

# Das Löschmittel Schaum

Schaum als Löschmittel hat bei der Brandbekämpfung in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen. Durch gezielten Schaumeinsatz ließen sich bessere Löscherfolge erzielen. Der Löschschaum wird nicht auf den Feuerwehrfahrzeugen mitgeführt, sondern am Einsatzort aus den drei Komponenten Wasser, Schaummittel und Luft entweder durch installierte Druckzumischanlagen oder mittels üblichen Z-Zumischern erzeugt. Die dominierende Wirkung des so erzeugten Schaums beruht auf dem Stick- und Kühleffekt.

Die Konzentration von Schaummittel im Wasser wird als Zumischrate bezeichnet. Bei einer 1 %-igen Zumischrate werden zum Beispiel 10 ml Schaummittel mit 990 ml Wasser zu 1000 ml Schaummittellösung gemischt. Durch weiteres Hinzufügen von Luft entsteht wie oben beschrieben der Löschschaum. Die dazugehörige Kenngröße ist die Verschäumungszahl (VZ), die aus dem Quotienten aus Schaumvolumen ( $V_2$ ) und Schaummittelvolumen ( $V_1$ ) gebildet wird:

$$VZ = \frac{V_2}{V_1}$$

Mit der Verschäumungszahl werden drei Arten von Löschsäumen charakterisiert, die wie in Tabelle 1 dargestellt unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Mit 99 Liter Luft und 1 Liter Schaummittellösung aus obigem Beispiel werden 100 Liter Mittelschaum mit einer Verschäumungszahl  $VZ = 100$  gebildet. Dieser Schaum enthält 0,99 % Wasser. Mit zunehmender VZ werden die Schaumbläschen größer und dadurch ergibt sich ein leichter Schaum. Umgekehrt ergeben sich bei abnehmender VZ kleinere Schaumbläschen verbunden mit einem schwereren Schaum.

Wird Schaummittellösung wie in Abbildung 1 zu Wasser gegeben, führt dies zu einer Verringerung der Oberflächenspannung des Wassers. Die kleinere Oberflächenspannung des Wassers reicht nicht mehr aus, um die Rußteilchen zu tragen. Bei Schaummittel handelt es sich meistens um Tenside, deren Moleküle eine hydrophile (wasserliebende) Kopfgruppe und ein langkettiges, hydrophobes (wasserabstoßendes) Ende haben. Die Moleküle lagern sich an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft wie in Abbildung 2 dargestellt an und senken durch ihren amphibilen Charakter die Oberflächenspannung des Wassers. Dies hat zur Folge, dass durch Einbringen von Luft die so erzeugten Luftbläschen stabilisiert werden. Dadurch kommt es zur Bildung von Schaum, dessen Lebensdauer begrenzt ist. [6] Eine Kenngröße, die diese Eigenschaft beschreibt, ist die Wasserhalbzeit (WHZ). Das ist die Zeit, nach der die Hälfte des im Schaum enthaltenen Wasser-Schaummittel-Gemisches wieder abgegeben wird. Je höher die WHZ, desto stabiler ist der Schaum. Für die meisten Schäume liegt die WHZ zwischen 15 und 30 Minuten.

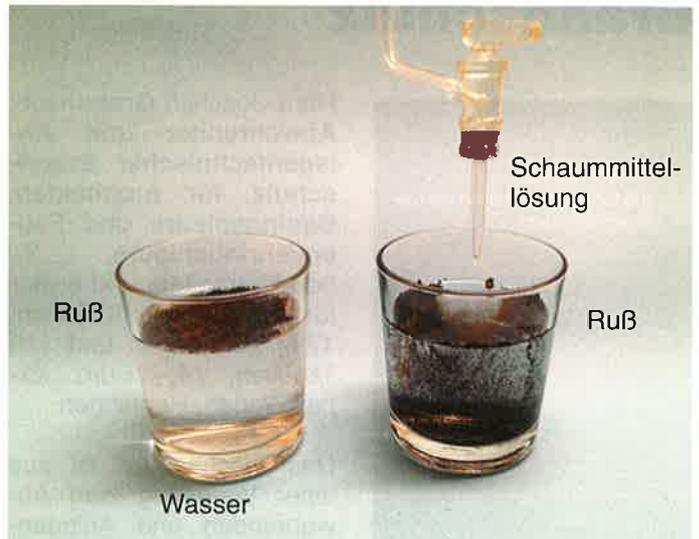


Abb. 1. Die Schaummittellösung verringert die Oberflächenspannung des Wassers. In der Folge sinkt der feine Ruß ein. [6]

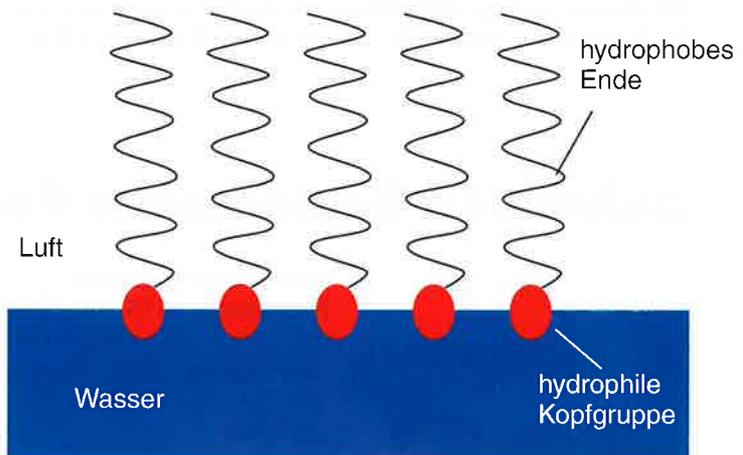


Abb. 2. Schematische Darstellung der grenzflächenaktiven Wirkung der Tensidmoleküle, deren hydrophile Kopfgruppe der Wasseroberfläche zugewandt ist. [6]

Als Schaummittel werden dabei natürliche Substanzen wie Eiweißprodukte (Proteinschaummittel) und synthetisch hergestellte Tenside verwendet. Zur Bekämpfung von Flüssigkeitsbränden brachte die Firma 3M (USA) in den sechziger Jahren ein Produkt unter dem Namen „Light Water“ auf den Markt. In den Folgejahren wurden weitere Produkte dieser AFFF-Schäume entwickelt. AFFF bedeutet „Aqueous Film Forming Foam“ (wasserfilmbildender Schaum). Wie der Name sagt, bilden diese Schäume wie in Abbildung 3 dargestellt einen dünnen, gasdichten Wasserfilm auf der brennenden Flüssigkeitsoberfläche. Stabilisiert wird der Wasserfilm durch die Anordnung der AFFF-Moleküle an der Grenzschicht

Schaumart	Verschäumungszahl VZ	Bläschengröße	Dichte $\rho$ [kg · m <sup>-3</sup> ]
Schwerschaum	< 20	Bruchteile eines Millimeters	> 50
Mittelschaum	20 bis 200	einige Millimeter	5 bis 50
Leichtschaum	> 200	etwa 10 Millimeter	< 5

Tab. 1. Verschiedene Arten von Löschsäumen [1]

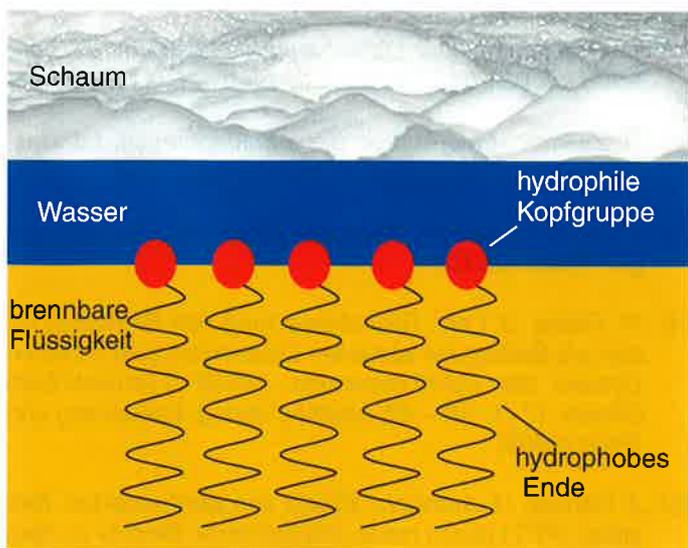
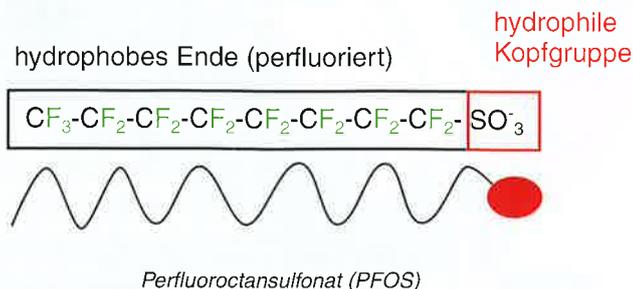


Abb. 3. Anordnung der AFFF-Moleküle an der Grenzschicht Wasser/brennbare Flüssigkeit

brennbare Flüssigkeit/Wasser. Die geringe Wasserhalbzzeit von AFFF-Schäumen begünstigt die Ausbildung des Wasserfilms, der für eine Abkühlung des Brandgutes sowie eine schnelle Ausbreitung des darüberliegenden Schaums sorgt. Wird der Wasserfilm beschädigt, fließt er von selbst wieder zusammen. Es muss gesagt werden, dass mit dem AFFF-Verfahren nur bei Bränden unpolarer Flüssigkeiten (mit Wasser nicht mischbar) sehr gute Löscherfolge erzielt werden. Bei polaren Flüssigkeiten (mit Wasser mischbar) sind alkoholbeständige Varianten von AFFF-Schäumen einzusetzen. Als Beispiel sei das AFFF-AR-Schaummittel genannt. AR steht für „Alcohol resistant“ (Alkohol beständig). Zusätzlich zum Wasserfilm bildet sich bei diesem Verfahren ein Polymerfilm aus. Damit lassen sich Brände polarer Flüssigkeiten wie Alkohole und Ketone löschen.

Die AFFF-Schaummittel beinhalten fluoridierte Verbindungen, die toxische Eigenschaften aufweisen und die Umwelt gefährden. Sie stehen auf der Liste der persistenten organischen Schadstoffe POP („Persistent Organic Pollutant“). Für den toxikologisch bedeutendsten Vertreter dieser Stoffe, das in vielen fluoridierten Schaummitteln enthaltene Perfluorooctansulfonat (PFOS), besteht seit 26.6.2008 ein Verbot des Inverkehrbringens und der Verwendung. PFOS-haltige Schaummittel, die vor Dezember 2006 beschafft wurden, durften noch bis Juni 2011 aufgebraucht werden. PFOS zählt zur Stoffgruppe der perfluorierten Tenside (PFT). Das sind Tenside, bei denen alle kohlenstoffgebundenen Wasserstoffatome durch Fluor (F)

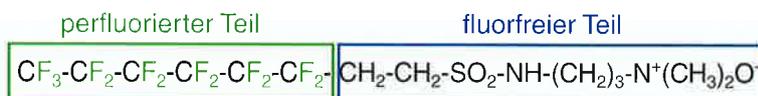


substituiert sind. Man spricht dabei von einer Perfluorierung. Die Vorsilbe „per“ leitet sich vom lateinischen Wort per (vollständig, völlig) ab.

Wie alle Tenside weist auch PFOS einen amphibilen Charakter mit einem perfluorierten Alkylrest als hydrophobes Ende und der Sulfonatgruppe als hydrophiler Kopfgruppe auf. [5] Die Eigenschaft, eine wasserfilmbildende Schicht auf einer unpolaren Flüssigkeit zu bilden, ist auf diese Perfluorierung zurückzuführen.

PFOS und die anderen PFT sind in der Umwelt persistent, d.h. extrem langlebig. Die Halbwertszeit in der Umwelt beträgt bis zu 2000 Jahren. Ein Grund ist, dass es sich bei der polaren Kohlenstoff-Fluor-Bindung um die stabilste Bindung in der organischen Chemie handelt. [5] PFOS reichert sich in der Nahrungskette an. Die Persistenz im menschlichen Organismus beträgt mehrere Jahre. Der Eintrittspfad in die Umwelt beim Schaumeinsatz ist häufig die Kläranlage, wo PFOS nicht abgebaut wird. Es findet sich im Klärschlamm wieder und gelangt weiter über den Pfad Kläranlagenablauf/Vorfluter/Grundwasser ins Trinkwasser. PFOS ist lebertoxisch, fruchtschädigend und steht im Verdacht, krebserregend zu sein.

Für die PFT wurden Ersatzstoffe angeboten, die in Bezug auf Löschwirkung bei Flüssigkeitsbränden vergleichbare Eigenschaften wie die PFT aufweisen. Dabei handelt es sich um sogenannte polyfluorierte Tenside. Die Vorsilbe „poly“ stammt vom griechischen Wort πολύς (transkribiert: polys) für „viel“. Bei dieser Verbindungsklasse sind nicht wie bei den PFT alle kohlenstoffgebundenen Wasserstoffatome durch Fluor (F) substituiert. Neben den C-F- sind auch C-H-Bindungen vorhanden. Das Molekül besteht aus einem perfluorierten und einem fluorfreien Teil.



Beispiel eines polyfluorierten Tensids: Capstone Produkt A der Fa. DuPont [5]

Der Molekülaufbau der polyfluorierten Tenside ist komplizierter als bei den PFT. Der fluorfreie Teil kann im aquatischen Milieu einem biologischen Abbau unterliegen. Übrig bleibt der perfluorierte Rest, sodass eine perfluorierte Verbindung entstehen kann. Ein Abbau zu PFOS findet nicht statt. Es können jedoch andere perfluorierte Stoffe gebildet werden, die wie oben beschrieben bioakkumulierend und persistent sind. [5]

Macht es die Gefahrenlage erforderlich, AFFF-Schaummittel auf den Fahrzeugen mitzuführen, bietet sich im Zuge einer Fahrzeugneubeschaffung das Ausrüsten mit zwei Schaummitteltanks an. Ein Behälter kann zum Beispiel mit Mehrbereichsschaummittel und der andere mit einem alkoholbeständigen AFFF-Schaummittel gefüllt werden. Je nach Einsatzlage hat man dann die Auswahl, das richtige Schaummittel einzusetzen. Ein versehentliches Drücken der Taste des AFFF-Schaummitteltanks kann zusätzlich durch eine verplombte Klappe gesichert werden. [3]

Bei einem Großbrand ergab die Analyse des Löschwassers einen Nachweis von PFOS, was anfangs auf den Einsatz von PFOS-haltigen AFFF-Schäumen schließen ließ. Eine genauere analytische Betrachtung führte zu dem Ergebnis, dass AFFF-Schäume auf Basis der polyfluorierten Tenside eingesetzt wurden. Diese Stoffe enthalten herstellungsbedingt geringe Mengen an PFOS (< 0,005%). [5]

Bei großflächigen Flüssigkeits- und Kunststoffbränden sind AFFF-Schäume aufgrund ihrer wasserfilmbildenden Eigenschaft nach wie vor unverzichtbar. Sie sollten aber nur in diesen Fällen gezielt eingesetzt werden und nicht bei der weitaus größeren Anzahl an Feststoffbränden. Hier haben die filmbildenden AFFF-Schäume keine Vorteile. Besser sind hier die fluorfreien Mehrbereichsschaummittel (MBS) und Class-A-Schaummittel. Mit Letzterem kann auch Netzwasser erzeugt werden. Diese beiden Schaummittel bieten ein breites Anwendungsspektrum, sind biologisch abbaubar und können bei den meisten Einsatzfällen erfolgreich angewendet werden. Ist ein Einsatz von AFFF-Schäumen unumgänglich, sollte aus Umweltschutzgründen auf Löschwasserrückhaltung geprüft werden. Wichtig dabei ist auch, frühzeitig den Kläranlagenbetreiber und die Wasserbehörde zu verständigen. Auf keinen Fall dürfen AFFF-Schaummittel, die einen PFOS-Gehalt  $>0,005\%$  aufweisen, verwendet werden. Feuerwehren, die diese Schaummittel noch als Lagerbestände haben, müssen sie einer fachgerechten Entsorgung zuführen.

Obwohl der Fluoreintrag durch Löschschäume weitaus geringer ist als derjenige der fluorverarbeitenden Industrie, sollte der Einsatz von AFFF-Schäumen dennoch im Sinne eines verantwortungsvollen Umgangs mit unserer Umwelt auf das notwendige Mindestmaß beschränkt werden. Das Ziel muss sein, dieses Thema in die Lehrgänge und Schulungen der Feuerwehren einzubringen.

#### Literatur

- [1] O. Widetschek: *Der Luftschaum als Löschmittel*. Blaulicht-Heft 02/2013. Verlag Artis-Media, Graz (2013)
- [2] D. Zwirner: *Fluorhaltige Schaumlöschmittel*. Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg (2010)
- [3] *Firmenprospekt Dr. Sthamer, Hamburg: Schaum gegen Feuer* (2010)
- [4] M. Fricke, U. Lahl: *Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission*. UWSF-Z.Umweltchem Ökotox 17 (1) 36 – 49, ecomed verlag, Landsberg und Tokio (2005)
- [5] J. Hähle, U. Arenholz: *Ersatz von perfluorierten Tensiden (PFT) durch neue polyfluorierte Tenside in Feuerlöschschaummitteln – Nachweisproblematik und Umweltrelevanz –*, vfdB-Zeitschrift Heft 01/2011, Ebner Verlag GmbH & Co KG, Ulm (2011)
- [6] A. Jenette, R. Franik: *Chemie Band 2, Bayerischer Schulbuch-Verlag, München* (1980)

Dipl.-Ing. (FH) Harald Fischer  
Fachberater Chemie

Anzeige

## FEUERWEHR-WÄRMEBILDKAMERAS DER K-SERIE

### Die Hitze sehen wie nie zuvor!

#### DIE NEUE WBK FLIR K55 MIT FSX™ & VIDEO-AUFNAHME.

Die preisgünstigen WBKs der FLIR-K-Serie helfen Feuerwehrleuten, Brände strategischer zu bekämpfen und Opfer schneller zu finden – schneller, klarer und heller denn je mit der neuen FLIR K55 mit FSX-Technologie.

Die **FLIR-Bildoptimierungs-Technologie FSX** zeigt ultrascharfe Wärmebilder mit einer noch nie da gewesenen Detailfülle für eine noch einfachere Orientierung in dichtem Rauch. Die Videofunktion der K55 macht die Kamera zum Dokumentationswerkzeug – ideal für Schulungszwecke.



Sehen Sie den  
FSX-Unterschied  
im Video - und mehr!

[www1.flir.com/Brandhilfe15](http://www1.flir.com/Brandhilfe15)