

# Untersuchungen zur Dimensionierung von Löschanlagen zur Behälterschäumung

Dr.-Ing. Holger de Vries, Hamburg  
Dipl.-Ing. Matthias Dietrich, Wuppertal

**Abstract:** Zur schnellen und nachhaltigen Löschung von Behälterbränden (Wannen, Tröge, Kübel) sind Schaumlöschanlagen besonders geeignet. Da diese Behälter teilweise schwer zugänglich sind und der Einbauraum für Komponenten der Löschanlage oft begrenzt ist, erfordert die Planung der Anlage eine sorgfältige Auswahl der Schaumlöschdüsen. In dieser Arbeit werden handelsübliche Schaumdüsen und deren Wirksamkeit untersucht und die Ergebnisse dargestellt.

## 0 Einführung

In verschiedenen Industriezweigen werden offene oder geschlossene Behälter (Wannen, Tröge, Kübel) verwendet, um brennbare Stoffe zu lagern, zu mischen oder zu verarbeiten. Bei offenen Behältern und bei Vorhandensein von Stoffen der Brandklassen A und B können Gaslöschanlagen oftmals gar nicht (weil der Behälter nicht geschlossen ist) oder nicht nachhaltig (Glutbrand!) wirksam sein (vgl. Tab. 1).

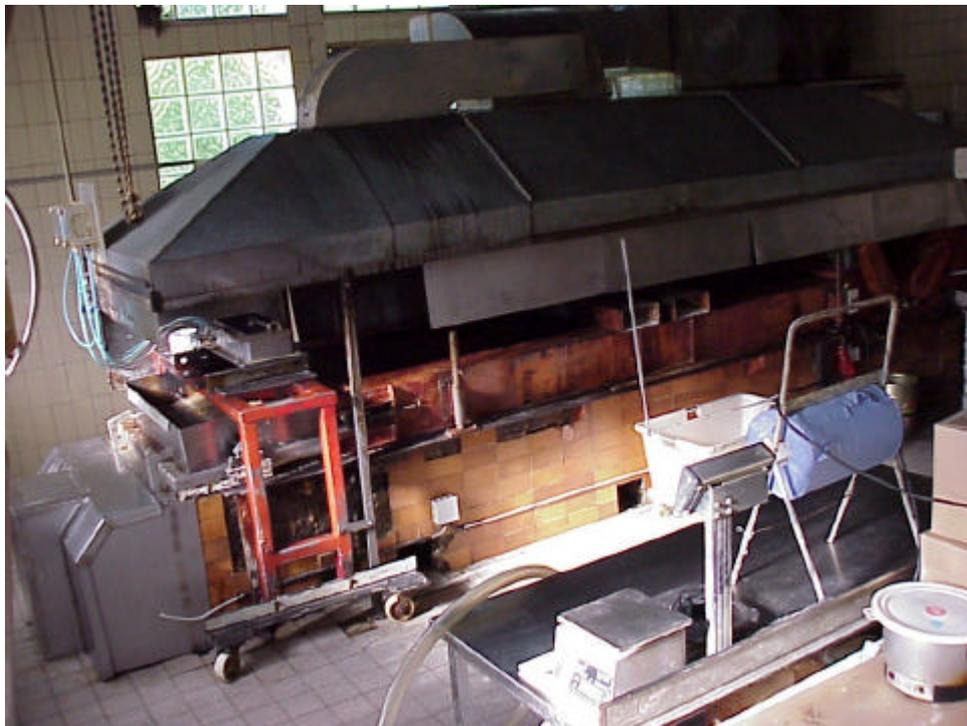


Abb. 1: Grossfriteuse

Mittlerweile sind Schaummittel handelsüblich, mit denen bereits bei Zumischraten von 0,1 bis 1 % Verschäumungen und Löschwirksamkeit nach DIN 14 272 bzw. DIN EN 1568 [1] erreicht werden können. Diese Schaummittel sind ursprünglich als Schaummittel gegen die Brandklasse A („Class-A-Foam“, Netzwasser) auf den europ. Markt gekommen, besitzen aber i.d.R. auch die Zulassung für die Brandklasse B 2, 3, 4, vgl. 5]

Die o. g. Behälter sind teilweise so konstruiert oder so „verschachtelt eingebaut“, dass sie schwer zugänglich sind und/oder dass wenig Platz für die Anbringung von Löschdüsen zur Verfügung steht. Je nach Behältergröße und –geometrie sowie unter Berücksichtigung der Kosten für die unterschiedlichen Düsen sowie erforderlichen Leitungslängen kann eine kombinierte Verwendung von Schwer- und Mittelschaumdüsen erforderlich sein.

In dieser Arbeit werden z. Zt. handelsübliche (Schaum-)Düsen auf ihre Verwendbarkeit hin untersucht. Leider waren einige Firmen nicht in der Lage z. B. die Verschäumungszahl für die von ihnen hergestellten bzw. vertriebenen Düsen anzugeben. Es war daher erforderlich, eigene, systematische Messungen unter reproduzierbaren Bedingungen durchzuführen.

Die effektive Bekämpfung Behälterbrandes kann - was das Übergreifen auf andere Betriebseinrichtungen bzw. -teile und den drohenden Produktions- bzw. Betriebsausfall angeht - besonders zeitkritisch sein. Daher ist eine intelligente Kopplung mit Meldern zur Brandfrüherkennung in Verbindung mit einer Brandmeldezentrale mit einer entsprechenden eindeutigen Auswerte- und Auslöselogik erforderlich. Diese muss nicht nur sicherstellen, dass bei Entstehung eines Brandes effektiv gelöscht wird sondern insbesondere auch, dass Fehlalarme nicht zur (Fehl-)Auslösung der Löschanlage führen.

**1 Wahl eines geeigneten Löschmittels**

Untersuchungen im Fachbereich Sicherheitstechnik der Bergischen Universität Wuppertal haben gezeigt, daß Schaum unter best. Voraussetzungen als Löschmittel für die Bekämpfung von Behälterbränden am besten geeignet ist (vgl. Tab. 1). Je nach Lage und Geometrie des zu schützenden Behälters und der örtlichen Gegebenheiten liegt derer Vorteil liegt hierbei im Wesentlichen in der Kombination einer Löschung mit Schwerschaum und einer Volumenschäumung durch Mittelschaum.

Tab. 1: Vor- und Nachteile verschiedener Löschmittel

Löschmittel	Vorteile	Nachteile
Wasser	große Kühlkapazität	friert bei Minusgraden
	einfach verfügbar	nicht einsetzbar bei Stoffen, die mit Wasser chemisch reagieren
		elektrische Leitfähigkeit des Löschmittels
		extreme statische Belastung der Anlage bei Flutung
		Gewichtszunahme durch Einbringen von Löschwasser in den Behälter -> statische Auslegung!
Schaum	ausreichende Kühlkapazität sowie auch erstickende Wirkung	Wasserbestandteile frieren bei Minusgraden
	geringe Dichte	nicht einsetzbar bei Stoffen, die mit Wasser chemisch reagieren
	geringe elektrische Leitfähigkeit des Löschmittels	Löschmittel muß entsorgt werden
Pulver	geringes Eigengewicht des Löschmittels	Feuer wird erstickt; bei Sauerstoffzufuhr kommt es zum Wiederentzünden
		Pulver erreicht den Brandherd nicht
		umfangreiche Reinigung der Behälteranlage erforderlich
Inertgas	kann auch bei Stoffen eingesetzt werden, die mit Wasser chemisch reagieren	Feuer wird erstickt; bei Sauerstoffzufuhr kommt es zum Wiederentzünden
	keine elektrische Leitfähigkeit des Löschmittels	große Mengen an Gas nötig
	kein Eigengewicht des Löschmittels	Anlage muß gasdicht sein
	keine Rückstände	hohe Einrichtungskosten

## 2 Technische Regeln

### DIN 14 493

DIN 14 493 [6] „gilt für die Errichtung und den Betrieb ortsfester Feuerlöschanlagen mit dem Löschmittel Schaum.“ Als problematisch erweist sich, daß sich die Anforderungen grundsätzlich auf die zu beschäumende Fläche beziehen. Hier werden Vorschriften für Festdachtanks, Schwimmdachtanks und deren Auffangräume festgelegt. Da bei der in dieser Arbeit betrachteten Behälterbrandbekämpfung jedoch Oberflächen- und/oder Volumenbeschäumung (hier betrachtet  $V < 30 \text{ m}^3$ ) durchgeführt wird, können diese Vorgaben der Norm nicht direkt angewendet werden. Die Anforderungen über den Aufbau der Löschanlage lassen sich dagegen auch für die entwickelte Anlage zur Behälterbrandbekämpfung übernehmen. Dasselbe gilt für die Bereiche „Aufbau“, „Auslösung“, „Änderung und Ergänzung bestehender Anlagen“, „Bedienungsanweisung“, „Sicherheitsanforderungen“, „Funktionsprüfung“ sowie „Wartung und Prüfung“.

Da „Löschanlagen, die dieser Norm entsprechen“ als „wirksamer Brandschutz“ anerkannt werden, ist es erforderlich, im Rahmen der Norm entsprechende Anforderungen auch für die Volumenschäumung zu formulieren.

Die Anforderungen an Leichtschaum-Löschanlagen (Verschäumungszahlen über 200) nach DIN 14 493 sind hier nicht relevant, da die Bekämpfung der Behälterbrände durch Leichtschaum nicht vorgesehen ist.

### VdS CEA-Richtlinie 4001

Die VdS CEA-Richtlinie 4001 [7] als „Richtlinie für Sprinkleranlagen - Planung und Einbau“ ersetzt die ehemalige VdS-Richtlinie 2092 und ist bei Sprinkleranlagen, die ab dem 01.01.2003 in Auftrag genommen werden, anzuwenden. In diesem Falle ist zu beachten, dass es sich bei der Behälterlöschanlage nicht um eine Sprinkleranlage, sondern um eine Sprühanlage handelt, die von einer BMA/BMZ angesteuert wird.

Die ehemalige VdS-Richtlinie 2092 behandelte lediglich Wasserlöschanlagen, während für „ortsfeste Schaumlöschanlagen in Gebäuden, Räumen oder für Betriebseinrichtungen bzw.-anlagen“ die VdS-Richtlinie 2108 anzuwenden war. Mit Einführung der VdS CEA 4001 wurde auch die VdS-Richtlinie 2108 zurückgezogen, da nunmehr von der VdS CEA 4001 (Anhang M) auch unter Zumischung von filmbildenden Schaummitteln betriebene Sprinkleranlagen erfasst werden.

Folglich gilt die VdS CEA 4001 auch für die Behälterbrandbekämpfung durch Löschschaum. Insbesondere der zitierte Anhang M kann hierbei angewendet werden. Schwierigkeiten treten jedoch bei der Anwendung der allgemeinen Anforderungen der VdS-Richtlinie CEA 4001 auf. Diese festgelegten Anforderungen können für die Behälterbrandbekämpfung somit lediglich sinngemäß übernommen werden.

Schutzziel einer Sprinkleranlage ist es, einen auf die Wirkfläche bezogenen Gebäudebrand zu beherrschen bzw. eine Brandausbreitung sicher zu behindern. Hierfür ist u. U. (je nach Brandgefahr) eine Wirkzeit (früher: „Mindestbetriebszeit“) zwischen 30 bis 90 Minuten erforderlich. Der Wasservorrat muß dementsprechend für diesen Zeitraum dimensioniert werden.

Bei der Behälterbrandbekämpfung durch Löschschaum soll die effektive Flutung der Behälteranlage bereits innerhalb von maximal zwei Minuten abgeschlossen sein: Um Sekundärschäden zu verhindern, sollten Behälterbrände innerhalb dieser Zeitspanne gelöscht bzw. zumindest wirksam eingedämmt werden. Daher ist an dieser Stelle eine besondere Bemessungsgrundlage notwendig: Einschließlich eines großzügigen Sicherheitszuschlages wird hier in der Regel eine Wirkzeit der Löschanlage von 15 Minuten für realistisch gehalten. Trotzdem muß die Festlegung der Wirkzeit unter Abwägung des Gefahrenpotentials in Verbindung mit dem festgelegten Schutzziel bei jeder Anwendung im Zuge einer Einzelfallbetrachtung erfolgen. Über diese Wirkzeit der Löschanlage kann die Menge des zu bevorratenden Schaummittels ermittelt werden.

Des weiteren empfehlen die Autoren, die Wasserversorgung für die Schaumlöschanlage durch zwei verschiedene Systeme sicher zu stellen: Zum Einen wird die Anlage an das Trinkwassernetz angeschlossen (vgl. VdS-Richtlinie CEA 4001 – Abschnitt 8.2). Zusätzlich sollte eine Einspeisung für die Feuerwehr vorhanden sein (im Sinne einer „halbstationären Anlage“ - vgl. VdS-Richtlinie CEA 4001 – Abschnitt 7.1.1). Diese erfolgt – je nach Größe der Anlage - über eine B-Kupplung mit anschließender Leitung bis vor den Zumischer. Um im Versorgungsbetrieb über die Trinkwasserleitung keinen Druck an der Einspeisestelle zu bekommen, muss ein Rückschlagventil zwischengeschaltet sein.

Beim unmittelbaren Anschluss an das Wasserleitungsnetz ist die Zustimmung des Wasserversorgungsunternehmens erforderlich. Gemäß VdS CEA 4001 ist eine anerkannte Sicherungseinrichtung mit DVGW-Prüfzeichen zu verwenden.

Bei Auslösung der Schaumlöschanlage wird automatisch eine Sprinklerglocke aktiviert. So werden die Betriebsangehörigen über das Brandereignis informiert und können weitere Maßnahmen (Kontrolle der automatischen Löschung, ggf. Alarmierung der Feuerwehr, Räumung der Betriebsstätte) durchführen.

### **DVGW-Arbeitsblatt W 405**

Laut DVGW-Arbeitsblatt W 405 muß verhindert werden, dass mit Schaummittel versetztes Wasser in das Trinkwassernetz fließen kann [8 vgl. 9].

## **3 Feuerlöschschaum**

Bei Löschschaum handelt es sich um eine Kombination aus Wasser, Schaummittel und Luft. Das Schaummittel wird in der Regel mit einer Zumischrate von 0,5 bis 5% dem Löschwasser zugeführt. In Verbindung mit Luft schäumt das Wasser-/Schaumittelgemisch auf und sorgt so für eine Volumenvergrößerung. Das Verhältnis des Schaumvolumens zum Wasser- Schaumittelvolumen wird Verschäumungszahl genannt.

Löschschaum kann in drei Kategorien unterteilt werden:

**Schwerschaum:** Verschäumungszahlen bis 20

**Mittelschaum:** Verschäumungszahlen 21 bis 200

**Leichtschaum:** Verschäumungszahlen über 200

## 4 Grundlagen für die Behälterbeschäumung

Die Beschäumungszeit setzt sich aus folgenden Intervallen zusammen:

$$t_{\text{ges}} = t_{\text{Ventil}} + t_{\text{Zumischer}} + t_{\text{Lösch}}$$

Hierbei besagen die Zeitintervalle:

- $t_{\text{Ventil}}$ : Dauer von der Brandmeldung bis zum vollständigen Öffnen der zum Löschvorgang notwendigen Ventile.
- $t_{\text{Zumischer}}$ : Dauer von der Öffnung der Ventile bis zum Eintreffen des Wasser-/Schaummittelgemisches an der Schaumdüse.
- $t_{\text{Lösch}}$ : Eigentliche Löschdauer; Zeit zwischen der ersten Erzeugung des gewählten Schaums bis zur kompletten Füllung des Behältergehäuses.

### $t_{\text{Ventil}}$ :

Stand der Technik sind derzeit Ventile, die innerhalb von ca. 1-2 Sekunden vollständig geöffnet werden. Aus diesem Grund kann die Zeitverzögerung durch Ventilöffnung im Weiteren vernachlässigt werden.

### $t_{\text{Zumischer}}$ :

Die Dauer bis zum Eintreffen des Wasser-/Schaummittelgemisches an den Schaumdüsen läßt sich in zwei weitere Phasen aufspalten:

$$t_{\text{Zumischer}} = t_{\text{Aktivierung}} + t_{\text{Fließ}}$$

- $t_{\text{Aktivierung}}$ : Dauer nach Öffnung der Ventile bis zum Austritt des gewählten Wasser-/Schaummittelgemisches am Zumischer.
- $t_{\text{Fließ}}$ : Zeit zwischen Austritt des Wasser-/Schaummittelgemisches am Zumischer bis zum Eintreffen an der Schaumdüse

$t_{\text{Fließ}}$  läßt sich über die Formel

$$t_{\text{Fließ}} = S_L / v_{\text{Fließ}}$$

bestimmen.

Hierbei ist:

- $S_L$ : Leitungslänge  
 $v_{\text{Fließ}}$ : Fließgeschwindigkeit

Bei der Ermittlung der Löschdauer  $t_{\text{Lösch}}$  muß ggfs. berücksichtigt werden, daß in unterschiedlichen Bereichen evtl. mit unterschiedlichen Düsen gearbeitet wird. Dann müssen diese getrennt berechnet werden.

Die effektive Löschdauer für das Behältervolumen bzw. das Teilvolumen  $V_{\text{Behälter},i}$  des Behälters ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$t_{\text{Lösch},i} = k_A \times (V_{\text{Behälter},i} / v_{\text{Schaum},i})$$

Hierbei bedeuten:

- $k_A$ : Abbrandfaktor ( $\geq 1$ ); [ - ]:

Da bei steigenden Temperaturen ein Teil des Löschschaums zerfällt und somit nicht für die Flutung des Behälters zur Verfügung steht, muß der Abbrandfaktor bei der Berechnung der Löschdauer berücksichtigt werden.

Versuche [10] haben gezeigt, daß unter ungünstigen Bedingungen bis zu 50% des Schaums zerstört werden kann. Aus diesem Grund wird der Abbrandfaktor im Folgenden auf 2 (worst case) festgelegt.

$V_{\text{Behälter},i}$ : Behältervolumen bzw. das Teilvolumen  $i$  des Behälters

$v_{\text{Schaum},i}$ : Entstehungsgeschwindigkeit des Schaums in Abhängigkeit von der verwendeten Schaumdüse

$t_{\text{Lösch}}$  wird willkürlich z. B. auf zwei Minuten (s. o.) festgelegt. Der Brand soll hierbei bereits nach der ersten Minute gelöscht sein, jedoch wird die Schaumflutung zur Sicherheit um eine weitere Minute verlängert.

Die Menge der zu installierenden Schaumdüsen wird somit aus der vorgegebenen maximalen Löschdauer errechnet. Menge der benötigten Schaumdüsen:

$$n = \text{Behältervol. [m}^3\text{]} \times 1000 \text{ [l/m}^3\text{]} / (\text{Löschdauer [sec]} \times \text{Schaumbildungsgeschwindigkeit [l/sec]})$$

Bei einer Löschdauer von 60 sec:

$$n = \text{Behältervol. [m}^3\text{]} \times 1000 \text{ [l/m}^3\text{]} / (60 \text{ sec} \times \text{Schaumbildungsgeschwindigkeit [l/sec]})$$

Weiter ist zu überprüfen, ob nach der vorgegebenen Löschdauer der Flutungsvorgang für die Behälter bzw. das Teilvolumen abgeschlossen werden kann.

## 5 Düsenauswahl

### 5.1 Bestimmung von Verschäumungszahlen

Im Rahmen von Laborversuchen wurde die Eigenschaften verschiedener handelsüblicher Düsen untersucht. Der Schwerpunkt der Beobachtungen lag dabei weniger auf dem optischen Erscheinungsbild des Sprühverhaltens oder den Reichweiten bzw. Überdeckungen der Reichweiten der Schaumdüsen. Vielmehr wurden die realisierbaren Verschäumungszahlen und Wasserhaltezeiten bei verschiedenen Behälterformen ermittelt.

Folgende Düsen wurden verwendet:

Hersteller	Typ	Durchmesser r [mm]	Höhe [mm]
Angus Fire	Foam/Water Sprinkler K40	60	86
Baas	Rotierende Tankreinigungsdüse „Winzling“	25	86
Minimax	Schaum/Wasser-Düse K40	75	90
Rokon	Rotierende Tankreinigungsdüse SS-3,2	45	130
Spraysafe	SS 07	60	65
Total Walther	Mittel-Schaum-Düse (MSD) 40	150	150
Total Walther	Mittelschaumrohr M2	200	400
Total Walther	Schaumsprenger Typ SP 02/6 (nicht mehr lieferbar)	70	195
Total Walther	Schaum-Wasser-Sprinkler Typ 4-243-05	53	150

Eine weitere Düse vom Typ 46550-1.5-PP der Fa. Typ Spraying Systems Co. ( $d = 110$  mm,  $h = 300$ ) wurde leider erst nach Abschluß der Versuchsreihe verfügbar und noch nicht untersucht.

Abb. 2 a-j: Abbildungen der Schaumdüsen



Abb. 2 a: Angus K40



Abb. 2 b: Baas "Winzling"



Abb. 2 c: Minimax K40



Abb. 2 d: Rokon SS-3,2



Abb. 2 e: Spraysafe SS 07



Abb. 2 f: TWF MSD 40



Abb. 2 g: TWF M2



Abb. 2 h: TWF SWS 4-243-05



Abb. 2 i: TWF SP 02/6



Abb. 2 j: Spraying Systems Co. 46550-1.5-PP

### 5.1.1 Versuchsablauf

Jeder Versuch wurde an drei verschiedenen Objekten durchgeführt:

- Zylinder
- Halbkugel
- Tonne

**Zylinder:** Der Zylinder hat eine lichte Weite von 30 cm, eine Höhe von ca. 120 cm und Fassungsvermögen von 80 l. Er ist am unteren Ende mit einem Trichter und einem Absperrventil ausgestattet, über das sich absetzendes Wasser entnommen werden kann.

**Halbkugel:** Die Halbkugel hat ein Radius von 49 cm und Volumen von 250 l.

**Tonne:** Bei der Tonne handelt es sich um ein gewöhnliches Industriefaß aus Kunststoff. Es besitzt ein Fassungsvermögen von 120 l mit einer Höhe von 75 cm bei einem größten Radius von 50 cm.

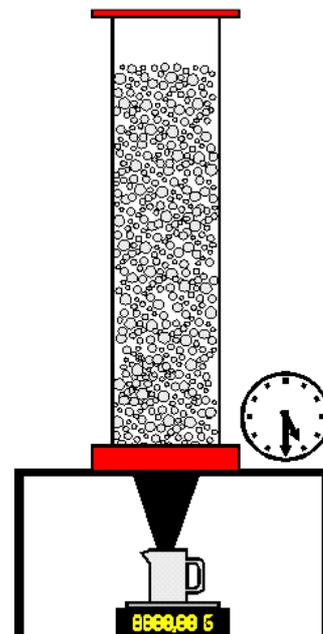


Abb. 3: Messzylinder zur Bestimmung von Verschäumungszahl und Wasserhalbzeit

Bei allen Versuchen wurden die Behälter vollständig mit Schaum gefüllt ( $V_S$  [l]).

Die Dauer des Füllvorgangs ( $t_F$  [sec]) wurde festgehalten und daraus die Entstehungsgeschwindigkeit ( $v_S$  [l/sec]) des Schaums ( $v_S = V_S / t_F$ ) ermittelt.

Aus der Menge des sich später abgesetzten Wasser-/Schaummittelgemisches ( $V_{WS}$  [l]) wurde die Verschäumungszahl ( $VZ$  [-] =  $V_S / V_{WS}$ ) errechnet. Die Verschäumungszahl bezeichnet die Volumenvergrößerung des sich mit Luft verbundenen Wasser-/Schaummittelgemisches.

Die Durchflußgeschwindigkeit des Wasser-/Schaummittelgemisches ( $v_{WS}$  [l/sec] =  $V_{WS} / t_F$ ) wurde aus der Menge des Wasser-/Schaummittelgemisches ( $V_{WS}$  [l]) dividiert durch die Fülldauer ( $t_F$  [sec]) errechnet.

Die Füllzeit  $t_f$  [sec] wurde auf volle 5 sec gerundet. Bei Füllzeiten von weniger als 5 sec, wurde das Ergebnis sekundengenau angegeben.

Bei Versuchen mit dem Zylinder wurde die Auswertung erweitert:

In festgelegten Zeitabständen wurde das sich absetzende Wasser-/Schaummittelgemisch abgelassen und das entsprechende Volumen bestimmt. Das abgelassene Wasser wurde in einem Koordinatensystem über der Zeit aufgetragen. Aus dieser Kurve konnten die „Wasserviertelzeit“ ( $t_{wv}$  [sec]) (als Kennzahl weit verbreitet im anglo-amerikanischen Raum) sowie die „Wasserhalbzeit“ ( $t_{wh}$  [sec]) ermittelt werden.

Jede Schaumdüse wurde mit einer Zumischrate von 0,5 sowie 1,0 % getestet. Alle Versuche wurden mindestens zweimal durchgeführt. Ergab sich aus zwei Versuchsläufen unter identischen Bedingungen (gleiche Schaumdüse und gleiche Zumischrate) eine Abweichung von über 20%, so wurde der Versuch ein drittes Mal wiederholt. In allen Fällen glich sich das Ergebnis des dritten Versuches bis auf wenige Prozent einem der beiden vorhergegangenen Versuche an.

### 5.1.2 Verwendete Geräte/ Materialien

**Schaummittel:** „Silv-ex G“ der Firma Total Walther, geeignet für eine Zumischung von 0,1 bis 1%

**Zumischer:** Doppelkolbenpumpenzumischer des Typs „HydroFlo“ der Firma Robwen

Die „Hydro-Flo“-Zumischer der Fa. Robwen [11] arbeiten nach dem Prinzip zweier gekoppelter Kolbenpumpen: Vom Löschwasserstrom wird ein Nebenweig durch eine Kolbenpumpe geleitet, von der ein Pleuel auf eine zweite Kolbenpumpe wirkt, mit der das Schaummittel gefördert wird und über ein Venturi-Element dem Löschwasserstrom zugemischt wird.

Diese Zumischer sind in zwei Größen erhältlich: „Hydro-Flo 100“ und „Hydro-Flo 500“. Beide können Schaummittel von 0,1 bis 1 Prozent zumischen und sind jeweils in tragbarer Ausführung oder für den festen Einbau in Fahrzeuge erhältlich. Der „Hydro-Flo 100“ ist ausgelegt für Durchflüsse von 18 bis 380 l/min und wiegt 15 kg. Der „Hydro-Flo 500“ ist ausgelegt für Durchflüsse von 100 bis 1.900 l/min und wiegt 44 kg. Zur Inbetriebnahme muß - in der tragbaren Version - der Zumischer lediglich in die Angriffsleitung eingekuppelt, der Schaummittel-Ansaugschlauch angekuppelt in den geöffneten Schaummittelbehälter gestellt, der Betriebsartschalter von „OFF - AUS“ auf „ON - AN“ gestellt und die gewünschte Zumischrate eingestellt werden. Der Zumischer mischt dann - innerhalb seines Betriebsbereiches - automatisch Schaummittel dem Löschwasserstrom zu.

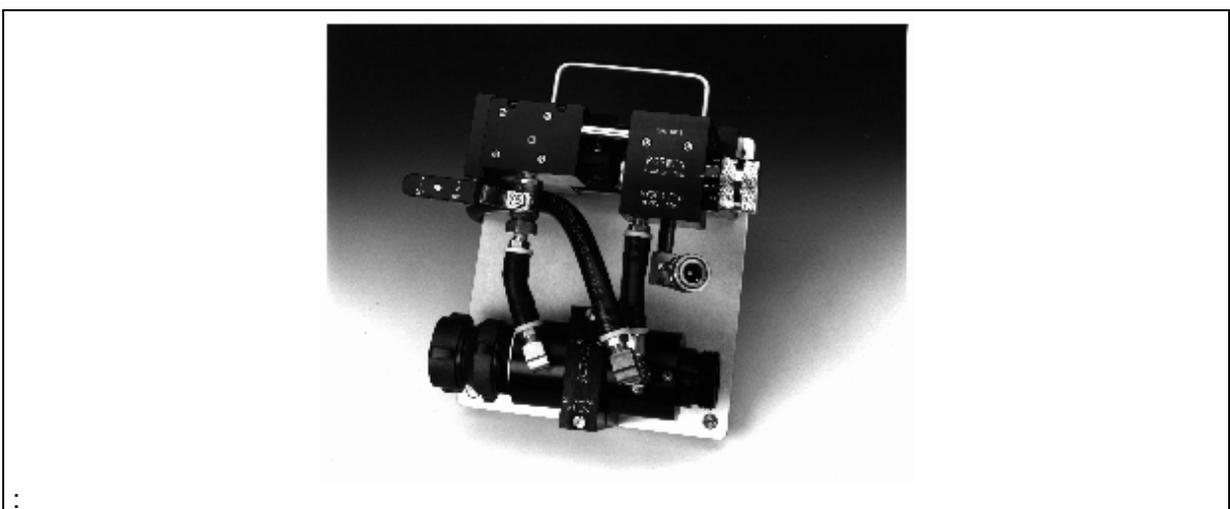


Abb. 4: Zumischer „Robwen Hydro-Flo 100P“

Geeignet sind ebenfalls die „FireDos-Zumischer“ der Fa. MSR Dosiertechnik [12], die nach dem Kolben- oder Rollenpumpenprinzip arbeiten. Sie sind in verschiedenen Ausführungen mit Nenndurchflusssmengen von 150 bis 4000 L/min erhältlich und - je nach Typ - für verschiedene Zumischraten von 0,3 bis 5 % ausgelegt. Die drei kleineren Modelle fördern das Schaummittel mit Kolbenpumpen, die größeren mit Rollenpumpen. Die Wasserturbine und die Schaummittelpumpe sind über eine Kupplung verbunden.

### 5.1.3 Versuchsbedingungen

**Wassertemperatur:** zwischen 15°C und 20°C, der Mittelwert betrug 18°C.

**Lufttemperatur:** 17°C und 23°C, der Mittelwert ergab 20°C.

**Wasserdruck an der Düse:** Je nach Angabe des Herstellers wurde mit einem Druck zwischen 3 und 5 bar gearbeitet.

**Luftdruck:** zwischen 0,970 bar und 0,993 bar Mittelwert 0,983 bar

### 5.1.4 Versuchsergebnisse

Zum.	Versuch	Angus K40		Baas "Winzling"		Minimax K40		Rokon SS-3.2		Spraysafe SS 07		TWF MSD 40		TWF M2		TWF SWS 4-243-05		TWF SP 02/6		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Zylinder	0,5%	VZ [-]	7,00	7,10	2,50	2,40	6,00	6,10	1,60	1,50	6,30	7,30	18,20	20,50	27,60	22,90	2,20	2,00	18,60	18,60
		WVZ [min]	7,00	7,00	4,00	4,00	7,00	6,00	3,00	3,00	8,00	9,00	7,00	7,00	5,00	5,00	5,00	4,00	15,00	10,00
		WHZ [min]	14,00	15,00	7,00	8,00	14,00	15,00	5,00	5,00	17,00	19,00	12,00	15,00	20,00	10,00	10,00	9,00	30,00	20,00
		v [l/sec]	1,15	1,12	0,41	0,39	0,89	0,88	0,21	0,24	0,84	1,10	0,88	0,78	0,97	1,17	1,04	1,16	0,29	0,29
		dV/dt [l/sec]	8,00	8,00	1,00	0,94	5,33	5,33	0,33	0,36	5,33	8,00	16,00	16,00	26,67	26,67	2,29	2,29	5,33	5,33
	1 %	VZ [-]	9,40	9,20	2,50	2,60	6,10	6,60	4,20	4,10	10,10	9,50	22,20	22,90	33,30	33,30	3,40	2,90	17,88	16,30
		WVZ [min]	12,00	10,00	4,00	5,00	8,00	10,00	2,00	5,00	12,00	13,00	9,00	8,00	30,00	30,00	6,00	4,00	6,00	15,00
		WHZ [min]	26,00	23,00	10,00	11,00	17,00	19,00	4,00	11,00	24,00	26,00	16,00	15,00	60,00	55,00	10,00	9,00	12,00	30,00
		v [l/sec]	0,85	0,87	0,53	0,42	1,31	1,21	0,24	0,26	0,79	0,84	0,72	0,70	1,20	1,20	1,17	1,09	0,23	0,25
		dV/dt [l/sec]	8,00	8,00	1,33	1,07	8,00	8,00	1,00	1,07	8,00	8,00	16,00	16,00	40,00	40,00	4,00	3,20	4,00	4,00
Halbkugel	0,5 %	VZ [-]	6,30	6,40	2,20	2,10	4,70	4,80	2,60	2,20	7,20	6,90	36,80	39,10	27,80	24,20	3,00	2,70	21,20	17,00
		v [l/sec]	1,14	1,13	0,42	0,44	1,06	1,15	0,22	0,24	1,00	0,91	1,36	1,28	2,25	2,28	1,12	1,07	0,26	0,24
		dV/dt [l/sec]	7,14	7,14	0,93	0,94	5,00	5,56	0,56	0,54	7,14	6,25	50,00	50,00	62,50	62,50	3,33	2,94	5,56	4,17
	1 %	VZ [-]	7,30	6,20	2,50	2,50	6,60	7,50	1,90	1,60	8,90	9,20	41,70	43,00	29,40	30,10	3,50	3,80	20,30	20,80
		v [l/sec]	1,15	1,15	0,44	0,44	0,95	0,95	0,58	0,53	0,94	1,08	1,20	0,58	2,13	2,08	1,10	1,11	0,25	0,24
		dV/dt [l/sec]	8,33	7,14	1,09	1,09	6,25	7,14	1,11	0,83	8,33	10,00	50,00	25,00	62,50	62,50	3,85	4,17	5,00	5,00
Tonne	0,5 %	VZ [-]	6,80	6,90	1,90	1,90	5,70	5,60	2,80	2,30	6,50	7,10	11,50	9,80	30,00	26,10	2,60	2,30	15,60	18,20
		v [l/sec]	1,17	1,15	0,42	0,43	1,41	1,08	0,22	0,16	0,93	0,85	1,04	1,22	2,00	1,53	0,97	1,14	0,26	0,22
		dV/dt [l/sec]	8,00	8,00	0,80	0,80	8,00	6,00	0,60	0,38	6,00	6,00	12,00	12,00	60,00	40,00	2,67	2,67	4,00	4,00
	1 %	VZ [-]	8,80	7,80	2,30	2,40	5,70	6,90	2,00	1,90	9,70	9,20	40,00	44,40	34,30	41,40	5,00	4,30	19,70	19,00
		v [l/sec]	1,37	1,03	0,43	0,45	1,41	1,53	0,12	0,12	0,83	0,87	0,60	0,54	1,75	1,45	0,98	1,11	0,24	0,25
	dV/dt [l/sec]	12,00	8,00	1,00	1,09	8,00	8,00	0,24	0,23	8,00	8,00	24,00	24,00	60,00	60,00	4,80	4,80	4,80	4,80	

Tab. 2: Meßergebnisse aller Düsen

Im Versuchsobjekt Zylinder wurden bei der Schaumdüse TWF MSD 40 Verschäumungszahlen über 20 erreicht. Bei einer Durchflußrate von 0,72 l/sec bedeutete dies eine Schaumbildungsgeschwindigkeit von ca. 16 l/sec. In der Halbkugel konnten sogar Verschäumungszahlen von 50 erzeugt werden. Hierbei wurden Schaumbildungsgeschwindigkeiten von bis zu 50 l/sec gemessen.

Die Tankreinigungsdüse „Winzling“ der Firma Baas erreichte Verschäumungszahlen unter 3. Bei der Durchflußrate von etwa 0,5 l/sec wurden so Schaumbildungsgeschwindigkeiten von maximal 1,5 ermittelt. Die Versuchsergebnisse in Zylinder, Halbkugel und Tonne waren weitgehend identisch.

Für Behälterbeschäumungen sind folgende kleine Schaumdüsen zu empfehlen (Zumischung 1%):

- Angus K40
- Spraysafe SS 07 (minimales Düsenvolumen)

Bei ausreichendem Montageraum bieten sich folgende Schaumdüsen an (Zumischung 1%):

- TWF MSD 40
- TWF M2 (maximale Schaumbildungsgeschwindigkeiten)

Anhand der nun vorliegenden Daten können für Behälter- und Behälteranlagen optimale Löschanlagen dimensioniert werden.

## 6 Literatur und Quellenverzeichnis

### Lieferantennachweis:

<b>Angus K40</b> Angus Fire Thame Park Road, Thame, Oxfordshire, UK, OX9 3RT Tel: +44 (0) 1844 265000 Fax: +44 (0) 1844 265156 E-mail: <a href="mailto:general.enquiries@kiddeuk.co.uk">general.enquiries@kiddeuk.co.uk</a> <a href="http://www.angusfire.co.uk">www.angusfire.co.uk</a>	<b>Baas "Winzling" und Rokon SS-3,2</b> Baas Düsentechnik: Dietrich Baas GmbH Wullener Feld 50 58454 Witten Telefon (0 23 02) 95 65 0-0 Telefax (0 23 02) 95 65 0-50 e-mail: <a href="mailto:info@baas-duesen.de">info@baas-duesen.de</a> <a href="http://www.baas-duesen.de">http://www.baas-duesen.de</a>
<b>Minimax K40</b> Minimax GmbH Industriestraße 10/12 23840 Bad Oldesloe  Telefon (0 45 31) 8 03-0 Telefax (0 45 31) 8 03-248 Email: <a href="mailto:info@minimax.de">info@minimax.de</a>	<b>Spraying Systems Co. 46550-1.5-PP</b> Spraying Systems Deutschland GmbH Großmoorkehre 1 21079 Hamburg  Tel.: 040 / 766 00 1-0 Fax: 040 / 766 00 1-33 eMail: <a href="mailto:info@spray.de">info@spray.de</a>
<b>Spraysafe SS 07</b> Spraysafe Ltd. - Marketing - Mrs Kate Wescott Corringham Rd Industrial Estate Gainsborough Lincolnshire DN21 1QB United Kingdom  Voice: 0044 - 1427 - 615 401 Fax: 0044 - 1427 - 610 433	<b>TWF MSD 40, TWF M2, TWF SWS 4-243-05, TWF SP 02/6</b> TOTAL WALTHER Feuerschutz und Sicherheit Herr Roy Waltherstr. 51 51069 Köln Tel. 0221 – 67 85 – 0 Fax: 0221 – 67 85 - 207

- 1 DIN EN 1568-1, Ausgabe:2001-03, Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 1: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Mittelschaum zum Aufgeben auf nicht-polare Flüssigkeiten; Deutsche Fassung EN 1568-1:2000,  
DIN EN 1568-2, Ausgabe:2001-03, Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 2: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Leichtschaum zum Aufgeben auf nicht-polare Flüssigkeiten;  
DIN EN 1568-3, Ausgabe:2001-03, Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 3: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwerschaum zum Aufgeben auf nicht-polare Flüssigkeiten;  
Deutsche Fassung EN 1568-3:2000,  
DIN EN 1568-4, Ausgabe:2001-03, Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 4: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwerschaum zum Aufgeben auf polare Flüssigkeiten;  
Deutsche Fassung EN 1568-4:2000
- 2 Fa. Sthamer: Produktinformation "Sthamex-class-A-synthetisches Schaumlöschmittel für Feststoffbrände und CAFS-Löschverfahren"; Hamburg; 1999
- 3 Fa. Schmitz GmbH Feuerwehr- und Umwelttechnik: Produktionformationen und EU-Sicherheitsfatenblatt ONE SEVEN Klasse A Schaummittel; Luckenwalde; 26.11.1998
- 4 Fa. Total Walther Feuerschutz Löschmittel GmbH: Produktionformationen und EU-Sicherheitsfatenblatt „Silv-ex G“; Ladenburg 1999
- 5 de Vries, H.: Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum - Technik und Taktik; ecomed Verlag Landsberg; ISBN 3-609-68740-1
- 6 DIN 14493-4, Ausgabe:1977-07 Ortsfeste Schaum-Löschanlagen; Leichtschaum-Löschanlagen  
DIN 14493-100, Ausgabe: 2002-09 Ortsfeste Schaumlöschanlagen - Teil 100: Anforderungen und Prüfung für Schaumlöscheinrichtungen für Schwer- und Mittelschaum
- 7 Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV); Büro Schadenverhütung (Hrsg.): VdS CEA-Richtlinien für Sprinkleranlagen - Planung und Einbau - VdS CEA 4001 : 2003-01 (01); Verlag VdS Schadenverhütung, Köln; vormals: Richtlinien für Schaum-Löschanlagen Planung und Einbau. VdS 2108, Verband der Sachversicherer e. V.,(02/85)
- 8 Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (Hrsg.): Arbeitsblatt W 405 Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung -Arbeitsblatt-7/78; Bonn
- 9 <http://www.dvgw.de/downloads.html>: twin03.pdf vom 12.03.2003
- 10 Pleß, G.; Lubosch, E.: Löschen mit Schaum, Rudolf Haufe Verlag; Berlin; 1991; S. 33-39
- 11 Vertrieb in Deutschland: Fa. Leader GmbH; Provinzialstr. 14; D-66130 Saarbrücken
- 12 Fa. MSR Dosiertechnik: Produktinformation „FireDos“.. MSR Dosiertechnik, Wölfersheim