzen und Strahlrohrführer einweisen.

(4.) Vollstrahl und Sprühstrahl nach Erfordernis einsetzen.

- Signalwirkung: Was weiß bleibt ist unter  $100^{\circ}\text{C}$  abgekühlt. Eine weitere Löschmittelabgabe ist hier nicht sinnvoll.
- Penetrationswirkung: Aus Oberflächen unterschiedlicher Materialien kann Feuchtigkeit herausgepresst werden. Die aufgenommene Feuchtigkeit bewirkt ein nachhaltiges Löschen.
- Sparsamer Löschmitteleinsatz durch das Umschalten auf Druckluftschäum „Trocken“.

## **Flüssigkeitsbrandbekämpfung**

- Die gängigen Methoden: Abprallen, Abregnen sowie Aufrollen des Druckluftschäumstrahles müssen bekannt sein und geübt werden (Siehe dazu Bilder in III. 4.).
- Druckluftschäum „Nass“ mit Vollstrahl  $20^{\circ}$  aufgefächert.

- Arbeitsbereich ausnutzen.
- Keine hektischen Bewegungen mit dem Löschmittelstrahl.
- Immer mit mindestens zwei Rohren arbeiten.
- Auf die Befehle des Einweisers achten.
- Mehrbereichsschaummittel benötigt eine Schaumdecke zum Löschen.
- Bei AFFF genügt der Film.
- Sprühstrahl erst gegen Ende der Brandbekämpfung.
- Löschpulver verwenden. Mit dem Wind angreifen. Pulverwolke entwickeln lassen.
- Jetfire von oben nach unten löschen.
- Heiße Oberflächen ausreichend kühlen. Wenn Flächen weiß bleiben, kann hier die Kühlung gestoppt werden.

### **Metallbrandbekämpfung**

- Metallbrände können nicht direkt mit Druckluftschaum gelöscht werden.
- Umgebung schützen, Sekundärbrände löschen.
- Kühlprozess unterstützen, durch Aufrollen mit Druckluftschaum „Trocken“. Dazu Spezialrohre verwenden.

### **3. Führungskräfte:**

Bei taktisch richtigem Vorgehen ist auch bei großen Brandereignissen ein Einsatzserfolg relativ sicher. Druckluftschaum sollte daher grundsätzlich immer und von Anfang an eingesetzt werden.

#### **Die Führungskräfte sollten über folgende Kenntnisse verfügen:**

- die Komponenten einer Druckluftschaumanlage
- Löschwirkung von Druckluftschaum
- Löschwirksame Arbeitsbereich
- Schläuche und Armaturen
- Druckluftschaum Nass / Trocken
- Druckluftschaumanwendung im Außen- und Innenangriff
- Flüssigkeitsbrandbekämpfung
- Metallbrandbekämpfung

#### **Die Führungskräfte vom Gruppenführer bis zum Gesamteinsatzleiter müssen in der Aus- und Fortbildung für folgende Punkte sensibilisiert werden:**

- Mischbetrieb vermeiden (Schaum und Wasser gleichzeitig).
- Hohe Volumenströme nur solange wie nötig einsetzen.
- Bei Unwirksamkeit Positionen wechseln lassen.
- Druckluftschaum Trocken nur mit Rundstrahldüsen oder Spezialrohren verwenden.
- Alternative Angriffswege prüfen, notfalls mit Spezialrohren durch die Geschoßdecke.

#### **Übungen sind möglichst unter Realbedingungen durchzuführen!**

## V. FAQ

### 1. Für welche Brände eignet sich Druckluftschaum besonders?

Druckluftschaum eignet sich für alle Feststoffbrände, insbesondere für Brände mit einem hohen Kunststoffanteil und für Reifenbrände. Druckluftschaum ist auch zum Löschen brennbarer Flüssigkeiten besonders geeignet.

### 2. Muss der Verteiler gespült werden bis Druckluftschaum anliegt?

Es ist unbedingt erforderlich erst alle Schritte zur Inbetriebnahme der Löschanlage auszuführen und dann den Druckausgang mit den angeschlossenen Schläuchen zu öffnen. Ansonsten wird die Leitung womöglich mit Wasser gefüllt und es dauert unverhältnismäßig lange, bis der gewünschte Schaum am Strahlrohr austritt. Die zum „Hochfahren“ benötigte Zeit kann je nach Anlagenhersteller variieren. Daher kann es sinnvoll sein, am Verteiler oder am Strahlrohr die Verfügbarkeit von Schaum kurz zu prüfen, bevor ein Gebäude zum Innenangriff betreten wird.

### 3. Hat der Hydrantendruck Einfluss auf das Druckluftschaumsystem?

Vorgabe vieler Hersteller ist es den DLS Betrieb in der Betriebsart „Tankbetrieb“ der FP auszuführen. Dies hat sich in der Praxis gut bewährt. Auch die DVGW Vorgaben zur Trennung Löschanlage - Trinkwassernetz lassen sich so recht gut und einfach einhalten. Der Löschwassertank des DLS Fahrzeugs wird aus dem Hydrantennetz oder von anderen Löschfahrzeugen wieder aufgefüllt. Eine Anlage der Größenordnung DLS 800 arbeitet mit einem maximalen Förderstrom von 800 l/min. Ist der Löschwassertank mit einem üblichen Hydranten der NW 80 verbunden, ist die Förderleistung des Hydranten für den Volllastbetrieb der Anlage ausreichend. Einsatztaktisch sinnvoll ist es ohnehin, den Löschwassertank als Puffer zu nutzen. Die Empfehlung „Tankbetrieb“ durch die Anlagenhersteller begründet sich durch die Abhängigkeit der Drehzahlen FP – Kompressor zueinander. Würde die FP mit beispielsweise 7 bar aus dem Hydrantennetz gespeist, so dreht der Antriebsmotor im Leerlauf, der Kompressor nicht mit seiner vorgesehenen Drehzahl. Daraus kann resultieren, dass der Kompressor nicht die Leistung zur Einhaltung eines bestimmten Verhältnisses bringt. Andere Beeinträchtigungen im Einsatz sind nicht zu erwarten. Dieser Effekt kann durch einen hydrostatischen Kompressorantrieb abgemindert aber nicht völlig beseitigt werden. Auch der Hydrostat benötigt eine bestimmte Drehzahl zur Funktion. Der Hydrostat bedingt auch eine Vielzahl von zusätzlichen Komponenten, Platz, Gewicht, Kosten.

Die DLS kann auch im „Saugbetrieb“ der FP mit Löschwasserentnahme aus offenem Gewässer betrieben werden, solange keine Siebe oder Regelkomponenten in der DLS durch angesaugte Fremdkörper verlegt werden können.

Zu beachten gilt, dass das DLS Fahrzeug immer die „Brandstellenspritze“ sein muss. Eine FP Zwischenschaltung zur Druckerhöhung muss immer vor dem DLS Fahrzeug erfolgen.

### 4. Wie kann das Durchflussmengenmessgerät überprüft werden?

Die Druckzumischanlage verfügt i.d.R. über ein Durchflussmengenmessgerät, das nach der Feuerlöschkreiselpumpe den Wasserförderstrom bestimmt. Wie genau diese Messeinrichtung arbeitet, lässt sich überprüfen.

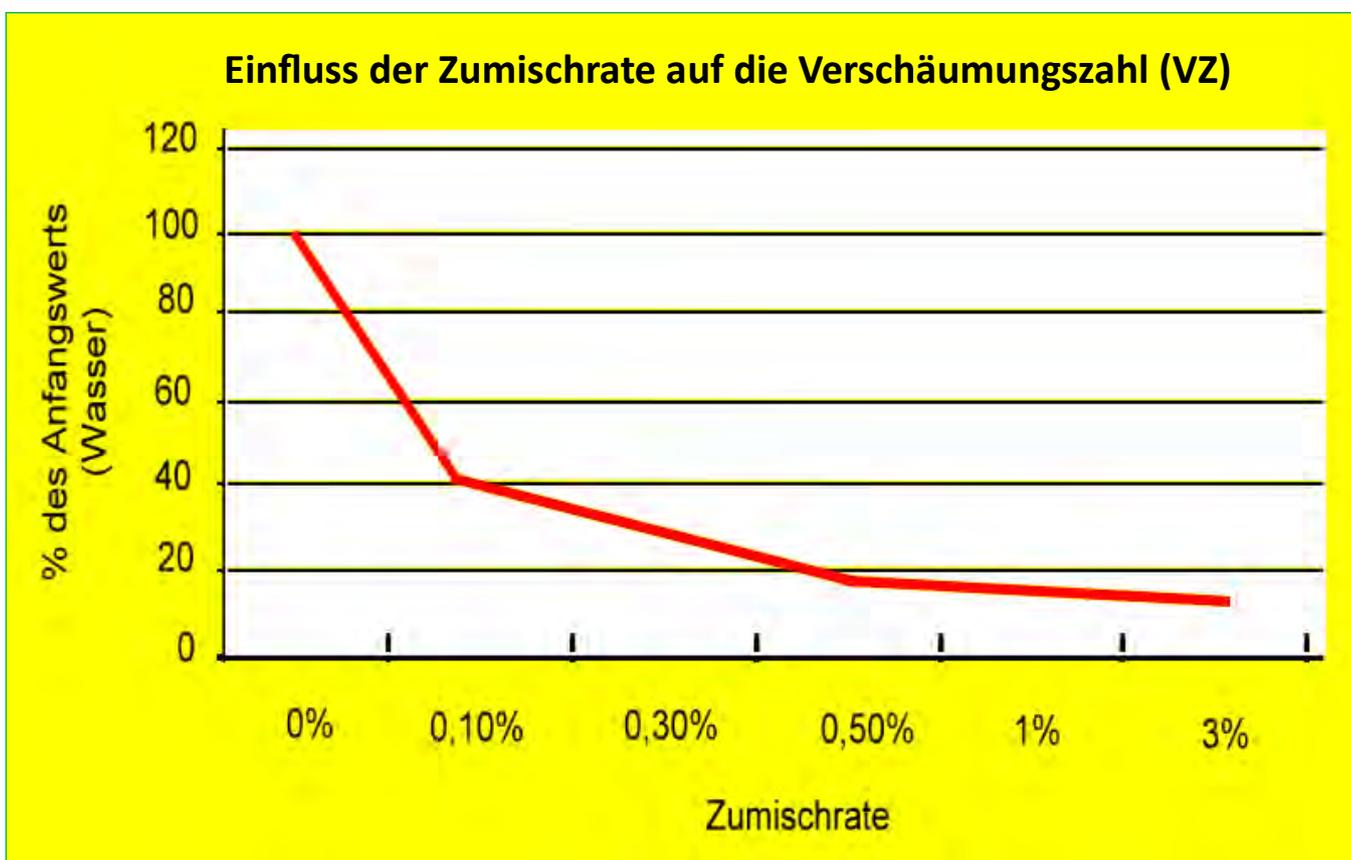
Nach der Mischeinrichtung befindet sich eine Dispersion in der Leitung. Damit besteht derzeit keine Möglichkeit, mit den üblichen Durchflussmengenmessgeräten den nun nur noch anteiligen Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) messtechnisch vernünftig zu erfassen. Der Wasserförderstrom lässt sich über den Tankinhalt bestimmen. Dazu werden eine mit Storzkupplungen versehene Wasseruhr und eine Stoppuhr benötigt.

Die Tankfüllleitung wird an einen Hydranten angeschlossen. Am Druckabgang ist ein Strahlrohr anzuschließen und die Anlage zu aktivieren. Nach zirka 60 Sekunden ist nur das Strahlrohr zu schließen.

Die Anlage bleibt unverändert auf Drehzahl. Der Tank wird nun über die Wasseruhr bis zum Überlaufen gefüllt. Der 0-Wert ist an der Wasseruhr abzulesen. Danach ist das Strahlrohr 60 Sekunden zu öffnen. Anschließend kann die gesamte Anlage abgeschaltet werden. Nach dem erneuten Auffüllen des Tanks bis zum Überlaufen ist die Wasseruhr erneut abzulesen. Von dem erhaltenen Wert ist der 0-Wert zu subtrahieren. Damit erhält man den exakten Wasserförderstrom in l/min an einem Abgang bei Druckluftschaubetrieb. Mit dem erhaltenen Wert lässt sich die Messgenauigkeit des Durchflussmengenmessgerätes überprüfen. Wenn erforderlich muss nachkalibriert werden.

### 5. Was geschieht, wenn die Dosierung des Schaummittels erhöht wird?

Wird die Dosierung höher gewählt, als dies der Hersteller vorgibt, dann werden dem Löschwasser mehr Tenside zugeführt, was die Umwelt unter Umständen mehr belastet. Aus der folgenden Graphik ist ersichtlich, dass eine höhere Dosierung, als vom Hersteller angegeben, die Oberflächenspannung nicht weiter herabsetzt.



Typische Oberflächenspannung in Abhängigkeit von der Zumischrate

### 6. Welcher Fehler liegt vor, wenn der Schlauch ruckartige Bewegungen ausführt?

Ist der Anteil des Schaummittels zu gering, können sich Druckluft und Flüssigkeit nicht ausreichend vermischen. Es wird dann abwechselnd Flüssigkeit und Druckluft gefördert. Der Schlauch beginnt sich dadurch ruckartig zu bewegen. Empfehlung: Die Dosierungsangaben des Schaummittelherstellers sind zu beachten. Ist die Einstellung korrekt, muss die Schaummittelpumpe überprüft werden.

### 7. Mit welchem Ausgangsdruck wird gearbeitet?

Es existieren Anlagen mit konstanten Ausgangsdruck und Anlagen mit variablen Ausgangsdrücken. Letztere sollten mit zirka 7 bar Ausgangsdruck betrieben werden. Nach Norm sind die Anlagen auf 10 bar begrenzt.

## 8. Ist die Reichweite des Löschmittelstrahls bei Druckluftschaum größer?

Nach der Feuerlöschkreiselpumpe wird dem Löschmittelförderstrom (WS-Gemisch) zusätzlich Energie in Form von Druckluft zugeführt. Die Druckluft und die Schaummittellösung reduzieren die Reibungsverluste in den Leitungen und das macht sich durch höhere Strömungsgeschwindigkeiten an der Austrittsdüse bemerkbar. Unter der Bedingung, dass mit gleichen Förderströmen gearbeitet wird, ermöglicht das Druckluftschaumsystem eine um zirka 25% größere Reichweite.

*Beide Dachwerfer arbeiten hier mit 5 bar Ausgangsdruck. Der Querschnitt der Rundstrahldüsen beträgt 38 mm.*



*Die Tabelle zeigt die Unterschiede bezüglich der Druckverluste bei Wasser- und Druckluftschaumbetrieb. Gemessen wurden der Ausgangsdruck der FP und der Druck an der Rundstrahldüse des Dachwerfers. Mit zunehmendem Ausgangsdruck gleichen sich die unterschiedlichen Wurfweiten wieder an.*

FP Druck	Dachmonitor Druck	
	Wasser	CAFS
5	0.8	2.0
6	1.0	2.2
7	1.2	2.8
8	1.5	3.0
9	1.8	3.3

## 9. Kann der Förderstrom der Druckluftschaumanlage bei laufendem Betrieb zusammenbrechen?

Werden Druckluftschaumsysteme nach der DIN EN 16327 konzipiert, dann kann ein Zusammenbrechen des Förderstromes ausgeschlossen werden. Grundsätzlich müssen aber alle Bestandteile eines Druckluftschaumsystems (einschließlich Schlauchleitung und Strahlrohr) zueinander passen. Auf den nachfolgenden Abbildungen wird diese Aussage deutlich: Durch ein für die Anlage überdimensioniertes Strahlrohr wird mehr Druckluftschaum abgenommen, als nachgeliefert werden kann. Die Folge: kein löschfähiger Strahl. Nach anfänglich guter Wurfweite (wegen der im Schlauch angestauten Energie) bricht der Strahl nach kurzer Zeit zusammen.

*Dieses Druckluftschaumsystem arbeitet mit gespeicherter Druckluft in den Schläuchen.*



*Bild links unmittelbar nach Öffnen des Strahlrohres*



*Bild rechts nach Abbau der gespeicherten Energie [5].*

## 10. Ist es technisch überhaupt möglich Druckluftschaum mit einem Wasser- Schaummittelanteil von 800 l/ min durch einen B- Schlauch zu fördern?

Ja, Versuche ergaben, dass durch B- Schläuche (zwei aneinander gekoppelte B- Schläuche mit freiem Auslauf am Verteiler) im Durchschnitt 2.000 Liter Wasser oder Wasser-Schaummittelgemisch pro Minute gefördert werden können. Eine typische DLS 800 fördert ohne Inbetriebnahme des Kompressors zirka 1.250 Liter Wasser- Schaummittelgemisch pro Minute in die B- Leitung. Bei zugeschalteter Druckluftzufuhr beträgt die geförderte Menge des W/S Gemischs 830 l/min. Dieser Volumenstrom kann also über B- Schläuche problemlos zu den jeweiligen Strahlrohren/Werfer geleitet werden [20].

## 11. Sind die Schläuche leichter?

Nachdem in den Schläuchen anteilig Druckluft gefördert wird, macht sich dies auch beim Gewicht bemerkbar. Bei der Konsistenz „Nass“ reduziert sich das Schlauchgewicht um mehr als 25% und bei „Trocken“ um mehr als 50%. Dieser Umstand ermöglicht eine sehr bewegliche Brandbekämpfung und reduziert die Belastung der Einsatzkräfte.

Beispiel: Bei einem Großbrand können die Schläuche, ohne Unterbrechung der Löschmittelzuführung, leichter umgesetzt werden, wenn kurzzeitig auf Trockenschaum umgestellt wird.

## 12. Rutschen mit Druckluftschaum gefüllte Schläuche vom Einbindestutzen?

Vorausgesetzt die Einbindung ist nach allgemein gültigen Vorgaben erfolgt, hält die Einbindung. Hinweis: Weder der Transport von Schaummittellösung (gilt für alle Feuerwehren mit einer DZA) in den Schläuchen noch die Drücke (DLS max. 10 bar) stellen eine besondere Belastung für das Schlauchmaterial dar [21].

## 13. Versagen Schläuche, die mit Druckluftschaum gefüllt sind bei Wärmebeaufschlagung früher als mit Wasser gefüllte?

Bei erheblicher Überschreitung der vom Hersteller zugelassenen Maximaltemperatur von 80°C auf 190 ... 400°C zeigen Versuchsergebnisse, dass mit DLS gefüllte Schläuche bei stehendem Löschmittel (Strahlrohr geschlossen) empfindlicher reagieren als mit Wasser gefüllte Schläuche. Sowohl mit Wasser als auch mit DLS gefüllte Schläuche bleiben jedoch intakt, solange die Löschmittel fließen. Selbst bei einer Umgebungstemperatur von 500°C versagt der Schlauch bei fließendem DLS nicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei korrekter Anwendung des DLS- Löschverfahrens dieselben Applikationsraten auszubringen sind wie beim Löschen mit Wasser. Die geringere Wärmeleitfähigkeit des Schaums und seine geringere Wärmekapazität haben also keinen Einfluss auf die Haltbarkeit des Schlauches - ausschlaggebend ist, dass in gleichen Zeiten sowohl durch den Wasser, als auch durch den DLS führenden Schlauch dieselben „Wärmeaufnahmekapazitäten“ fließen. Sobald jedoch das Strahlrohr geschlossen wird, und sobald—insbesondere bei höheren Temperaturen – der Schaum zerfällt, macht sich an der Schlauchoberseite die geringere Wärmekapazität der dort angesammelten Luft bemerkbar. **Aus den durchgeführten Experimenten können für die Verwendung von DLS im Innenangriff folgende Einsatzhinweise abgeleitet werden [22]:**

- (a) Es darf nur Druckluftschaum „Nass“ verwendet werden.
- (b) Auch beim Vorrücken – wenn der Schlauch hoher Wärmebeaufschlagung (>250°C) ausgesetzt werden könnte, soll in regelmäßigen Abständen kurz Löschmittel abgegeben werden. Dies ergibt sich aber in der Praxis meist ohnehin, da solche Temperaturen mit einer Löschmittelabgabe zur Brandbekämpfung einhergehen.

Eine Gefährdung der Einsatzkräfte ist nur dann gegeben, wenn Druckschläuche durch thermische und/oder mechanische Überlastung zerstört werden und gleichzeitig dem Angriffstrupp der Rückzugsweg versperrt ist [21].

#### 14. Werden Schläuche häufiger undicht?

Nein, allerdings sind durch die Eigenschaften des Druckluftschäumens am eingesetzten Schlauchmaterial bereits kleine Undichtigkeiten sichtbar, die beim Abdrücken in der Schlauchwerkstatt nicht auffallen. Diese Schläuche sollten deshalb repariert oder ausgesondert werden.



*Druckluft entweicht durch Undichtigkeit. Es kommt zu Schaumbblasenbildung*

#### 15. Platzen mit Druckluftschäum gefüllte Schläuche schneller als mit Wasser gefüllte?

Das ist nicht der Fall. Die Druckverhältnisse im Schlauch sind nicht anders, aufgrund der dämpfenden Wirkung der Druckluft, sondern eher günstiger als beim Betrieb mit Wasser. Das Platzen der Schläuche ist eine Frage der Qualität und des Alters des Schlauchmaterials. Schlauchmaterial mit immer geringerem Gewicht und der Wunsch nach niedrigen Beschaffungskosten gehen zu Lasten der Qualität bei Material und Herstellung. Schläuche nach DIN 14811 der Klasse 2 sind hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung ausreichend robust und eignen sich deshalb für den Innenangriff.

#### 16. Sind platzende Druckschläuche in Bezug auf Lautstärke und freiwerdender Energie gefährlicher als mit Wasser gefüllte?

Bedingt durch die komprimierte Luft ist ein Schlauchplatzer bei Druckluftschäumbetrieb lauter. Der Impulsschall beim Versagen ist abhängig vom Luftanteil und vom Druck im Schlauch. Der zulässige Grenzwert der EG-Lärmrichtlinie 2003, ein Spitzenschalldruckpegel von 135 dB(C), wird deutlich unterschritten [23].

#### 17. Kann Druckluftschäum im Schlauch einfrieren?

Für Druckluftschäum gilt das Gleiche wie bei Wasser. Bei extremen Frost ist der Förderstrom stets aufrecht zu erhalten, um ein Einfrieren zu verhindern. Es darf nur Druckluftschäum „Nass“ verwendet werden.

#### 18. Knicken mit Druckluftschäum gefüllte Schläuche schneller ab als mit Wasser gefüllte?

- Schläuche sind grundsätzlich, auch beim Wassereinsatz, knickfrei auszulegen.
- Der Druck ist zumindest anfangs auf 7 bar zu erhöhen (wenn möglich).
- Das Strahlrohr ist vollständig zu öffnen.
- Es ist zur BBK Nassschäum einzusetzen.

Mit diesen Maßnahmen lässt sich eine Reduzierung des Förderstromes verhindern. Es gelten die gleichen Vorgaben, wie bei der Wasserförderung. Zu diesem Thema sollen noch Untersuchungen durchgeführt werden.

**19. Muss die Schlauchleitung am Ende des Einsatzes gespült werden?**

Ja, da sich mit Druckluftschaum gefüllte Schläuche kaum aufrollen lassen. Ferner soll damit die übermäßige Einbringung von Schaum in die Schlauchpflegeeinrichtungen vermieden werden. Der erzeugte Druckluftschaum hat sonst keine negativen Einflüsse auf das Schlauchmaterial. Die Leitungen müssen auch erst gespült werden, wenn der Einsatz endgültig beendet ist und die Leitungen **abgebaut werden sollen. Technisch ist es auch möglich, die Schlauchleitungen mit Druckluft auszublasen.**

**20. Muss die Druckluftschäumenanlage am Ende des Einsatzes gespült werden?**

Der Spülvorgang muss so kurz und einfach wie möglich gehalten sein. Die DZA sollte wenn möglich gar nicht gespült werden müssen. Anzustreben ist, dass Klasse A Schaummittel in der DZA verbleiben können. Dadurch sind die sofortige Schaumerzeugung beim nächsten Einsatz und die Frostsicherung gegeben. AFFF Schaummittel müssen im Allgemeinen aus der DZA gespült werden.

Diese Frage sollte jedoch der Anlagenhersteller abschließend beantworten.

**21. Kann für Druckluftschaum „Nass“ eine Rundstrahldüse verwendet werden?**

Ja!



*Durchblick durch Rundstrahldüse*

**22. Für welchen Zweck eignen sich Rundstrahldüsen?**

Die klassische Rundstrahldüse hat ihre Vorteile und Daseinsberechtigung für folgende Anwendungen:

- (1.) Außenangriff mit Nassschaum.
- (2.) Ausbringung von Trockenschaum „Rasierschaum“ zur präventiven Anwendung .

**23. Sind Hohlstrahlrohre für Druckluftschaum „Trocken“ geeignet?**

Druckluftschaum „Trocken“ kann nur mit Rundstrahldüsen erzeugt werden.

**24. Für welche Anwendung eignet sich Druckluftschaum „Trocken“?**

Aufgrund des geringen Flüssigkeitsanteils (teilweise nur 50 l/min) eignet sich Trockenschaum nicht zur direkten Brandbekämpfung, sondern wird i.d.R. präventiv eingesetzt. Eine weitere Anwendung des Trockenschaumes wären Nachlöscharbeiten mit den Spezialrohren (II.4.c.) bzw. das Unterstützen des Kühlprozesses durch Aufrollen der Dispersion bei Metallbränden.

**25. Kann man mit dem Strahlrohr „takten“?**

Technisch in jedem Fall und ohne Einschränkungen. Das Takten ist weder ein Problem für die Druckluftschäumenanlage noch für den Strahlrohrführer. Dies wurde von darin erfahrenen Ausbildern durch Praxisversuche bestätigt. Die taktische Notwendigkeit ist unabhängig von der technischen Machbarkeit zu bewerten.

**26. Kann ich eine „Mannschutzbrause“ darstellen?**

Ja, solange ein Hohlstrahlrohr (HSR) und Nassschaum verwendet wird, kann der Strahl aufgefächert und die hierfür vorgesehene Einstellung am Strahlrohr verwendet werden.

**27. Wie viele Rohre kann ich mit einer Druckluftschäum betreiben?**

Das ist abhängig von der Anlagengröße. Mit einer DLS 800 können bis zu 4 Rohre mit je 200 l/min (WS-Gemisch) im Druckluftschäumbetrieb arbeiten.

**28. Wie hoch sind die Rückstoßkräfte?**

Die Rückstoßkräfte von Strahlrohren, unabhängig vom verwendeten Strahlrohrtyp, sind ausschließlich vom Druck, Volumenstrom und Dichte abhängig. Ein Anfangsimpuls durch die komprimierte Luft in den Schläuchen lässt sich durch langsames Öffnen des Strahlrohres abmildern.

**29. Kann ich Druckluftschäum bei trockenen/nassen Steigleitungen einsetzen?**

Druckluftschäum kann bei trockenen Steigleitungen eingespeist werden. Ein Spülen ist anschließend nicht notwendig. Die Entwässerungseinrichtungen sind ein paar Tage offen zu lassen, damit die Restflüssigkeit aus der Leitung entweichen kann. Die Einspeisung in eine Steigleitung nass, wäre theoretisch möglich, sofern es eine Einspeisemöglichkeit an der Anlage gibt. Dies ist im Einzelfall zu prüfen. Versuche zur Einspeisung in Sprinkleranlagen wurden erfolgreich ausgeführt.

**30. Welche Förderhöhen können erreicht werden?**

Nassschaum mit ca. 200 l/min WS-Gemisch am Rohr ist für eine sichere Brandbekämpfung in Gebäuden notwendig. Erfahrungsgemäß kann Nassschaum ca. 120 m in die Höhe gefördert werden. Gewarnt werden muss vor den Ergebnissen aus „Rekordversuchen“ bezüglich der Höhenförderung. Diese wurden allesamt mit Trockenschaum durchgeführt, welcher für die Brandbekämpfung nicht herangezogen werden soll [24].

**31. Muss eine Steigleitung nach dem Einspeisen gespült werden?**

Nein, senkrechte Leitungen laufen von selbst leer, ggf. sind die Entwässerungsventile länger offen zu lassen, da der Schaum Zeit zum Zerfallen benötigt (dazu sollte die Hausverwaltung informiert werden).

**32. Kann ich Druckluftschäum in elektrischen Anlagen einsetzen?**

Untersuchungen der Zerfallslängen von Druckluftschäum führenden Hohlstrahlrohren ergaben, dass im Niederspannungsbereich bis zu einem Flüssigkeitsstrom von 235 l/min WS-Gemisch keine Gefahr für die Einsatzkräfte besteht, wenn folgende Abstände eingehalten werden können:

**5 m → bei Vollstrahl**

**1 m → bei Sprühstrahl**

Die Norm - DIN VDE 0132 – wurde entsprechend geändert [25, 28].

**33. Ist eine Rauchgaskühlung mit Druckluftschäum möglich?**

Das ist grundsätzlich möglich, wenn Hohlstrahlrohre verwendet werden. Der Druckluftschäum-Sprühstrahl (200 l/min WS-Gemisch) muss den gleichen Wasseranteil enthalten, wie bei der reinen Wasseranwendung (200 l/min Wasser). Da mit dem Raumvolumen (zündfähige Gaswolke) auch die erforderliche Flüssigkeitsmenge steigt, arbeiten wir aus sicherer Distanz mit dem Vollstrahl und nutzen den erzeugten Dampf zur Unterdrückung einer Verbrennungsreaktion.

**34. Darf man Druckluftschäum verwenden, wenn nicht sicher ist, ob sich im Brandobjekt noch Personen befinden?**

In jedem Fall. Die Verwendung von Druckluftschäum erhöht durch das vergleichbar schnellere Ablöschen des Feuers die Überlebenschancen einer sich noch im Brandraum aufhaltenden Person. Des Weiteren kann verhindert werden, dass sich in Nebenräumen befindende Personen vor einem bevorstehenden Durchbrand der Tür rechtzeitig geschützt werden können. Eine Benetzung des Körpers durch die Tenside des Druckluftschäums ist im Brandfall unerheblich und vergrößert nicht die Lebensgefahr.

**35. Kann Druckluftschäum unverbrannte Gase schieben?**

Gelingt nachweislich auch mit Wasser oder Netzwasser. Insbesondere mit einer punktuellen Applikation des Löschmittelstrahles wird der Dampf an einer Stelle erzeugt. Mit der Dampf Wolke werden dann unverbrannte Gase verschoben. Bei ausreichender Luftzufuhr verbrennen diese dann spektakulär. Daher ist es unabhängig vom Löschmittel besser an unterschiedlichen Stellen zu applizieren, damit eine ausreichend Durchmischung der unverbrannten Gase mit dem erzeugten Dampf gewährleistet ist. Wird der Druckluftschäum im Außenangriff, zum Beispiel über ein Fenster eingebracht, dann verteilt sich die Dispersion im gesamten Brandraum. Das Löschmittel verdampft an unterschiedlichen Stellen im Raum. Eine Durchzündung unverbrannter Gase durch einen Außenangriff konnte nicht beobachtet werden [26].

**36. Verschieben sich die Rauchgasschichten bei der Brandbekämpfung mit Druckluftschäum mit der Folge von Null-Sicht?**

Bei der Anwendung von Druckluftschäum kommt es meist zu einem Verdünnungseffekt. Ein Verschieben der Rauchgasschichten kommt bei korrekter Anwendung nicht vor (III.6. und 7.).

**37. Wird durch Druckluftschäum nicht noch zusätzlich Luft in die Brandstelle gegeben?**

Es kommt weder bei Vollstrahl noch bei Sprühstrahl zu einer Intensivierung der Verbrennungsreaktion.

**38. Wie bekomme ich die Scheibe meiner Atemschutzmaske von Schaummittel gereinigt?**

Nicht anders als bei einem konventionellem Schaumeinsatz, zum Beispiel mit einem trockenen Handschuh oder einem trockenen Tuch.

**39. Werden Löcher und Vertiefungen in Brandstellen mit Druckluftschäum abgedeckt mit der Folge einer erhöhten Verletzungsgefahr?**

Mit einer 5 mm hohen Dispersion dürfte das schwer möglich sein. Grund für diese Annahme dürften die durch einen Mischbetrieb (DLS/Wasser) erzeugten Schaumberge gewesen sein. Die Gefahr ist bei konventionell erzeugtem Schwer- und Mittelschäum höher (III.1.).

**40. Kann man Druckluftschaum mit konventionell erzeugtem Luftschaum z.B. an größeren Einsatzstellen gemeinsam einsetzen?**

Ist unschädlich. Aber besser erst die Leistung der DLS Fahrzeuge ausnutzen, bevor S- oder M-Schaumrohre ebenfalls eingesetzt werden.

**41. Was passiert mit dem Schaum nach der Brandbekämpfung z.B. Pkw Brand oder beim Spülen an der Einsatzstelle?**

Eine vernünftige Anwendung vorausgesetzt, verdampft der überwiegende Teil des Druckluftschau- mes bzw. das WS-Gemisch dringt in die Oberflächen der brennbaren Stoffe ein und bewirkt somit ei- ne nachhaltige Löschwirkung. Die Schaummittellösung ist für die an die Kläranlage angeschlossene Kanalisation kein Problem.

Die beim Löschen anfallenden Tenside stellen nur einen Bruchteil dessen dar, was regelmäßig von der Bevölkerung durch Waschen, Duschen etc. in die Kläranlage eingetragen wird. Das Spülen der Schläuche sollte sich auf das notwendige Maß beschränken. Die Schaumblasen sind durch kurzes Spü- len zu entfernen, um die Schläuche besser aufrollen zu können.

**42. Was ist bezüglich des Umweltschutzes zu beachten?**

Die Schaummittel sind bezüglich ihrer Inhaltsstoffe zu unterscheiden. Die fluorfreien Schaummittellö- sungen gelten als relativ unbedenklich, wenn diese in ausreichender Verdünnung in die Kanalisation gelangen. Wird der Übungshof der Feuerwache für gelegentliche Schaumübungen genutzt, sollte die Thematik mit dem Kläranlagenbetreiber erörtert werden. Anmerkung: Class A Schaummittel enthal- ten keine Fluortenside sondern Kohlenstofftenside.

Sollten fluorhaltige Schaummittel für den Übungsbetrieb verwendet werden sind diese Stoffe aufzu- fangen und zu entsorgen [27].

Die meisten fluorfreien Schaummittel sind nach den Herstellerangaben weitgehend biologisch abbau- bar. Dieser Prozess ist aber zeitabhängig und kann mehrere Tage dauern. Weitergehende Informatio- nen sind den Datenblättern der Hersteller von Schaummitteln zu entnehmen.

Es ist darauf zu achten, dass der Schaum nicht in Oberflächengewässer eingetragen wird. Für den Übungsbetrieb bieten die Hersteller auch Übungsschaummittel an, die nach Wassergefährdungs- klasse 1 klassifiziert sind und eine praxisnahe und umweltfreundliche Ausbildung ermöglichen.

Für den Einsatz gilt: Im Brandschutt überwiegen die toxischen Verbrennungsprodukte. Schaummittel- rückstände sind hier nicht relevant. Die nicht verdampften Schaumreste trocknen nach einer gewis- sen Zeit ein. Die Rückstände sind marginal, sofern ausschließlich Druckluftschaum eingesetzt wird.

**43. Wie kann ich größere Schaumrückstände an der Einsatzstelle infolge des Spülens der Schläuche vermeiden?**

Indem der Umfang des Spülvorgangs wie zuvor beschrieben auf das absolut notwendige Maß be- schränkt wird. Es ist nicht notwendig die allerletzte Schaumblase aus Anlage und Schlauchleitung zu spülen. Das Ende der Schlauchleitung sollte, wenn möglich in einen Kanalablauf gehalten werden. Wenn unbedingt nötig, kann die DZA auch auf der Wache gespült werden.

Bei größeren Einsatzstellen (z. Bsp. Industrielager), wo die Schläuche zu einem späteren Zeitpunkt von der Einsatzstelle geräumt werden, kann man den Schaum einfach eintrocknen lassen.

#### **44. Gibt es eine Phasentrennung zwischen der Druckluft und dem WS-Gemisch?**

Schläuche und Leitungen sind unter Druck mit Wasser, Schaummittel und Luft gefüllt. Ist das Strahlrohr geöffnet, dann wird die Dispersion über ein Strahlrohr ins Freie transportiert. Druckluftschaum steht nach der Düse als eine homogene Schaumblasenstruktur zur Verfügung. Bleibt das Strahlrohr > 30 Sekunden geschlossen, dann setzt sich das WS-Gemisch, bedingt durch die Schwerkraft, nach unten ab, während sich im oberen Teil der Leitungen und Schläuche Schaumblasen befinden. 1 bis 2 Sekunden nach dem Öffnen des Strahlrohres kommt es wieder zu einer vollständigen Durchmischung des gesamten Leitungsinhaltes. Es ist ferner zu beobachten, dass das erneute Vermischen schon durch Bewegen des Strahlrohres bzw. des Schlauchs (Schütteln) erfolgt. Auf die Löschmittelabgabe hat die Phasentrennung keine negativen Auswirkungen. Mit einem in die Angriffsleitung eingekuppelten transparenten Schlauch lässt sich dies einfach nachvollziehen. [30]

#### **45. Wird die wasserabweisende Funktion der PSA durch Kontakt mit Schaummittel beeinträchtigt?**

Die PSA ist gegen das Durchdringen von Feuchtigkeit imprägniert und ist nach DIN EN 20811:1992-08 geprüft. Bei Probestücken, die mit Klasse A – Schaummittel kontaminiert wurden, gab es keine Unterschiede zu den Prüfungen der Schutzbekleidung mit reinem Löschwasser. Die wasserabweisende Funktion der PSA bleibt auch nach mehreren Waschgängen erhalten (5 Wäschen nach DIN ISO 6330:2013-02). Geprüft wurden die aktuell von den Feuerwehren Berlin und Ingolstadt verwendeten PSA. [31]

## Quellenangaben:

*Titelbilder: Brand Lokal, Seydelstraße/Neue Grünstraße, Stefan Rasch; Dachstuhlbrand, Dolziger Straße, Pressestelle Berliner Feuerwehr, Weitere Bilder: Berufsfeuerwehr Ingolstadt*

- [1] Liu/Kim: *A Review of Water Mist Fire Suppression Systems – Fundamental Studies*, National Research Council Canada, 2000. (S. 33- 34)
- [2] Gsell: *Assessment of Fire Suppression Capabilities of Water Mist*, University of Ulster, 2009/2010. (S. 6)
- [3] Försth et al.: *Spray Characterization of the Cutting Extinguisher*, Technical Research Institute of Sweden, 2012. (S. 35)
- [4] Vestal/Bridge: *A Quantitative Approach to Selecting Nozzle Flow Rate and Steam, Part 2*, Fire Engineering, January 2011. (S. 6; Frage 31 - S. 7-9)
- [5] Lyckeback/Öhrn: *Investigation on the gas-cooling effects of CAFS*, Lund University, Sweden, 2012. (S. 13; S. 107; S. 108; Frage 10 - S. 19)
- [6] Stern/Routley: *Class A Foam for Structural Firefighting*, U.S. Fire Administration/Technical Report Series, USFA-TR-083/ December 1996. (S. 17; S. 18)
- [7] Föhl: *Ermittlung der Anforderungen an Druckluftschaumsysteme im Löscheinsatz*, Brandschutzforschungsbericht 140, FFB Karlsruhe, 2004. (S. 3, 48, 75)
- [8] Taylor: *Compressed Air Foam Systems in limited Staffing Conditions*, Executive Development, Morristown Fire Bureau, New Jersey, 1997. (S. 95; S. 101)
- [9] Dlugogorski et al.: *Water Vapour as an Inerting Agent*, University of Newcastle, 1997. (S. 7- 8)
- [10] DIN EN 16327: *Feuerwehrwesen - Druckzumischanlagen (DZA) und Druckluftschäumenanlagen (DLS)*, 2014.
- [11] DIN 14811/A2:2014-08: *Feuerlöschschläuche - Druckschläuche und Einbände für Pumpen und Feuerwehrfahrzeuge*.
- [12] DIN EN 1568: *Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 3: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwertschaum*, 2010-07.
- [13] Colletti: *Specifying Foam Systems*, MDM Publishing Ltd, 2000-2004. (S. 2)
- [14] NFPA 11: *Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion-Foam, Chapter 7 Compressed Air Foam Systems, 7.15 Discharge Density*
- [15] Braun: *Versuche zur Ermittlung des Arbeitsbereiches von Druckluftschäumenanlagen*, Berufsfeuerwehr Ingolstadt, 2011.
- [16] *Empfehlung, CAF-Ausbilder der Feuerwehr Leicestershire*, Gavin Barnett
- [17] Büro für Brandschutz, Prein & Partner: *Durchführung von Löschversuchen in Räumen natürlicher Größe zur Ermittlung der Lösch- und Temperatureffekte mit dem Löschmittel CAFS in dem Zeitraum von 23. Juni 2014 bis zum 26. Juni 2014, Juli 2014*.
- [18] Braun: *Erfahrungsbericht Druckluftschäum-Brandbekämpfung*, Berufsfeuerwehr Ingolstadt, 1998. (S.26 Zusammenfassung)
- [19] Cavette: *Bubbles beat water*, Los Angeles County Fire Department, Fire Chief, USA, Juli 2001. (S.3 test results)
- [20] Orlik: *Protokoll zu Versuchen der maximalen Durchflussmenge eines B- Schlauches*, Berliner Feuerwehr, 2015
- [21] Autorenkollektiv: *Technischer Bericht Druckluftschäum, Referat 5, TWB der vfdb e.V., 2010. (Frage 13- S. 42; Frage 14 - S. 43)*
- [22] Föhl/Schaaf : *Untersuchung der Haltbarkeit von Druckluftschäum führenden Feuerwehrschräuchen unter Wärmebeaufschlagung im Vergleich zu Wasser führenden*, Brandschutzforschungsbericht 150, FFB Karlsruhe, 2008. (Frage 14 - S. 25)
- [23] Orlik: *Protokoll zu Versuchen der Geräusentwicklung bei Schlauchplatzern mit dem Löschmittel CAF*, Berliner Feuerwehr, 2015.
- [24] Hoppert: *Löschmittelförderung in die Höhe von 120 m, Druckluftschäum und Wasser im Vergleich*, Vortrag der BF Offenbach am Main, 2003.
- [25] Schumann/Müller: *Brandbekämpfung mit Schaum im Bereich elektrischer Anlagen*, BrandSchutz, 2015.
- [26] Büro für Brandschutz, Prein & Partner: *Löschversuche mit CAF im Außenangriff- Untersuchung der Verhältnisse im Vorraum*, 2014.
- [27] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: *Merkblatt DWA-M 718, Kapitel 7, Entsorgung*, 2013. (S. 9)
- [28] DIN VDE 0132: 2015-10: *Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen, Tabelle 6 - Löschschaum nach Reihe DIN EN 1568*
- [29] [29] De Vries: *Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum – Technik und Taktik*, ecomed verlagsgesellschaft AG & Co. KG, 1. Auflage 2000, Seite 182
- [30] vfdb Zeitschrift 2/2011, Seite 116
- [31] *Mitteilung Firma Texport vom 04. Oktober 2016*