



Umweltschonender Einsatz von

Feuerlöschschäumen

Bayerisches Staatsministerium des Innern und für Integration



Bayerisches Staatsministerium für

Umwelt und Verbraucherschutz



Umweltschonender Einsatz von Feuerlöschschäumen

Impressum

Umweltschonender Einsatz von Feuerlöschschäumen Herausgeber:

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV)
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
www.stmuv.bayern.de

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg www.lfu.bayern.de

Bayerisches Staatsministerium des
Innern und für Integration (StMI)
Odeonsplatz 3
80539 München
www.innenministerium.bayern.de

Text:

LfU, Referat 76: Hanna Ulrich, Dr. Michael Gierig, Dr. Rudolf Stockerl

StMI, Sachgebiet D2: Jürgen Schwarz

Staatliche Feuerweherschulen: Giancarlo Bruno (Geretsried), Christian Lorenz (Regensburg), Dr. Holger Strohm (Würzburg)

Arbeitsgemeinschaft der Berufsfeuerwehren Bayern: Björn Maiworm (Berufsfeuerwehr München)

Landesfeuerwehrverband Bayern: Rainer Englmeier, Meinrad Lebold, Jürgen Weiß

Werkfeuerwehrverband Bayern: Armin Kappen, Jörg Leiwering

Versicherungskammer Bayern: Florian Ramsel VdS

Schadenverhütung GmbH: Tobias Hoffmann

Redaktion:

LfU: Referat 76, Hanna Ulrich, Dr. Michael Gierig, Dr. Rudolf Stockerl StMI,
Sachgebiet D2: Jürgen Schwarz

Bildnachweis:

Alle Bilder LfU, außer:

Berufsfeuerwehr München, Titelfoto fib

Foto, Winfried Eß, Abb. 1, 36

Staatliche Feuerweherschule Geretsried: Abb. 22

StMI, Jürgen Schwarz, Abb. 37a-d

© stockphoto mania / Fotolia, Abb. 30

U.S. Air Force photo / Airman 1st Class Deana Heitzman, Abb. 32

Stand:

August 2018, 2. Auflage

Erstellt in Kooperation mit:





Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Umweltrelevanz von Schaumlöschmitteln	11
2.1	Fluorhaltige Schaumlöschmittel	11
2.2	Fluorfreie Schaumlöschmittel	13
3	Bewertung der Umweltverträglichkeit von Schaummitteln und Entschäumern	14
3.1	Kriterien für die Umweltverträglichkeit von Schaummitteln	15
3.2	Kategorisierung nach Umwelt- und Gewässerverträglichkeit	17
3.3	Entschäumer	18
4	Grundlagen zum Löschschaum	21
4.1	Grundlegende Begriffe	21
4.2	Schaumarten und deren Eigenschaften	21
4.3	Wirkung von Löschschaum	24
4.4	Tenside	25
4.5	Polare und nicht polare Flüssigkeiten	27
4.6	Schaummittel	28
4.7	Fluortenside in Löschschäumen – AFFF-Effekt	34
4.8	Stoffgemische aus polaren und nicht polaren Flüssigkeiten	35
5	Hinweise für die Beschaffung und Vorhaltung von Schaummitteln bei kommunalen Feuerwehren	36
5.1	Bestände	36
5.2	Fluortensidfreie Schaummittel	37
5.3	Umgang mit Schaummitteln im Feuerwehrhaus	38
5.4	Normung von Schaummitteln	39
6	Taktik und Einsatz	41
6.1	Auswahl eines geeigneten Schaummittels	41
6.2	Das Stufenkonzept – Entscheidungshilfe zum Schaumeinsatz	42

6.3	Vermischen von Schaummitteln	43
Inhalt		
6.4	Verträglichkeiten von Löschschaummitteln mit Löschpulver	44
6.5	Allgemeine Einflüsse auf die Schaumqualität	45
6.6	Löschtechnik und Löschtaktik	45
6.7	Einsatzbeispiel	49
6.8	Angepasster Löschangriff mit Löschschaum	53
6.9	Einsatzmittelplanung (Schaumbedarf)	56
7	Löschwasserrückhalt und -entsorgung	58
7.1	Allgemeines	58
7.2	Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	59
7.3	Betriebe mit Umgang mit nicht wassergefährdenden Stoffen	62
7.4	Löschwasserrückhalteeinrichtungen	63
7.5	Löschwasserentsorgung	63
8	Schaummittel in stationären Löschanlagen	64
8.1	Allgemeines	64
8.2	Reduzierung des Schaummitteleintrags in die Umwelt	65
8.3	Löschwasserrückhaltung bei stationären Löschanlagen	66
9	Schaummittel in Kleinlöschgeräten	66
10	Löschübungen	67
10.1	Hinweise zur Durchführung von Übungen mit Schaummitteln	67
11	Rechtliche Verantwortung	71
12	Literaturverzeichnis	75
13	Anhang	77
	Anhang 1: Beschaffungshinweise für Schaumlöschmittel	77
	Anhang 2: Hinweise für die Tankreinigung	79

14 **Glossar** 81

15 **Wichtige Adressen** 83

Vorwort

Vorwort



Joachim Herrmann, MdL

Bayerischer Staatsminister des
Innern und für Integration

Dr. Marcel Huber, MdL

Bayerischer Staatsminister für
Umwelt und Verbraucherschutz

Löschschaum ist heute nach Wasser das meistverwendete Mittel zur Brandbekämpfung. In den letzten Jahren sorgte allerdings vor allem die Gruppe der fluortensidhaltigen Löschschäume (AFFF, aqueous film forming foam, also wasserfilmbildende Schäume) immer wieder für Unsicherheiten bei Feuerwehren und Umweltbehörden.

Ursache war die Perfluoroktansulfonsäure, (PFOS), eine Substanz, die seit 2006 EU-weit verboten ist. PFOS steht im Verdacht krebserregend oder zumindest krebserfördernd zu sein. Da die Substanz unter normalen Umweltbedingungen zudem nur schwer abbaubar ist, kann sie sich in der Umwelt anreichern. Neben dem Einsatz in Feuerlöschschäumen kam PFOS auch in zahlreichen anderen Bereichen zum Einsatz, so etwa bei der Oberflächenbehandlung, der Papierveredlung und in der Spezialchemie. Nach dem PFOS-Verbot wurden vielfältige Ersatzstoffe entwickelt; man spricht daher heute generell von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC).

Die Schaummittelhersteller bieten mittlerweile eine Vielzahl von Produkten für unterschiedliche Brandfälle an. Für die überwiegende Mehrzahl denkbarer Brandeinsätze bieten die Hersteller auch umweltschonende fluorfreie Schaummittel an. Dabei ist es auch für Spezialisten nicht immer einfach, aus dieser breiten Palette das richtige Mittel für den Einsatz herauszufinden.

Dieser Leitfaden bietet daher hilfreiche Informationen für Auswahl und Einsatz von fluorfreien Löschmitteln, die Mensch und Umwelt schonen. Zudem werden Fragen rund um das Thema Schaumlöschmittel beantwortet und Hinweise für den Fall gegeben, dass der Einsatz von fluorhaltigen AFFF-Löschschäumen (also Wasserfilm bildender Schäume) in einigen wenigen Fällen doch unumgänglich sein sollte.

Vorwort

Viele Werkfeuerwehren haben ihre Brandrisiken analysiert und konnten bereits heute für Übungen und teils auch schon für potenzielle Brandfälle auf fluorfreie Alternativen umstellen. Dafür ist im Vorfeld eine Prüfung nötig, ob im Einsatzbereich der Feuerwehr Brandrisiken existieren, bei denen ausschließlich fluorhaltige AFFF-Schaummittel einen Löscherfolg ermöglichen. In diesen wenigen Einzelfällen müssen besondere Maßnahmen zum Schutz der Umwelt ergriffen werden.

Das Bayerische Staatsministerium des Innern und für Integration, das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz und das Bayerische Landesamt für Umwelt haben diesen Leitfaden in Kooperation mit Vertretern der staatlichen Feuerweherschulen in Bayern, der Feuerwehren und Feuerwehrverbände entwickelt. An dieser Stelle gilt unser besonderer Dank allen Mitwirkenden für die stets sehr konstruktive Zusammenarbeit.

1 Einleitung

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) haben nicht erst seit dem EU-weiten Verbot der Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) im Jahr 2006 einen Ruf als problematische Umweltchemikalien. Bereits im Jahr 2000 beschloss das amerikanische Unternehmen 3M, bis dahin einer der Marktführer im Bereich der fluortensidhaltigen Löschschäume (Hauptprodukt „Light Water“), PFOS-haltige Produkte nicht mehr herzustellen. Grund dafür waren hohe Konzentrationen im Blut der Beschäftigten in Verbindung mit Hinweisen auf toxikologische Wirkungen.

Seit dem endgültigen Anwendungsverbot PFOS-haltiger Löschschäume in der EU zum 27.06.2011 kamen zahlreiche alternative fluortensidhaltige und zunehmend auch fluorfreie Schaumlöschmittel auf den Markt. Zugleich wurden bei immer mehr Untersuchungen gravierende Umweltschäden durch die Anwendung PFOS-haltiger Löschschäume bekannt, vor allem im industriellen Bereich, z. B. bei Flughäfen und Raffinerien. Solche Umweltschäden müssen aufgrund der vorrangig humantoxikologisch bedingten sehr niedrigen Richtwerte für PFOS und weitere PFC, sowie der teils hohen Bioakkumulation mit sehr aufwendigen und kostspieligen Sanierungsverfahren beseitigt werden.

In der Folge stieg bei vielen kommunalen Feuerwehren und Werkfeuerwehren die Unsicherheit, ob und wie weiterhin Schaumlöschmittel bei der Brandbekämpfung eingesetzt werden sollten, welche Maßnahmen beim Einsatz von Löschschaum in verschiedenen Einsatzszenarien unter Berücksichtigung von Umweltaspekten möglich und sinnvoll sind und letztendlich auch, inwieweit die Feuerwehr für mögliche resultierende Umweltschäden verantwortlich gemacht werden kann.



Abb. 1: Löschschaum ist – richtig eingesetzt – ein hervorragend geeignetes Löschmittel.

Löschschaum ist richtig eingesetzt ein hervorragend geeignetes Löschmittel. In der überwiegenden Mehrzahl aller Brandfälle ist dabei aber ein konventionelles fluorfreies Mehrbereichsschaummittel das Mittel der Wahl. Nur in sehr wenigen Fällen – und auch bei diesen lassen die Entwicklungen der letzten Jahre einen weiteren Rückgang erwarten – wird ein fluorhaltiges Schaummittel für einen raschen und nachhaltigen Löscherfolg zwingend benötigt.

Grundsätzlich ist es aufgrund der sehr problematischen Eigenschaften aller fluorhaltigen Schaumlöschmittel anzustreben, dass diese nur in den Fällen eingesetzt werden, wo absehbar ist, dass fluorfreie Schaumlöschmittel nicht die erforderliche Wirkung zeigen. Dies wird im Regelfall auf die Werkfeuerwehren beschränkt sein. Ziel ist es daher, dass die kommunalen Feuerwehren grundsätzlich fluorfreie Mehrbereichsschäume einsetzen und fluortensidhaltige nur noch dort Anwendung finden, wo es unabdingbar notwendig ist. Untersuchungen des Instituts für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge (KEUTEL, K. & KOCH, M., 2016) zeigen, „dass z. z. mehrere fluorfreie Schaummittel erhältlich sind, deren Leistungsfähigkeit gleichwertig zu denen fluorhaltiger Schaummittel ist“.

Mit dem vorliegenden Leitfaden zum umweltschonenden Umgang mit Schaumlöschmitteln soll ein Beitrag zum Verständnis dieser Ziele geleistet und den Beteiligten das notwendige Hintergrundwissen dafür geliefert werden. Konkrete Hinweise sollen den Umstieg auf fluorfreie Schaumlöschmittel erleichtern, so z. B. für die Beschaffung von möglichst umweltschonenden Schaumlöschmitteln oder für die Reinigung von Tanks in Fahrzeugen, in denen bisher fluortensidhaltige Schaumlöschmittel eingesetzt wurden.

Hinweisen möchten wir auch auf die Publikationen von Herrn Dr. de Vries (z. B. Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum, 2008), der viele Grundlagen für die Anwendung von Schaum und Schaummitteln detailliert untersucht und beschrieben hat.

2 Umweltrelevanz von Schaumlöschmitteln

2.1 Fluorhaltige Schaumlöschmittel

Ein Teil der in den letzten Jahren aufgetretenen Unsicherheit bei der Anwendung von Löschschäumen (sowohl fluorfrei als auch fluortensidhaltig) kommt teilweise auch aus der unklaren und teils widersprüchlichen Verwendung mancher Begrifflichkeiten. Im Folgenden soll daher ein kurzer Abriss der per und polyfluorierten Chemikalien (PFC, synonym auch abgekürzt mit PFAS = Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) dargestellt werden.

PFC leiten sich von den Kohlenwasserstoffen ab, wobei die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind. Außerdem können die einzelnen Vertreter der PFC unterschiedliche funktionelle Gruppen wie z. B. Säure- (-COOH) oder Alkoholgruppen (-OH) im Molekül enthalten. Die Kohlenstoff-Fluor-Bindung stellt mit die stabilste Bindung in der organischen Chemie dar, d. h. diese Bindungen können meist nur unter hohem Energieaufwand gelöst werden. Deshalb sind viele PFC in der Umwelt nur schwer oder gar nicht abbaubar

Die auch wegen ihrer sehr hohen Hitzebeständigkeit für eine effektive Löschwirkung besonders gut geeigneten perfluorierten sowie teilweise auch polyfluorierten Tenside bilden eine spezielle Gruppe der PFC). Diese Substanzen besitzen eine sehr hohe Verweilzeit (Persistenz) in der Umwelt, weil sie unter natürlichen Bedingungen praktisch nicht abgebaut werden können. Auch zeigen vor allem die längerkettigen (mehr als fluoridierte 6 C-Atome in der Kette) Verbindungen häufig eine starke Tendenz zur Anreicherung (Akkumulation) in den Nahrungsketten, wie z. B. im aquatischen Ökosystem von den wirbellosen Tieren wie den Wasserflöhen bis zu den Fischen. Über den Fischverzehr können sie schließlich den menschlichen Organismus belasten. Dies ist auch deshalb besorgniserregend, da es konkrete Hinweise gibt, dass zumindest einige PFC wie z. B. PFOS krebserregend sind.

PFOS zählte lange Zeit zu den Hauptkomponenten in fluortensidhaltigen Löschschäumen. Als persistenter organischer Schadstoff („POP“ = Persistent Organic Pollutant) wurde die Herstellung, die Verwendung und das Inverkehrbringen von PFOS mit der EU-Verordnung 757/2010 mit wenigen Ausnahmen verboten. Bereits produzierte PFOS-haltige Feuerlöschschäume mit einem Gehalt von mehr als 0,001 % durften nur noch bis zum 27. Juni 2011 verwendet werden.

PFC sind keine natürlich vorkommenden Stoffe. Dennoch weisen Forscher PFC weltweit in Gewässern, in der Atmosphäre, in Tieren und sogar im menschlichen Blut nach. Im Gegensatz zu klassisch akkumulierenden organischen Schadstoffen lagern sich PFC nicht im Fettgewebe ab, sondern binden an Proteine im Blut oder reichern sich in Leber, Niere oder Gallenblase an. PFOS und eine weitere problematische Verbindung, die Perfluoroktansäure (PFOA), sind akut nur mäßig giftig, wenn sie über Nahrung, Haut und Luft aufgenommen werden. In chronischen Toxizitätsstudien an Ratten und Mäusen haben sich beide Stoffe jedoch als krebserregend (kanzerogen) erwiesen. Dabei traten vermehrt Tumore der Leber, der Bauchspeicheldrüse und der Hoden auf. Eine Erbgut verändernde (gentoxische) Wirkung durch PFOA und PFOS konnte allerdings nicht festgestellt werden, was darauf hindeutet, dass für die kanzerogene Wirkung im Gegensatz zu gentoxischen Kanzerogenen ein Schwellenwert existiert.

PFC können aus Industrieprozessen oder durch Freisetzung aus PFC-haltigen Produkten in das Abwasser und somit auch in die kommunalen Kläranlagen gelangen. Ein sehr großer Teil der PFC kann dort nicht abgebaut werden. Zum Teil können PFC am Klärschlamm adsorbieren oder über das gereinigte Abwasser in die Oberflächengewässer eingetragen werden. Daher wird die Hauptmasse der PFC wieder aus Kläranlagen ausgetragen.

Umweltrelevanz von Schaumlöschmitteln



Abb. 2: In Fischen können sich PFC schon bei sehr niedrigen Konzentrationen anreichern.

Nach der Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen oder zu Rekultivierungsmaßnahmen können PFC ausgewaschen werden und so ins Oberflächen- oder Grundwasser gelangen. Für PFOS gelten ab 2018 für Oberflächengewässer eine extrem niedrige Umweltqualitätsnorm (UQN) von 0,65 ng/l für die Wasserphase und dazu korrespondierend 9,1 µg/kg für den Gehalt im Fisch zum Schutz der menschlichen Gesundheit bei Fischverzehr.

Mit den perfluorierten Carbonsäuren der Kohlenstoff-Kettenlängen C8 (Perfluoroktansäure) bis C10 (Perfluordekansäure) wurden in den letzten Jahren weitere PFC wegen ihrer PBT-Eigenschaften („Persistent, Bioaccumulative, Toxic“) als sogenannte SVHC-Stoffe („Substances of Very High Concern“) identifiziert und in die Kandidatenliste nach Artikel 59 der EU-Chemikalienverordnung REACH für eine mögliche Zulassungs- oder Beschränkungspflicht aufgenommen. PFC der Kettenlängen C11 bis C14 wurden wegen vPvB-Eigenschaften („very Persistent, very Bioaccumulative“) ebenfalls in die Kandidatenliste aufgenommen.

Viele Hersteller weichen inzwischen zunehmend auf weniger stark zur Bioakkumulation neigende, oft kürzerkettige PFC aus. Beispiele sind die C6-Verbindung Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) oder nicht vollständig fluorierte (polyfluorierte) Verbindungen wie die 6:2-Fluortelomersulfonsäure (6:2 FTSA), häufig auch als H4PFOS bezeichnet. Aber auch diese Verbindungen sind extrem persistent in der Umwelt bzw. werden wie H4PFOS durch langsame Oxidation der nicht fluorierten Kohlenstoffatome überwiegend zur nicht weiter abbaubaren Perfluorhexansäure (PFHxA) umgewandelt. Studien zur Human- und Ökotoxikologie liegen für viele dieser PFC, die als Ersatzstoffe für PFOS und PFOA eingesetzt werden, nur in sehr geringem Umfang vor, so dass eine verlässliche Risikobewertung aktuell nicht möglich ist. Erschwerend kommt hinzu, dass viele dieser Ersatzstoffe mit den gängigen Analysemethoden nicht erfasst werden können, so dass Aussagen zur Belastung von Umweltmedien schon aus diesem Grund nicht möglich sind.

Grundsätzlich ist deshalb anzustreben sowohl Übungen als auch den Einsatz fluorhaltiger Schaumlöschmittel so weit wie nur irgendwie möglich zu vermeiden. Fluorfreie Alternativen stehen zunehmend zur Verfügung. Untersuchungen des Instituts für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge (KEUTEL, K. & KOCH, M., 2016) zeigen, „dass z. z. mehrere fluorfreie Schaummittel erhältlich sind, deren Leistungsfähigkeit gleichwertig zu denen fluorhaltiger Schaummittel ist“.

[Umweltrelevanz von Schaumlöschmitteln](#)

2.2 Fluorfreie Schaumlöschmittel

Mit dem Bekanntwerden zahlreicher Umweltschäden durch fluorhaltige Schaumlöschmittel wurde von Seiten der Hersteller vermehrt nach fluorfreien Alternativen gesucht. Fluorfreie Schaumlöschmittel können je nach Gefährdungspotential ihrer Inhaltsstoffe unmittelbar auftretende Umweltschäden verursachen, da Tenside generell eine hohe akute Toxizität für Fische durch eine Schädigung der Kiemenfunktion aufweisen. Grundsätzlich kann bereits durch eine vergleichsweise geringe Konzentration an Tensiden in einem Oberflächengewässer ein Fischsterben verursacht werden, auch wenn die Tenside leicht abbaubar sind. Zudem gelten bei vielen fluorfreien Schaumlöschmitteln die Inhaltsstoffe als Betriebsgeheimnis, so dass weder eine analytische Kontrolle noch eine Bewertung potenzieller Umweltschäden erfolgen kann.



Abb. 3: Fluorfreie Löschschäume stehen außer wie hier bei Übungen auch für die überwiegende Mehrzahl der Brandfälle zur Verfügung.

Im Vergleich zu den fluorhaltigen Schäumen werden sie im Regelfall jedoch gut bis sehr gut biologisch abgebaut und führen so nicht zu langfristigen Schäden. Sind im jeweiligen Sicherheitsdatenblatt keine entsprechenden Gefährdungspotenziale genannt, so kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass ein Einsatz im Brandfall keine nachhaltigen Umweltschäden verursacht.

Eine direkte Einleitung von Löschschaum in ein Oberflächengewässer ist für alle Schaummittel unbedingt zu vermeiden. Grundsätzlich ist aber davon auszugehen, dass fluorfreie Schäume in Bezug auf ihre Umweltrelevanz deutlich günstiger einzustufen sind als fluorhaltige.

3 Bewertung der Umweltverträglichkeit von Schaummitteln und Entschäumern

Bis in die jüngere Vergangenheit hat der Einsatz von PFC-haltigen Schaumlöschmitteln immer wieder zu erheblichen und teils vermeidbaren Umweltschäden geführt. Beim Einsatz von Schaumlöschmitteln im Brandfall steht zunächst sicherlich immer die erforderliche Löschwirkung im Vordergrund. Im Vorfeld sollte aber für die verschiedenen möglichen Einsatzszenarien eingehend geprüft werden, welche Schaumlöschmittel für die verschiedenen Einsatzzwecke geeignet sind und gleichzeitig die geringsten Umweltauswirkungen haben.

Bei einem Brand können über den Brandrauch, das Schmelzwasser und die Brandrückstände Schadstoffe in die Umwelt freigesetzt werden. Die Zusammensetzung und Menge der Schadstoffe hängt dabei von den Brandbedingungen und den am Brand beteiligten Materialien ab. Wird zum Löschen auf Schaummittel oder andere Löschmittel verzichtet, kann u. U. eine größere Schadstoffmenge in die Umwelt freigesetzt werden, da zum einen mehr Löschwasser eingesetzt werden muss und zum anderen die Dauer bis zur erfolgreichen Brandbekämpfung verlängert wird. Deshalb kommt häufig die Frage auf, ob der Verzicht auf ein Schaumlöschmittel sich nicht negativ auf die Umweltbilanz auswirkt. Pauschal kann diese Frage nicht beantwortet werden, da sie von vielen verschiedenen Faktoren wie

Brandgut, Branddauer, Löschmittel usw. abhängt. Generell kann aber festgehalten werden, dass beim Einsatz von fluorfreien Schaumlöschmitteln, die in die Kategorien umwelt-/gewässerverträglich bzw. bedingt umwelt-/gewässerverträglich nach den unten dargestellten Kriterien eingestuft werden, grundsätzlich keine nachhaltigen Schäden für die Umwelt zu erwarten sind. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass ein Eintrag des Löschschaums in angrenzende Gewässer verhindert wird.



Abb. 4: Die Tenside im Löschschaum können für viele Gewässerorganismen wie z. B. Fische hochgradig giftig wirken.

Schaummittel sind aufgrund der erforderlichen technischen Eigenschaften in der Regel mehr oder weniger umweltschädlich. Insbesondere die enthaltenen Tenside können toxische Auswirkungen auf Gewässerorganismen – vor allem auf Fische – haben, wenn sie in ein Gewässer gelangen. Abhängig von weiteren Eigenschaften der Inhaltsstoffe können unter Umständen auch andere Umweltmedien beeinträchtigt werden. Dies gilt zum Teil auch, wenn die Inhaltsstoffe biologisch gut abbaubar sind. Grundsätzlich sollten daher beim Einsatz von Schaumlöschmitteln neben der prioritär zu berücksichtigenden Löschwirkung auch mögliche Umweltrisiken berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Beurteilungskriterien kurz dargestellt.

Zur Vereinfachung wurden bei den Beschaffungshinweisen (siehe Anhang) Anforderungen formuliert, die herstellerseitig bestimmte Produkteigenschaften in Bezug auf die Umweltverträglichkeit bestätigen sollen. Damit sollen einerseits das berechnete Betriebsgeheimnis des Herstellers gewahrt bleiben, gleichzeitig aber auch bestimmte Eigenschaften in Bezug auf die Umweltverträglichkeit zugesichert werden, die über die Angaben im Sicherheitsdatenblatt hinausgehen. Damit soll auch auf Seiten der Umweltbehörden die notwendige Sicherheit für die Bewertung eines möglichen Umweltschadens infolge eines Löschschaumeinsatzes gewährleistet werden, da viele Inhaltsstoffe noch nicht chemisch analysierbar sind.

3.1 Kriterien für die Umweltverträglichkeit von Schaummitteln

3.1.1 Biologisches Abbauverhalten der Tenside

Ein wesentlicher Faktor für die Umweltverträglichkeit von Tensiden ist ihre biologische Abbaubarkeit durch die Stoffwechselaktivität von Mikroorganismen in Boden und Gewässern. Je leichter abbaubar ein Tensid ist, desto schneller kann es aus der Umwelt oder auch in einer Kläranlage eliminiert werden, bevor es vor allem einen längerfristigen Schaden verursachen könnte.

Prinzipiell lassen sich drei Bewertungskategorien unterscheiden. Neben persistenten, biologisch nicht bzw. nicht nennenswert abbaubaren Stoffen wie den PFC teilt man ein in „leicht“ („readily“) abbaubare sowie lediglich „grundsätzlich“ („inherently“) abbaubare Stoffe.

Die Bewertung des Abbauverhaltens von Tensiden stammt aus dem Wasch- und Reinigungsmittelbereich. Je nach Prüfmethode gilt ein Tensid nach der EU-Detergenzienverordnung ab einem Abbau von 70 % (Messparameter: Abnahme von gelöstem organischen Kohlenstoff - DOC, engl. Dissolved Organic Carbon) oder 60 % (Messparameter: Entwicklung von Kohlendioxid) innerhalb von 28 Tagen als leicht biologisch abbaubar. Ein Test auf leichte biologische Abbaubarkeit ist allerdings nur für einen Einzelstoff aussagekräftig. Für eine Umweltbewertung von Schaumlöschmitteln mit mehreren Komponentenstoffen ist dieses Kriterium unbrauchbar, da auch Schaummittel mit bis zu 30 bzw. 40 % persistenten Stoffen wie PFOS das Kriterium für leichte Abbaubarkeit erfüllen könnten.

3.1.2 Gewässergefährdung nach (EG) Nr. 1272/2008 (CLP-Verordnung)

Die EU verpflichtet Hersteller und Importeure sowie Lieferanten zur Einstufung von Stoffen und Gemischen nach ihren Gefahreneigenschaften und zur ordnungsgemäßen Kennzeichnung und Verpackung nach der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. Dezember 2008 (Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, kurz: CLP-Verordnung (engl. Classification, Labelling, Packaging)).

Bezüglich möglicher Umweltgefahren unterscheidet die CLP-Verordnung zwischen

- akut gewässergefährdenden Stoffen der Kategorie 1 mit dem Gefahrenhinweis H 400 („Sehr giftig für Wasserorganismen“),
- chronisch gewässergefährdenden Stoffen der Kategorie 1 mit dem Gefahrenhinweis H 410 („Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung“),
- chronisch gewässergefährdenden Stoffen der Kategorie 2 mit dem Gefahrenhinweis H 411

(„Giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung“),

- Piktogramm für die drei vorgenannten Gefahrenhinweise: (H400, H410, H411)



- chronisch gewässergefährdenden Stoffen der Kategorie 3 mit dem Gefahrenhinweis H 412 („Schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung“, ohne Piktogramm) und
- chronisch gewässergefährdenden Stoffen der Kategorie 4 mit dem Gefahrenhinweis H 413 („Kann für Wasserorganismen schädlich sein mit langfristiger Wirkung“, ohne Piktogramm)

Maßgeblich für die vorgenannten Gefahrenkategorien sind die akute (kurzfristige) und die chronische (längerfristige) Toxizität sowie das biologische Abbauverhalten und eine mögliche Neigung zur Bioakkumulation, also zur fortschreitenden Anreicherung in den Organismen der aquatischen Nahrungskette. Auch Gemische werden diesen Kategorien zugeordnet je nach den Kategorien der Komponentenstoffe in Verbindung mit ihren jeweiligen prozentualen Anteilen am Gemisch. So gilt z. B. ein Gemisch, das einen akut gewässergefährdenden Stoff der Kategorie 1 und ansonsten keine weiteren einer Gefahrenkategorie zugeordneten Stoffe enthält, erst ab einem Anteil von $\geq 25\%$ ebenfalls als akut gewässergefährdend der Kategorie 1. Stoffe und Gemische, die die Zuordnungskriterien keiner der Gefahrenkategorien erfüllen, gelten als nicht gewässergefährdend im Sinne der CLP-Verordnung.

3.1.3 Wassergefährdende Stoffe nach § 62 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Mit den Wassergefährdungsklassen (WGK) nach der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV vom 18. April 2017) steht ein weiteres regulatorisches Instrument für eine Bewertung von Schaumlöschmitteln zur Verfügung (In Verbindung mit § 62 Wasserhaushaltsgesetz zu den „Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“). Die AwSV teilt Stoffe je nach Höhe ihres Gefährdungspotentials in drei WGK ein:

WGK 1 = schwach wassergefährdend

WGK 2 = deutlich wassergefährdend

WGK 3 = stark wassergefährdend

Grundlage für eine WGK-Einstufung im Standardfall nach AwSV ist eine integrierende Bewertung aller für den Schutzpfad Wasser relevanten H-Gefahrenhinweise nach der CLP-Verordnung.

3.1.4 Krebserzeugende, erbgutverändernde und reproduktionstoxische Stoffe

Eine besonders bedeutende Gefährdung geht von sog. CMR-Stoffen (engl. Carcinogenic, Mutagenic, Toxic for Reproduction) aus, die Krebs verursachen, das Erbgut schädigen oder nachteilige Auswirkungen auf die Fortpflanzung haben können.

Man unterscheidet für jede dieser drei Gefahren Stoffe der Kategorie 1A („Bekanntermaßen beim Menschen krebserzeugend / vererbare Mutationen auslösend / reproduktionstoxisch wirkend“) und Stoffe der Kategorie 1B („Wahrscheinlich beim Menschen krebserzeugend / vererbare Mutationen auslösend / reproduktionstoxisch wirkend“). Bei einer weiteren Kategorie 2 besteht lediglich ein Verdacht, dass ein Stoff „krebserzeugend / vererbare Mutationen auslösend / reproduktionstoxisch wirkend“ sein könnte.

3.1.5 Gefährdung von Bodenschutzgütern

Eine Gefährdung kann von Löschschäumen nicht nur für Gewässer sondern auch für den Boden ausgehen. Eine wesentliche zu schützende Bodenfunktion ist dabei der Boden als intakte Lebensgrundlage für vielfältige Organismen, verschiedenste Tiere und Pflanzen, die im und auf dem Boden leben. Ähnlich wie im Gewässerschutz existieren auch beim Bodenschutz standardisierte Testverfahren auf Toxizität von Stoffen für geeignete Stellvertreterorganismen. Für die Bewertung von

Schaumlöschmitteln sollen der Test auf akute Toxizität für Regenwürmer (*Eisenia*) nach DIN EN ISO 11268-1 sowie der Test auf Wirkungen auf Saataufbruch und frühes Wachstum höherer Pflanzen (Gerste, Kresse, Rettich) nach DIN EN ISO 11269-2 durchgeführt werden.

Einzelne bereits vorliegende Untersuchungen zu PFC-freien Schaumlöschmitteln lassen den vorsichtigen Schluss zu, dass eine NOEC (engl. No Observed Effect Concentration) für beide Testverfahren im Minimum etwa 100 mg Löschmittelkonzentrat/kg Boden beträgt. Ein Löschschaum, für den die in beiden Testverfahren jeweils ermittelte NOEC diesen Wert nicht unterschreitet, kann deshalb im Hinblick auf dieses Bodenschutzkriterium als umweltschonend eingestuft werden. Liegen keine Ergebnisse für die beiden Testverfahren vor, ist eine Nicht-Einhaltung dieses zulässigen NOEC-Wertes zu unterstellen.

3.2 Kategorisierung nach Umwelt- und Gewässerverträglichkeit

Um die Wirkung und mögliche negative Effekte von Schaumlöschmitteln auf die Umwelt umfassend bewerten zu können, müssen entsprechend den vorgenannten Kriterien folgende Informationen bzw. Daten vorliegen:

- Zusammensetzung und prozentuale Anteile aller Inhaltsstoffe im Schaummittelkonzentrat
- bei PFC-freien Schaummitteln: Bestätigung der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze(n) nach DIN 38407-42 (Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen in Wasser)
- biologische Abbaubarkeit der einzelnen in dem Schaummittel enthaltenen Tenside (Abbautest mit dem Schaummittelgemisch ist nicht aussagekräftig!)
- nachvollziehbare Einstufung sowohl des Gemisches als auch aller einzelnen Inhaltsstoffe des Gemisches hinsichtlich der Gewässergefährdung nach der CLP-Verordnung auf Basis der aquatischen Toxizitäten der Inhaltsstoffe, ihrer biologischen Abbaubarkeit und ihres Bioakkumulationsverhaltens
- ggf. Informationen zu enthaltenen CMR-Stoffen der Einstufungskategorien 1A, 1B oder 2
- WGK der einzelnen Inhaltsstoffe
- Ergebnisse zum Bodenschutz nach DIN EN ISO 11268-1 und DIN EN ISO 11269-2

Wenn alle notwendigen Informationen bezüglich eines Schaumlöschmittels zur Verfügung stehen, kann dieses integrierend bewertet werden. Tab. 1 fasst die insgesamt zu berücksichtigenden Bewertungsgrundlagen und Kriterien sowie die sich daraus ergebenden Einstufungen bzw. Kategorien für die Umweltverträglichkeit von Schaumlöschmitteln zusammen.

Tab. 1: Überblick zur Beurteilung der Umwelt-/Gewässerverträglichkeit von Schaumlöschmitteln

Bewertungsgrundlage	Kriterium	Punkte	
		Ja	Nein
Fluortenside	PFC im Konzentrat enthalten?	35	0
Biologische Abbaubarkeit	kein leichter biologischer Abbau nach OECD-Norm 301 einer oder mehrerer Komponenten?	1	0
Einzelstoffe nach CLP-Verordnung	akut wassergefährdend 1 (H400)?	1	0
	chronisch wassergefährdend 1 (H410)?	5	0
Gemisch nach CLP-Verordnung	akut wassergefährdend 1 (H400)?	5	0
	chronisch wassergefährdend 1 (H410)?	35	0

	chronisch wassergefährdend 2 (H411)?	5	0
	chronisch wassergefährdend 3 (H412)?	1	0
CMR-Stoffe	CMR-Stoffe Kategorie 1 enthalten?	35	0
	CMR-Stoffe Kategorie 2 enthalten?	5	0
Wassergefährdungsklasse	WGK 3 >3 % der Inhaltsstoffe?	5	0
	WGK 2 >5 % der Inhaltsstoffe und nicht leicht abbaubar oder bioakkumulierend?	5	0
Bodenschutz	NOEC <100 mg/kg Boden? (DIN EN ISO 11268-1 und 11629-2)	1	0
Summe			

uneingeschränkt umwelt-/gewässerverträglich		Punkte
bedingt umwelt-/gewässerverträglich		Punkte
deutlich umwelt-/gewässerschädlich	0	Punkte
	1-4	
	5-34	
	≥35	
langfristig stark umwelt-/gewässerschädlich		Punkte

Ziel sollte es sein, möglichst nur uneingeschränkt umwelt-/gewässerverträgliche sowie gegebenenfalls zumindest bedingt umwelt-/gewässerverträgliche Schaumlöschmittel nach Tab. 1 einzusetzen bzw. für jeden identifizierten Einsatzbereich das maximal mögliche Maß an Umweltverträglichkeit zu erreichen. Die in den Sicherheitsdatenblättern angegebenen Informationen reichen für eine dahingehende vollständige Bewertung sehr häufig nicht aus, da die Hersteller zur Wahrung von Firmengeheimnissen meist nicht alle Inhaltsstoffe sowie ihre jeweiligen Anteile angeben.

Deshalb sollte man sich vor dem Kauf eines Schaumlöschmittels die Einhaltung der in Tabelle 1 aufgelisteten Kriterien für ein uneingeschränkt umwelt-/gewässerverträgliches bzw. zumindest bedingt umwelt-/gewässerverträgliches Schaumlöschmittel vom Hersteller oder Lieferanten schriftlich bestätigen lassen. Ein entsprechendes Formblatt befindet sich im Anhang.

3.3 Entschäumer

Die Entsorgung schäumender Lösch- und Abwässer oder erst recht einer Schaumdecke kann den Einsatzleiter noch während einer Brandbekämpfung mit Löschschaum gelegentlich vor praktische Probleme stellen.

Nach dem Einsatz von Löschschaum wirkt die Schaumdecke eine gewisse Zeit als Schutz gegenüber Wiederentzündung oder Funkenflug. Wegen der endlichen Wasserabgabezeit des Schaumes ist jedoch nach gewisser Zeit nur noch eine sog. Schaumleiche, ausgetrockneter Schaum ohne Nutzen vorhanden, und diese wird im schlimmsten Fall tagelang liegen bleiben. Die Schaumreste können sowohl eine Gefahr bei Nachlöscharbeiten durch das Verdecken von Hindernissen und Bodenöffnungen (Absturzgefahr) darstellen, als auch eine Rutschgefahr auf Verkehrswegen wie z. B. Autobahnen verursachen.

Zur Verhinderung einer übermäßigen Schaumbildung, die unter Umständen eine rasche Entfernung und Entsorgung eines Löschschaumes behindern kann, können dem Löschschaum Entschäumer, also Chemikalien mit schaumhemmender Wirkung zugesetzt werden. Die dafür in Frage kommenden Stoffe können aber ebenfalls eine umweltbelastende Wirkung besitzen. Die bisher dafür angebotenen

und bekannten Entschäumer sind Chemikalien auf Basis von monomeren Siloxanen oder oligomeren Silikonen. Solche Verbindungen sind meist deutlich persistent in der Umwelt. Cyclische Siloxane gelten darüber hinaus auch als stark bis sehr stark aquatisch toxisch.



Abb. 5: In den meisten Fällen besteht kein technisches Erfordernis für einen Einsatz von Entschäumern (hier Übung eines Schaumeinsatzes).

Handelsübliche Industrieentschäumungsmittel wirken selten auf den vielfältigen Löschsäumen. Da bei den vielen erhältlichen Schaummittelkonzentraten die spezifische Schaumart der Löschsäume so unterschiedlich ist, andererseits der Feuerwehrmann nicht immer weiß, welche Schaumart oder welche unterschiedlichen Schaummittel nach einem Einsatz vorliegen, sollte das eingesetzte Entschäumungsmittel auf alle Typen von Feuerlöschsäumen, unabhängig von der Zusammensetzung und Verschäumungszahl einsetzbar sein.

Die speziell für Löschschaum entwickelten Entschäumungsmittel sind in ihrer Anwendung einfach und erfordern in der Regel keine speziellen Armaturen. Sie werden mit den üblichen Zumischeinrichtungen dem Wasser zugesetzt und über Strahlrohre auf die Schaumdecke aufgesprüht.

Die Beschaffung und der Einsatz von Entschäumungsmitteln sollte aus Sicht der Feuerwehr gerade im Hinblick auf die Kosten sowie den Einsatzwert geprüft werden. Die angebotenen Produkte sollten auf jeden Fall vor der Beschaffung kritisch auf ihre Wirkung und Handhabung getestet werden. Entschäumer können sich vorteilhaft auf das Verhalten des Wasser-Schaummittelgemisches in einer Kläranlage auswirken, indem sie eine störende Schaumbildung im Belebtschlammbecken verhindern.

Es sollte jedoch im Vorfeld mit dem Kläranlagenbetreiber abgestimmt werden, ob das zu verwendende Schaummittel den Kläranlagenbetrieb nicht in anderer Weise beeinträchtigt.

In den meisten Fällen besteht kein technisches Erfordernis für einen Einsatz von Entschäumern. Sie sind nur in seltenen Fällen wirklich erforderlich. Häufig ist zur Verhinderung einer übermäßigen Schaumbildung auch eine Verdünnung mit Wasser ausreichend. Die Notwendigkeit eines Einsatzes von Entschäumern sollte deshalb zur Vermeidung von unnötigen Umweltbelastungen genau abgewogen werden.

4 Grundlagen zum Löschschaum

4.1 Grundlegende Begriffe

Schaum

Schaum ist ein Löschmittel, das durch Verschäumung eines Wasser-Schaummittel-Gemisches (WSG) erzeugt wird und sich aus den drei Komponenten Wasser, Schaummittel und Luft zusammensetzt.

Fließfähigkeit

Die Fließfähigkeit beschreibt das Ausbreitungsverhalten des Schaumes beim Ausbringen an der Brandstelle. Sie nimmt mit zunehmender Verschäumungszahl ab.

Verschäumungszahl

Die Verschäumungszahl (VZ) ist der Faktor der Volumenzunahme beim Verschäumen eines Wasser-Schaummittel-Gemisches mit Luft. In der DIN EN 1568 ff. wird mit der VZ die Schaumart definiert (siehe Abb. 6).

Eine praktische Anwendung findet die VZ beispielsweise in der Berechnung des benötigten Wasser-Schaummittel-Gemisches beim Fluten von Räumen oder Gebäuden.

Die Dichte von Löschschaum hängt von seiner VZ ab. Durch seinen Luftanteil ist Schaum leichter als alle dampfbildenden Flüssigkeiten und daher gut geeignet, durch Abdecken die Freisetzung von (brennbaren) Dämpfen auf einer Flüssigkeitsoberfläche zu unterdrücken.

Wasserhalbzzeit

Die Zeit, nach der sich die Hälfte des im Schaum enthaltenen Wasser-Schaummittel-Gemisches wieder als Flüssigkeit abgeschieden hat. Für Schwer- und Mittelschaum soll diese Zeit bei Anwendung auf der Brandklasse B mindestens 15 Minuten betragen.

Zumischrate

Die Zumischrate (ZR) gibt den Schaummittelanteil eines Wasser-Schaummittel-Gemisches in Prozent an:

z. B. 3 % ZR = 3 Liter Schaummittel und 97 Liter Wasser

4.2 Schaumarten und deren Eigenschaften

Je nach Verschäumungszahl unterscheidet man nach DIN EN 1568 zwischen Schwertschaum (VZ 1-20), Mittelschaum (VZ 21-200) und Leichtschaum (VZ 201-1000). In Abb. 6 werden die verschiedenen Schaumarten in Abhängigkeit von der VZ dargestellt. Darüber hinaus kommt bei der Feuerwehr auch Druckluftschaum zur Anwendung, dessen Verschäumungszahl sich in der Regel im Bereich zwischen 5 und 10 befindet.

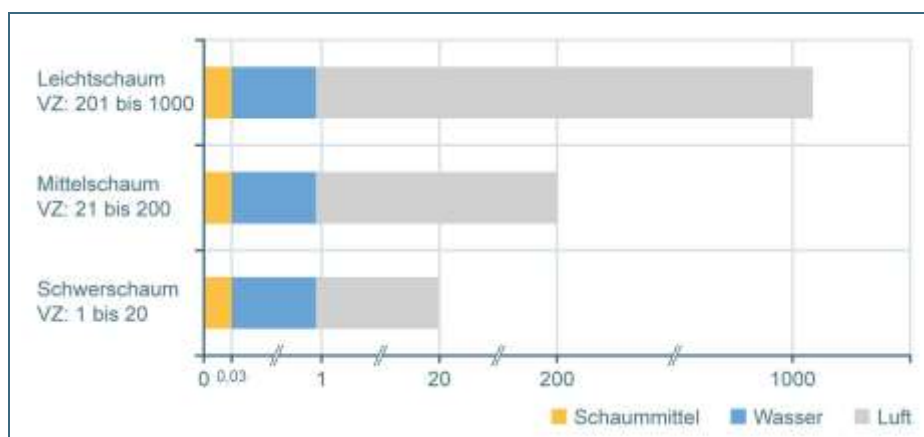


Abb. 6: Schaumarten und deren Verschäumungszahlen nach DIN EN 1568

Je nach VZ unterscheidet man zwischen einer löschenden und schützenden Beschäumung (siehe Abb. 7). Bis zu einer VZ von 300 spricht man von einer löschenden Beschäumung, da hier vom eingesetzten Löschschaum genügend Kühlwirkung ausgeht. Eine schützende Beschäumung findet eher im Bereich von ortsfesten Löschanlagen Verwendung wie z. B. beim präventiven Fluten von großen Industriehallen mit Leichtschaum. Der Übergang ist hierbei fließend.



Abb. 7: Funktion der Beschäumung in Abhängigkeit von der VZ

4.2.1 Leichtschaum – VZ 201 bis 1000

nach DIN EN 1568-2: zum Aufgeben auf nicht-polare Flüssigkeiten

- Einsatzgebiet: Brandklasse A und B in umgrenzten Räumen
- Abdecken von staubförmigen Gefahrstoffen
- Hauptlöschwirkung: Ersticken (Verdrängungseffekt)
- Häufigste Anwendung in ortsfesten Löschanlagen
- Sehr geringes Gewicht bei großem Volumen
- Sehr „trockener“ Schaum durch geringen Wasseranteil
- kaum Kühlwirkung, hohe Abbrandrate, begrenzt fließfähig
- Anfällig auf Witterungseinflüsse
- Herstellung unter Verwendung
 - eines Lüfters, Lutten und Leichtschaumtopf
 - Leichtschaumgenerator
- Vorwiegender Einsatz in ortsfesten Löschanlagen, jedoch mit speziellem Schaummittel
- Fluten: Leichtschaum eignet sich aufgrund seiner hohen Stapelbarkeit hervorragend zum Fluten von Räumen. Dies setzt jedoch leistungsfähige Leichtschaumgeneratoren sowie eine Abflussverhinderung des Leichtschaums voraus.

4.2.2 Mittelschaum – VZ 21 bis 200

nach DIN EN 1568-1: zum Aufgeben auf nicht-polare Flüssigkeiten

- Einsatzgebiet: Brandklasse A und „kleinere“ B-Brände, Flutungen (VZ möglichst >100),
- Brandklasse C bei Flüssiggas/ LPG (engl. Liquid Petroleum Gas) (VZ > 50)
- Hauptlöschwirkung ist das Trennen (VZ 50-70)
- Weitere Löschwirkungen: Verdrängungs- und Kühleffekt
- Weitere Anwendung: schützende Beschäumung durch Abdecken von Chemikalien und Stäuben
- Gute Fließfähigkeit und Ausbreitung in größerer Dicke
- Geringe Haffähigkeit
- Fluten: Stapelbar bis zu 5 m, jedoch muss ein Abfluss verhindert werden
- Übliche Verschäumungszahl eines Mittelschaumrohrs: VZ 75

4.2.3 Schwerschaum – VZ 1 bis 20

nach DIN EN 1568-3: zum Aufgeben auf nicht-polare Flüssigkeiten nach

DIN EN 1568-4: zum Aufgeben auf polare Flüssigkeiten

- Einsatzgebiet: Brandklasse A und B
- Hauptlöschwirkung: Kühl- und Trenneffekt
- Hohes Gewicht bei geringem Volumen
- Gute benetzende Wirkung, rückzündungshemmend
- Verschäumung bereits mit Hohlstrahlrohr möglich
- Stapelbar bis 1 m bei Abflussverhinderung
- Hohe Wurfweiten
- Gute Haftfähigkeit
- Übliche Verschäumungszahl eines Schwerschaumrohrs: VZ 10

4.2.4 Druckluftschaum (DLS)

Druckluftschaum (DLS, engl. compressed air foam – CAF), muss aufgrund der Herstellung, des Schaumbildes und der Anwendung gesondert betrachtet werden. In der Regel sind alle synthetischen Schaummittel auch CAF-tauglich. Die charakteristischen Merkmale des Druckluftschaums sind:

- Schaumarten „nass“ bis 1:10 bzw. „trocken“ ab 1:11
- Geringer Wasserverbrauch
- Geringes Gewicht der mit Druckluftschaum gefüllten Schläuche
- Hohe Wurfweiten C-Schlauch / C-Rohr bis ca. 35 m, B-Schlauch / B-Rohr bis ca. 50 m
- Sehr haftfähiger Schaum bei Einstellung „trocken“
- Stabiler Schaum
- Zumischrate 0,3 bis 1,0 %
- Hohe und nachhaltige Kühlwirkung
- Feinblasiger Schaum, dadurch mehr Oberfläche

Wird bei der CAF-/DLS-Herstellung ein nicht alkoholbeständiges Mehrbereichsschaummittel verwendet, so besteht bei polaren Medien aufgrund der hohen Schaumqualität trotzdem eine deutlich höhere Schaumstabilität im Vergleich zum Schwer- und Mittelschaum. CAF/DLS als besondere Schaumart verlangt neben einer speziellen Anlagentechnik (siehe Abb. 8) eine eigene Herangehensweise unter löschtechnischer und taktischer sowie logistischer Sicht.

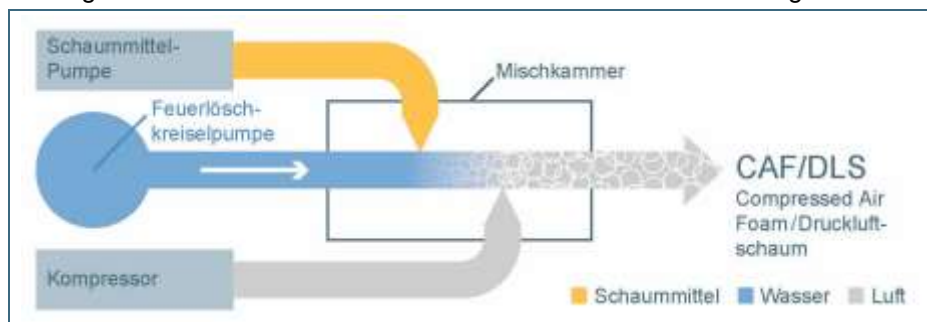


Abb. 8: Grundsätzlicher Aufbau einer Druckluftschaumanlage (© Feuerwehr-Magazin/Jung)

4.3 Wirkung von Löschschaum

Unter Löschen versteht man grundsätzlich das Entziehen mindestens einer Grundvoraussetzung der Verbrennung durch Störung des Mischungsverhältnisses (siehe Abb. 9):

- Entziehen von Sauerstoff
- Entfernen des brennbaren Stoffes
- Entziehen von Energie



Die allgemein möglichen Löschverfahren sind demnach:
Verbrennungs-

Abb. 9: Das

dreieck

- **Trennen** des Brandgutes vom Luftsauerstoff
- **Ersticken** durch Verringern der Sauerstoffkonzentration
- **Inhibition** durch Unterbrechen des Verbrennungsvorganges
- **Kühlen des** Brennstoffes unter die Mindestverbrennungstemperatur

Die Löscheffekte des Löschschaums sind abhängig von der Art des Schaumes:

- **Trenneffekt:** Eine geschlossene Schaumdecke trennt das Brandgut von der Umgebungsatmosphäre (Mittel- und Schwerschaum)
- **Verdrängungseffekt:** Durch Fluten von Räumen mit Löschschaum wird die Umgebungsluft verdrängt und die Sauerstoffkonzentration gesenkt (Leichtschaum)
- **Kühleffekt:** Nachhaltiger Energieentzug des Brandes durch die Erwärmung und Verdampfung von Wasser (Schwerschaum, Druckluftschaum)

Zusätzliche Effekte des Löschschaumes:

- **Deckeffekt:** Die Schaumdecke verhindert ein Austreten von brennbaren Gasen oder anderen Schadstoffen wie z. B. Zersetzungsprodukte, Aerosole oder Partikel (Mittel- und Schwerschaum)
- **Dämmeffekt:** Das Brandgut wird vor Wärmestrahlung isoliert
- **Tiefenwirkung:** Das Brandgut belädt sich mit Löschwasser (Netzmittel)

4.4 Tenside

Der in der Feuerwehr zur Brandbekämpfung eingesetzte Löschschaum unterscheidet sich im Grunde nicht vom klassischen Seifenschaum. Löschschaum besteht aus Gasblasen, umgeben von einer Hülle wässriger Lösung mit einer „Tensidhaut“ an der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser (Phasengrenze). Abb. 10 zeigt den Aufbau einer Schaumblase.

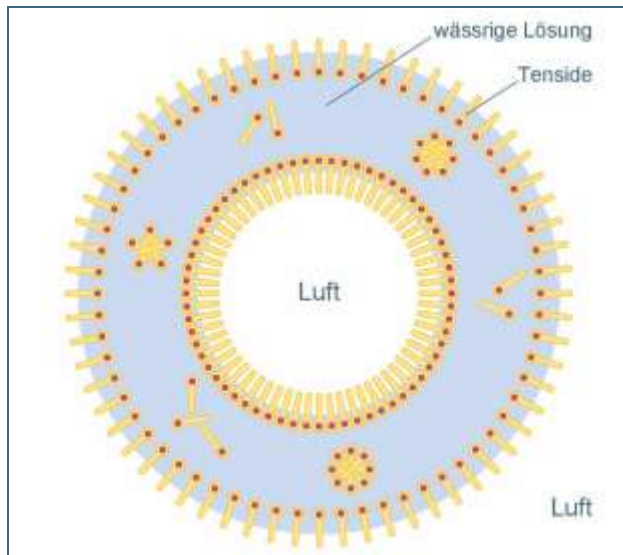


Abb. 10: Aufbau einer Schaumblase

Das Tensid als oberflächenaktives Molekül besteht aus einem polaren und einem nicht polaren Ende (siehe Abb. 11). Dies verleiht dem Tensidmolekül die Eigenschaft, sich einerseits mit polaren Stoffen wie Wasser und andererseits mit nicht polaren Stoffen wie Fette oder Öle zu verbinden, wodurch eine Emulsion entstehen kann. Diese „reinigende Wirkung“ wird beispielsweise im privaten Haushalt beim Geschirrspülen genutzt, um Fette und Öle löslich zu machen.

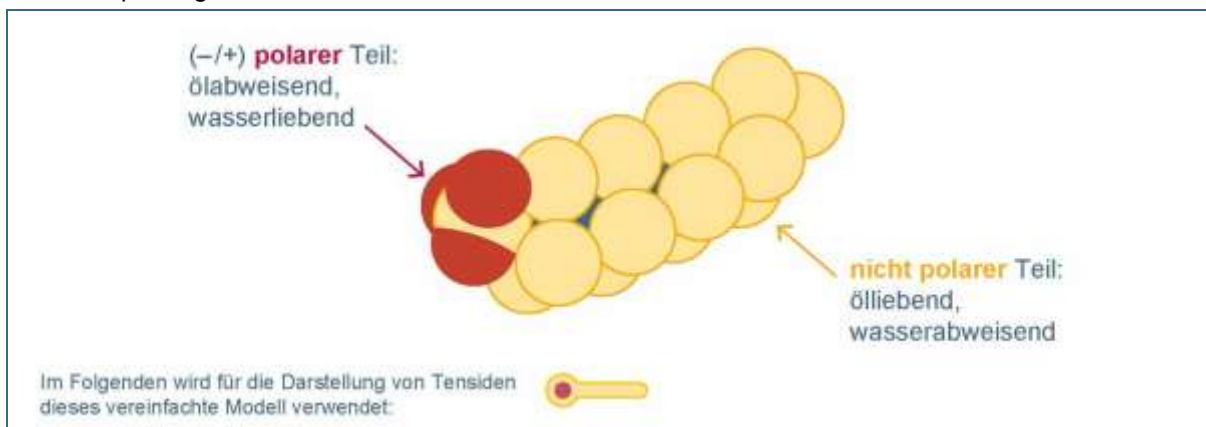


Abb. 11: Schematische Abbildung eines Tensidmoleküls

Ein weiterer Effekt von Tensiden besteht in der Absenkung der Oberflächenspannung des Wassers. Die Oberflächenspannung führt dazu, dass sich die Oberfläche einer Flüssigkeit wie eine elastische Folie verhält und einen Zustand minimaler Ausdehnung anstrebt. Je höher die Oberflächenspannung, desto kugelförmiger ist ein Tropfen dieser Flüssigkeit.

Wasser besteht aus polaren Molekülen, die sich aufgrund elektrostatischer Kräfte gegenseitig anziehen. Im Innern der Flüssigkeit heben sich die Anziehungskräfte auf, da sie von allen Seiten gleichermaßen auf ein bestimmtes Molekül einwirken (vgl. Abb. 12). Ein an der Oberfläche befindliches Wassermolekül wird dagegen einseitig nach innen gezogen, da die von den Teilchen der Luft ausgeübten Anziehungskräfte im Vergleich zu den starken Wechselwirkungen zwischen den Wassermolekülen sehr gering sind (vgl. Abb. 12: gestrichelte Pfeile).

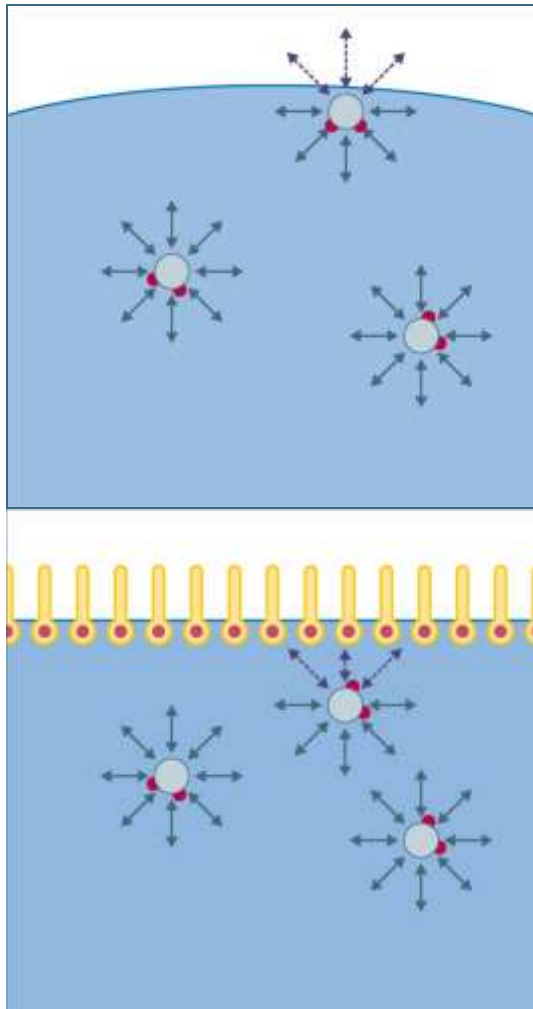


Abb. 12: Schematische Darstellung der Oberflächenspannung von Wasser

Gibt man ein Tensid in Wasser, so verteilen sich die oberflächenaktiven Moleküle augenblicklich auf der gesamten Wasseroberfläche. Mit seinem polaren, hydrophilen („wasserliebenden“) Molekülende ersetzt es die fehlenden Anziehungskräfte (vgl. Abb. 13: gestrichelte Pfeile) an der Phasengrenze, während das nicht polare, lipophile („fettliebende“) Ende an der Phasengrenze aus der Wasseroberfläche herausragt.

Abb. 13: Anordnung der Tensidmoleküle an der Phasengrenze

Somit wird Wasser „entspannt“ und perlt nicht mehr ab (siehe Abb. 13). Dadurch kann eine bessere Verteilung auf Oberflächen erreicht werden, man spricht von „Benetzen“. Durch diese benetzende Wirkung dringt das entspannte Wasser tiefer, vor allem jedoch schneller in das Brandgut ein und durchfeuchtet dieses. Da nun effektiv mehr benetzte Oberfläche zur Verfügung steht, wird die durch einen Brand freigesetzte Wärmeenergie leichter bzw. schneller vom Wasser aufgenommen. Dies minimiert Rückzündungen nachhaltig und führt zu einem schnelleren Löscherfolg.



Abb. 14: Linke Seite: Wasser ohne Tenside perlt ab.
Rechte Seite: Benetzende und eindringende Wirkung des Löschwassers durch Zugabe von Tensiden

Sämtliche Netz- und Schaummittel auf Basis von Tensiden funktionieren nach dem Prinzip, die Oberflächenspannung von Wasser zu senken bzw. aufgrund ihrer oberflächenaktiven Eigenschaften Schaumblasen zu bilden. Die Löschleistung von Wasser kann dadurch erheblich gesteigert werden. Dies führt nicht nur zeitlich gesehen zu einem verbesserten Löscherfolg, sondern auch der Wasserverbrauch fällt deutlich geringer aus und Wasserschäden können vermieden oder zumindest minimiert werden.

Wie bereits beschrieben, haben Tenside jedoch eine schädigende Wirkung auf Wasserlebewesen, vor allem auf Fische, da durch eine verminderte Oberflächenspannung des Wassers die Funktion der Kiemen erheblich beeinträchtigt wird.

4.5 Polare und nicht polare Flüssigkeiten

Abhängig von der Struktur eines Moleküls unterscheidet man zwischen polaren und nicht polaren Stoffen bzw. Flüssigkeiten. Polare Flüssigkeiten sind mit Wasser mischbar, nicht polare Flüssigkeiten verhalten sich wasserabweisend und sind daher mit Wasser nicht mischbar. Zu den nicht polaren Stoffen gehören beispielsweise Benzine, Mineralöle und Fette. Brände nicht polarer Flüssigkeiten lassen sich mit Standardschaummitteln wie Mehrbereichs- oder Class-A-Schaummitteln bekämpfen.

Zu den polaren Stoffen gehören beispielsweise Alkohole, Aceton oder Ameisensäure. Aufgrund ihrer Mischbarkeit mit Wasser haben polare Flüssigkeiten eine stark schaumzerstörende Wirkung. Für diese Art von Bränden braucht man besondere Schaummittel, welche in der Lage sind einen Schutzfilm (Polymerfilm) zwischen dem Schaum und der polaren Flüssigkeit zu bilden.

4.6 Schaummittel

4.6.1 Schaummittel im Überblick

Grundsätzlich kann zwischen synthetischen Schaummitteln und Proteinschaummitteln unterschieden werden (siehe Abb. 15).

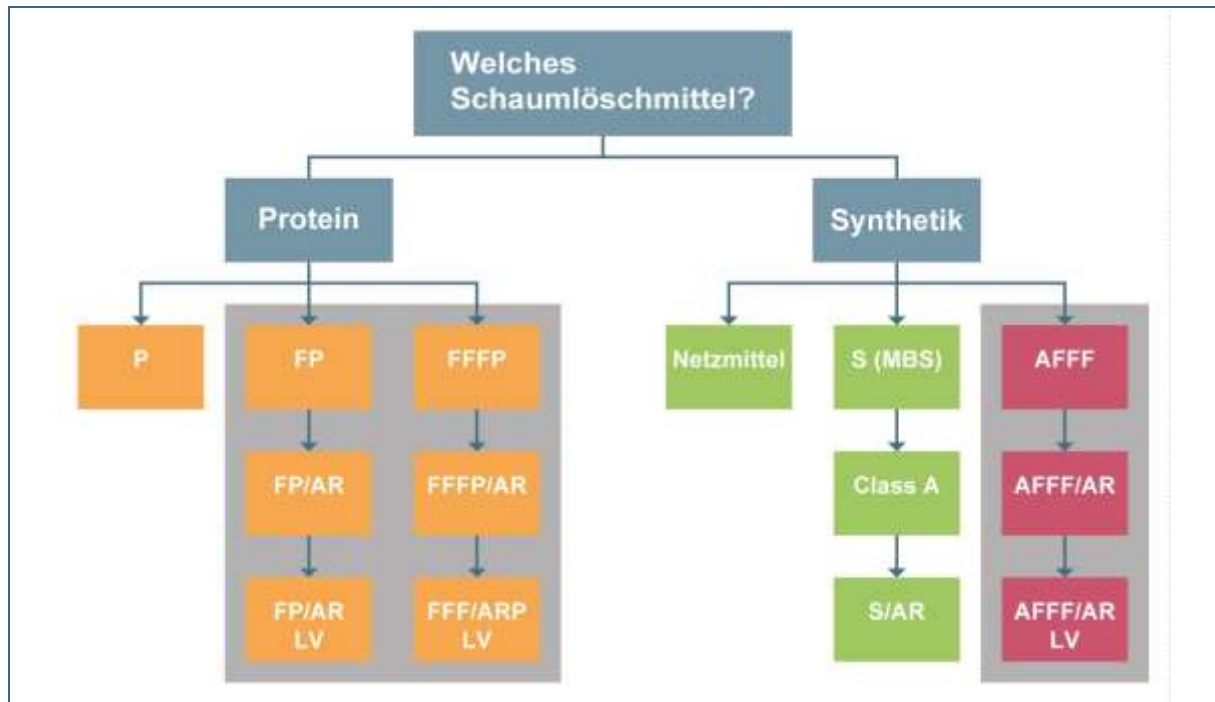


Abb. 15: Grundsätzliche Einteilung der Schaumlöschmittel. Die grau hinterlegten Schaummittelarten beinhalten Fluortenside.

4.6.2 Proteinschaummittel

Proteinschaummittel haben in den letzten Jahren ihre Bedeutung im Bereich der kommunalen Feuerwehren praktisch vollständig verloren, unter anderem aufgrund der Tatsache, dass sich mit einem Proteinschaummittel nur Schwertschaum herstellen lässt. Proteinschaummittel werden als dunkelbraune bis schwarze Flüssigkeiten durch Gewinnung von Keratin aus z. B. Hornspänen in einem Hydrolyseverfahren hergestellt. Durch Beimengung von Frostschutzmitteln, Konservierungsstoffen, Filmbildnern und sonstigen Wirkstoffen entsteht ein Schaummittel, das sich ausschließlich zur Erzeugung von Schwertschaum eignet. Dieser Schwertschaum ist aber in seiner thermischen Stabilität und Haftfähigkeit anderen Schäumen überlegen.

Abgeleitet vom klassischen Proteinschaummittel gibt es auch Proteinschaummittel mit Fluortensiden mit verbesserten Fließeigenschaften (FP) und wasserfilmbildende Proteinschaummittel (FFFP). Beide Varianten wiederum sind auch als alkoholbeständige Schaummittel (FP/AR und FFFP/AR) erhältlich. Alle genannten Proteinschaummittel finden hauptsächlich noch Anwendung bei Werkfeuerwehren, vorwiegend in der Mineralöl- und in der chemischen Industrie.

4.6.3 Synthetische Schaummittel

Synthetische Schaummittel auf Tensidbasis werden dagegen ausschließlich durch Beimengung und Vermischung diverser Inhaltsstoffe hergestellt und bestehen in der Regel aus folgenden Grundsubstanzen:

- 6–20 % Schaumbildner (Tenside)
- bis 10 % Filmbildner (Fluortenside/Polymerfilmbildner)
- bis 5 % Konservierungsstoffe
- bis 30 % Frostschutz
- bis 5 % sonstige Wirkstoffe, Lösungsmittel
- bis 40 % Wasser

Je nach der Art der verwendeten Tenside und Wirkstoffe unterscheidet man hier zwischen:

- Netzmittel
- Synthetisches Mehrbereichsschaummittel (MBS)
- Alkoholbeständiges, synthetisches Mehrbereichsschaummittel mit Polymerfilmbildner (MBS-AR)
- Synthetisches Class-A Schaummittel-Konzentrat
- AFFF auf Fluortensidbasis
- Alkoholbeständiges AFFF auf Fluortensidbasis mit Polymerfilmbildner
- Alkoholbeständiges AFFF-LV („Low Viscosity“) auf Fluortensidbasis

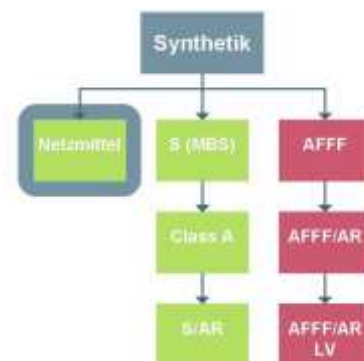
Im Folgenden werden die synthetischen Schaummittelarten mit ihrer Nutzung und ihren Merkmalen gegenüber gestellt:

4.6.3.1 Synthetische Netzmittel

Synthetische Netzmittel sind Tenside, die in geringer Konzentration dem Löschwasser zugesetzt werden um die Oberflächenspannung abzusenken ohne eine Schaumbildung zu erzielen

Merkmale:

- Verringert die Oberflächenspannung
- Schäumt nicht
- Zumischung 0,1 bis 0,3 %
- In der Regel nur für die Brandklasse A
- erheblich bessere Löschwirkung als nur Wasser



Netzwasser wird vorwiegend für die Bekämpfung von Bränden der Brandklasse A, aber auch für Fahrzeugbrände eingesetzt. Durch die Anwendung von Netzmitteln werden die Benetzung der Oberfläche des Brandguts und das Eindringen des Löschwassers in tiefere Schichten des Brandguts (z. B. bei gepressten Lagergütern wie Strohballen oder Baumwolle) verbessert. Dadurch wird der Anteil des Wassers erhöht, der löschwirksam verdampft, und Wasserschäden können durch effizienteren Löschwassereinsatz minimiert werden. Der benetzende Effekt wird durch die Zumischung geringer Mengen von Schaummittel erreicht, die die Oberflächenspannung des Wassers verringern.

Zur Herstellung von Netzwasser kann Netzmittel oder Schaummittel als Löschmittelzusatz verwendet werden. Bei der Verwendung von reinem Netzmittel wird ausschließlich die Oberflächenspannung des Wassers abgesenkt, eine Verschäumung ist jedoch nicht möglich. Die Zumischraten liegen typischerweise zwischen 0,1 und 0,3 %.

In der Praxis wird Netzwasser seltener durch Zugabe von Netzmittel, sondern häufig unter Verwendung von Schaummittel hergestellt, welches ohnehin auf genormten Löschfahrzeugen mitgeführt wird.

In der Regel wird zur Herstellung von Netzwasser Class-A-Schaummittel oder Mehrbereichsschaummittel mit einer Zumischrate im Bereich von 0,1 bis 0,5 %, abhängig von Schaummitteltyp und -hersteller, eingesetzt. Das Schaummittel wird meist mit einer Druckzumischanlage im Löschfahrzeug zugemischt. Bei Verwendung eines Z-Zumischers ist ein zusätzliches Dosierventil erforderlich, das die Einstellung von Zumischraten < 1 % ermöglicht. Netzwasser wird wie Löschwasser mit den üblichen

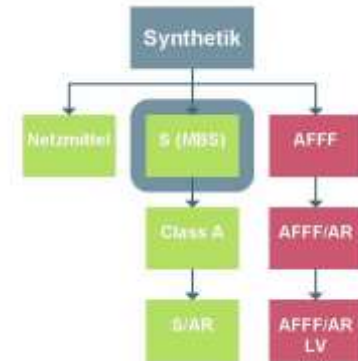
Mehrzweck- oder Hohlstrahlrohren ausgebracht. Eine Verschäumung mit Luft findet nicht statt. Die Löschwirkung von Netzwasser beruht somit auf dem Kühleffekt des Wassers.

4.6.3.2 Mehrbereichsschaummittel

Mehrbereichsschaummittel (MBS) sind synthetische Schaummittel zur Herstellung von Leicht-, Mittel- und Schwertschaum

Merkmale:

- geeignet für Brände der Brandklassen A und B (nicht polar),
- geeignet zur Herstellung von Netzmittel,
- CAFS-tauglich,
- Zumischrate (ZR) für Schwer- und Mittelschaum: je nach Hersteller: 1 %, 3 %, 6 %,
- unterschiedliche Frostbeständigkeiten von -6 bis -30 °C.



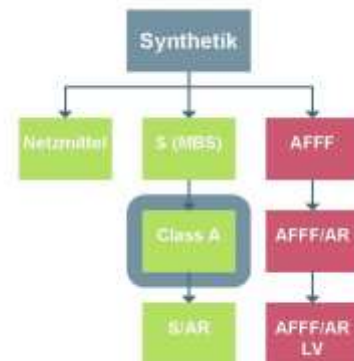
Mehrbereichsschaummittel sind die derzeit bei kommunalen Feuerwehren in Deutschland am weitesten verbreiteten Schaummittel. Der Name leitet sich von dem Umstand ab, dass sich mit Mehrbereichsschaummitteln sowohl Schwer-, Mittel- als auch Leichtschaum herstellen lässt. Mehrbereichsschaummittel werden vorwiegend für Flüssigkeitsbrände (Brandklasse B, nicht polar) eingesetzt, können aber auch gegen Feststoffbrände (Brandklasse A) sowie zur Herstellung von Netzmittel verwendet werden.

4.6.3.3 Class-A-Schaum

Class-A-Schaummittel sind hochkonzentrierte, synthetische Mehrbereichsschaummittel zur Herstellung von Leicht-, Mittel- und Schwertschaum

Merkmale:

- hochkonzentriert
- fluorfrei
- umweltschonend
- Zumischung als Netzmittel: 0,1 bis 0,3 %
- Zumischung bei Brandklasse A bereits ab 0,3 bis 0,5 %
- Class-A-Schaummittel besitzen in der Regel die Zulassung für die Brandklasse B, nicht polar (1 % ZR)



Class-A-Schaum (Schaum für die Brandklasse A) ist ursprünglich eine Entwicklung für die Vegetationsbrandbekämpfung und vereint die Eigenschaften von Netzmittel und MBS. Class-A-Schaummittel werden heutzutage häufig unverschäumt zur Erzeugung von Netzwasser bei Bränden der Brandklasse A dem Löschwasser zugemischt.

Bei Class-A Schaummitteln handelt sich im Grunde um hochkonzentrierte synthetische Mehrbereichsschaummittel. Deren Tenside sind gut abbaubar und schonen in dieser Hinsicht die Umwelt. Bei einer Zumischrate von 0,1 bis 0,3 % können sie als Netzmittel eingesetzt werden. Eine Verschäumung findet je nach Herstellerangaben bereits bei 0,3 % für CAFS und ab 0,5 % für Schwer- und Mittelschaum statt.

In der Regel besitzen diese Schaummittel eine Zulassung für die Brandklasse B zur Erzeugung von Schwer- und Mittelschaum auf nicht polaren, brennbaren Flüssigkeiten (DIN EN 1568-Teil 1 und Teil 3). Hierbei ist es unter Umständen nötig, die Zumischrate je nach Herstellerangaben zu erhöhen.

Aus taktischer Sicht ist das Class-A-Konzentrat mit einer Zumischrate von 0,3 % oder 0,5 % durchaus in Betracht zu ziehen. Verglichen zu Mehrbereichsschaummitteln mit einer Zumischrate von mindestens 3 % kann das mitgeführte Class-A-Konzentrat (120 Liter) um bis zu Faktor zehn mehr Löschschaum bei ausreichender Wasserversorgung und einer darauf ausgelegten Zumischanlage erzeugen.

Hinweis:

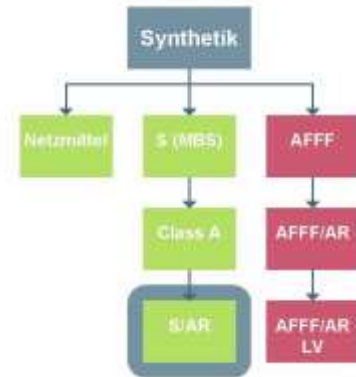
Für Zumischraten von 1 % und weniger sind entweder geeignete Dosieradapter für Z-Zumischer oder geeignete Druckzumischanlagen nach DIN 14430 erforderlich.

4.6.3.4 Alkoholbeständiges Mehrbereichsschaummittel

Alkoholbeständige Mehrbereichsschaummittel (MBS-AR) sind synthetische Schaummittel, die bei Bränden polarer Flüssigkeiten eingesetzt werden. Sie dienen zur Herstellung von Leicht-, Mittel- und Schwertschaum.

Merkmale wie bei MBS, jedoch zusätzlich:

- fluorfreie Alternative zum alkoholbeständigen AFFF/AR
- durch Polymerfilmbildner alkoholbeständig
- speziell für polare Flüssigkeiten entwickelt
- bei polaren Flüssigkeiten indirekter Auftrag erforderlich
- Einsatz auf Feststoffen sowie polaren und nicht polaren Flüssigkeiten
- in der Regel eine sehr zähflüssige (hoch viskose) Flüssigkeit, macht unter Umständen eine spezielle Zumischtechnik erforderlich (z. B. Druckzumischanlage)



Bei der Bekämpfung von Bränden der Brandklasse B mit Schaum muss eine grundsätzliche Unterscheidung getroffen werden zwischen unpolaren Flüssigkeiten wie Mineralölen und polaren Flüssigkeiten wie Alkoholen oder z. B. Aceton. Unpolare Flüssigkeiten sind nicht mit Wasser mischbar und im Prinzip mit allen gängigen Schaummitteln löschar. Polare Flüssigkeiten sind mit Wasser mischbar und haben in der Regel die Eigenschaft, Löschschaum zu zerstören, sofern das verwendete Schaummittel nicht vom Hersteller als alkoholbeständig eingestuft ist. Somit sind alkoholbeständige Schaummittel keine eigenständige Klasse von Schaummitteln, sondern immer eine spezielle Sorte eines Protein- bzw. synthetischen Schaummittels. Diese Schaummittel sind meist mit dem Zusatz AR (alkoholbeständig, engl. „alcohol resistant“) gekennzeichnet wie z. B. MBS/AR.

Die Wirkungsweise von alkoholbeständigen Schaummitteln beruht auf der Bildung eines Polymerfilms zwischen dem Schaum und der polaren brennbaren Flüssigkeit, die eine Zerstörung der Schaumbläschen weitgehend verhindert (siehe Abb. 16). Abhängig von Hersteller und Typ des Schaummittels kann bei Bränden polarer Flüssigkeiten eine höhere Zumischrate als bei unpolaren Flüssigkeiten erforderlich sein, z. B. 6 % Zumischung statt 3 %.

Bedingt durch eine deutlich höhere Viskosität kann sich das Fließverhalten bei alkoholbeständigen Schaummittelkonzentrationen verglichen mit anderen Schaummitteln nachteilig auswirken. Insbesondere bei der Verwendung von Injektorzumischern (Z-Zumischern) kann es häufig zu Problemen kommen.

Fazit: Alkoholbeständige Schaummittelkonzentrate mit hoher Viskosität können nicht mit jeder Zumischtechnik zuverlässig verarbeitet werden.

Bei der Brandbekämpfung von brennbaren, polaren Medien sind drei wichtige Faktoren zu berücksichtigen:

- gute Verschäumung und gute Schaumqualität,
- sanfte Schaumaufgabe: indirektes Löschen durch beispielsweise Aufschieben oder Abprallen lassen,
- ggf. muss eine höhere Zumischrate eingestellt werden.

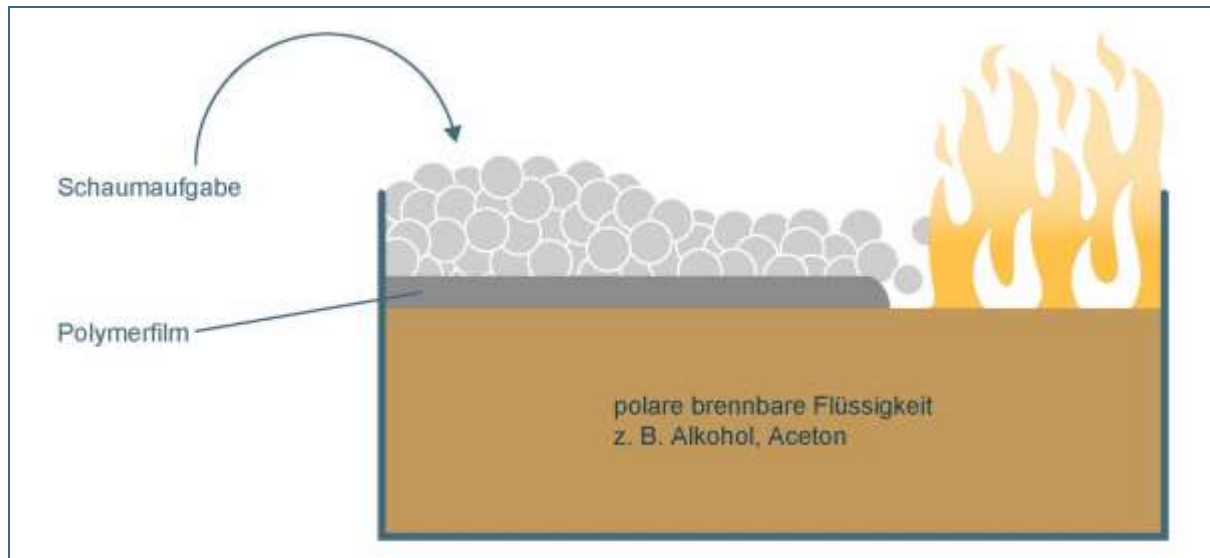


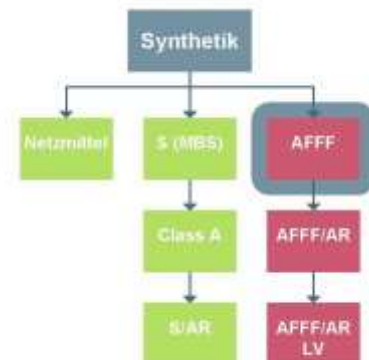
Abb. 16: Löschwirkung von alkoholbeständigen Mehrbereichsschaummitteln – Bildung einer Sperrschicht zwischen Alkohol und Schaum (Polymerfilm)

4.6.3.5 Synthetische AFFF-Schaummittel

Synthetische AFFF-Schaummittel sind wasserfilmbildende Schaummittel zur Herstellung von Mittel- und Schwertschaum.

Merkmale:

- mit oberflächenaktiven, fluorierten Tenside (PFC), deshalb **grundsätzlich umweltschädlich!**
- einzigartige Fließeigenschaften
- wasserfilmbildend = gasdicht (stabile Dampfbarriere) und selbstheilend
- aufgrund der Dampfbarriere kaum Rückzündungsmöglichkeit
- ölabweisend: keine reinigende Wirkung, keine Beladung mit Brandgut
- Applikation: direkt/indirekt bzw. verschäumt/unverschäumt
- ausschließlich für die Anwendung auf nicht polaren Flüssigkeiten entwickelt
- Zumischung je nach Hersteller: 1 %, 3 %, 6 %



AFFF-Schaummittel wurden speziell für die Bekämpfung von Bränden nicht polarer Flüssigkeiten wie z. B. Benzin oder Heizöl entwickelt. Die besondere Wirkungsweise von AFFF-Schaummitteln beruht auf der Ausbildung eines dünnen Wasserfilms auf der Oberfläche der brennbaren Flüssigkeit (siehe Abb. 17). Voraussetzung ist jedoch eine ausreichende Tiefe der brennbaren Flüssigkeit. Die Verwendung fluorierte Tenside in AFFF-Schaummitteln ermöglicht, dass der Wasserfilm auf der Oberfläche der brennbaren Flüssigkeit bleibt und nicht, wie bei Wasser zu erwarten, in der brennbaren Flüssigkeit nach unten sinkt. Dieser Wasserfilm ist selbstheilend und verhindert wirkungsvoll die Freisetzung brennbarer Dämpfe aus der Flüssigkeit.

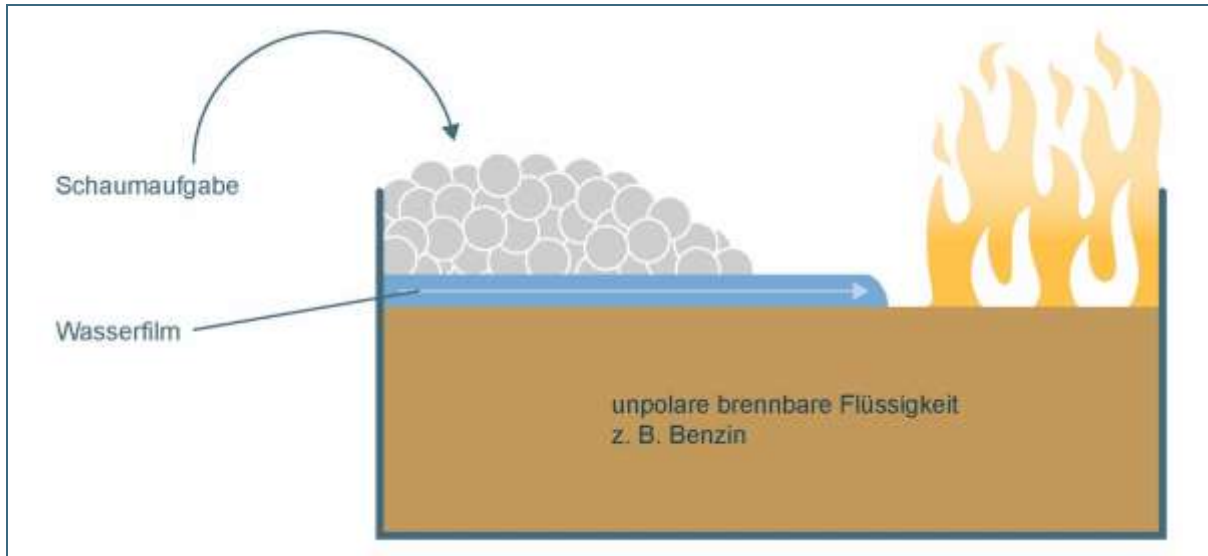


Abb. 17: Löschwirkung von wasserfilmbildenden Schaummittel (AFFF)

Durch den entstehenden Wasserfilm kann sich der AFFF-Schaum schnell auf der Oberfläche der brennbaren Flüssigkeit ausbreiten. Da der Wasserfilm jedoch selbst schon löschwirksam ist, kann ein AFFF-Schaummittelgemisch auch unverschäumt auf eine nicht polare brennbare Flüssigkeit aufgebracht werden, wenn z. B. bei einem Tanklagerbrand große Wurfweiten erforderlich sind, die sich auch mit Schwertschaumwerfern nicht mehr erreichen lassen.

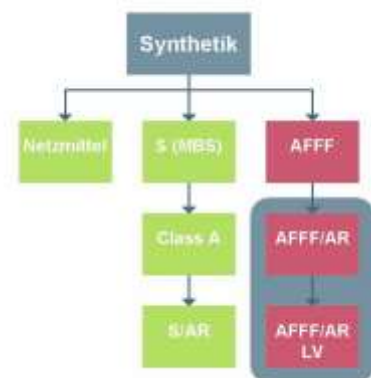
Wichtig: Die löschtechnischen Vorteile der AFFF-Schaummittel kommen nur bei Bränden nicht polarer brennbarer Flüssigkeiten voll zum Tragen, da sich ein löschwirksamer Wasserfilm nur auf einer Flüssigkeitsoberfläche entfalten kann. AFFF-Schaummittel eignen sich zur Erzeugung von Schwer-, Mittel- und Druckluftschäum. Aufgrund der besonderen Umweltproblematik fluortensidhaltiger Schaummittel sollte der Einsatz von AFFF-Schaum auf Ausnahmefälle (siehe Abschnitt „Stufenkonzept“ Kapitel 6.2) beschränkt werden.

4.6.3.6 Synthetische alkoholbeständige AFFF-Schaummittel

Synthetische, alkoholbeständige AFFF-Schaummittel (AFFF/AR LV) sind wasserfilmbildende Schaummittel zur Herstellung von Mittel- und Schwertschaum.

Merkmale wie bei AFFF, jedoch zusätzlich:

- oberflächenaktiver Polymerfilmbildner für Brände polarer Flüssigkeiten
- indirekter Schaummittelauftrag bei polarer Flüssigkeit
- LV-Varianten (engl. low viscosity, niedrig viskos) sind dünnflüssig bei gleichen Eigenschaften
- Zumischung: 1/1 %, 1/3 %, 3/3 %, 3/5 % dabei bedeutet z. B. 3/5 %: 3 % ZR bei „nicht polar“ und 5 % ZR bei „polar“



Bei der Variante AFFF/AR kann sich je nach Eigenschaft (polar oder nicht polar) der zu löschenden Flüssigkeit ein Wasserfilm oder ein Polymerfilm ausbilden.

Die meisten AFFF/AR-Schaummittel sind als Variante mit niedriger Viskosität erhältlich. Sie sind dann als „AFFF/AR LV“ gekennzeichnet.

Aufgrund der besonderen Umweltproblematik fluortensidhaltiger Schaummittel sollte der Einsatz von AFFF-Schaum auf Ausnahmefälle (siehe Abschnitt Stufenkonzept, Kapitel 6.2) beschränkt werden.

4.7 Fluortenside in Löschsäumen – AFFF-Effekt

Die besondere Wirkungsweise von AFFF-Schaummitteln bei der Bekämpfung von Bränden unpolarer Flüssigkeiten wie Benzin, Kerosin oder Heizöl beruht auf der Ausbildung eines dünnen Wasserfilms auf der Oberfläche der brennbaren Flüssigkeit zusätzlich zur Schaumbildung. Die Verwendung fluorierter Tenside in AFFF-Schaummitteln ermöglicht, dass der Wasserfilm auf der Oberfläche einer nicht polaren brennbaren Flüssigkeit bleibt und nicht, wie bei Wasser zu erwarten, nach unten sinkt.

Anders als bei den herkömmlichen Tensiden ist bei den Fluortensiden der nicht polare Teil sowohl öl- als auch wasserabweisend (siehe Abb. 18). Die Fluortenside ragen mit dem nicht polaren Teil sowohl aus dem Wasser als auch aus dem nicht polaren Brennstoff.



Darstellung eines Fluortensidmoleküls

Abb. 18: Schematische

Nur der polare Teil sucht Kontakt zu einem polaren Stoff – in diesem Fall Wasser. Die Fluortenside haben das Bestreben, sich immer auf der Oberfläche zu verteilen und stoßen sich von den herkömmlichen Tensiden ab. Dabei entsteht der dünne Wasserfilm, der sich von selbst auf der gesamten Oberfläche verteilt (siehe Abb. 19) und sich auch wieder verschließt, sobald er mechanisch (z. B. durch einen Löschmittelstrahl) aufgerissen wird. Dieser Effekt wird auch „Selbsteilung“ („self healing“) genannt. Weiterhin schwimmt der aufgetragene Schaum auf dem Wasserfilm auf und kann sich darauf ungehindert ausbreiten und verteilen. Aufgrund seiner Gleiteigenschaften konnte bei Versuchen beobachtet werden, wie der Wasserfilm dem Schaum vorausseilt. Ein weiterer, für die Brandbekämpfung sehr nützlicher Effekt des Wasserfilms ist das gasdichte Abschließen von nicht polarem, flüssigem Brandgut. Brennbare Dämpfe werden am Durchdiffundieren gehindert und somit wird die Gefahr einer Rückzündung minimiert.

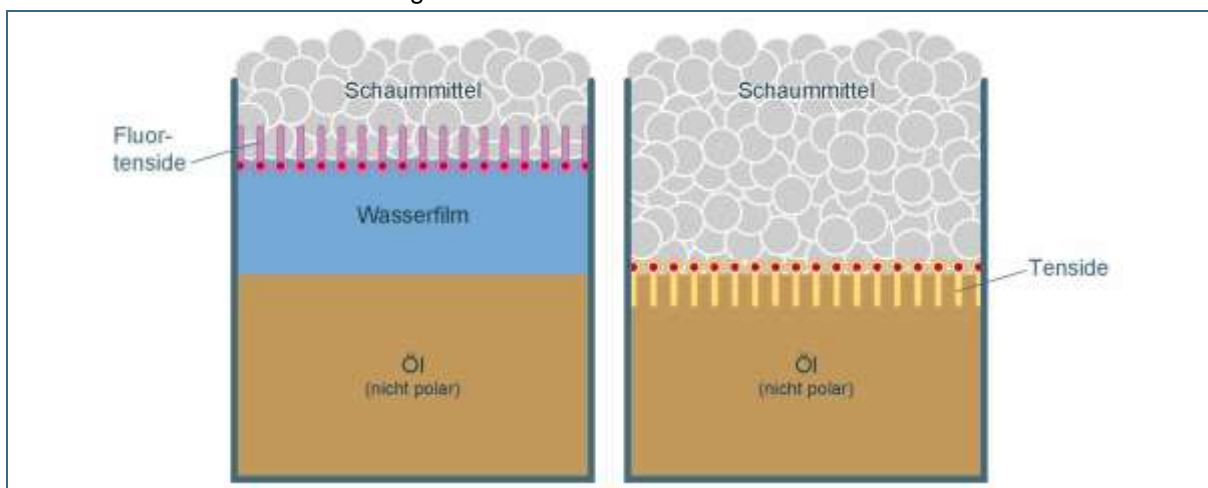


Abb. 19: Schematische Darstellung des AFFF-Effektes

4.8 Stoffgemische aus polaren und nicht polaren Flüssigkeiten

Einer besonderen Herausforderung stehen Einsatzkräfte bei der Brandbekämpfung von Stoffgemischen von polaren und nicht polaren Stoffen der Brandklasse B gegenüber. Als praktisches Beispiel soll hier ein Gemisch aus Diesel und E85 (85 % Bioethanol) betrachtet werden. Eines der

effektivsten Löschschaummittel zur Brandbekämpfung von größeren Mengen Dieselkraftstoff (nicht polar) ist AFFF. Zur effektiven Brandbekämpfung von E85 (polar) muss jedoch ein alkoholbeständiges und polymerfilmbildendes Löschschaummittel verwendet werden. Beide Schaummittelarten benötigen eine gewisse Konzentration an polarer sowie nicht polarer Flüssigkeit als Reaktionspartner um einen wirkungsvollen Wasser- bzw. Polymerfilm auszubilden (siehe Abb. 20). Folglich bilden sich beispielsweise bei einem Gemisch aus E85 und Diesel im Mischungsverhältnis 1:1 weder ein wirkungsvoller Wasser- noch ein wirkungsvoller Polymerfilm aus. Die schaumzerstörende Wirkung des polaren E85 bleibt – wenn auch durch das Mischungsverhältnis abgeschwächt – weiterhin erhalten!

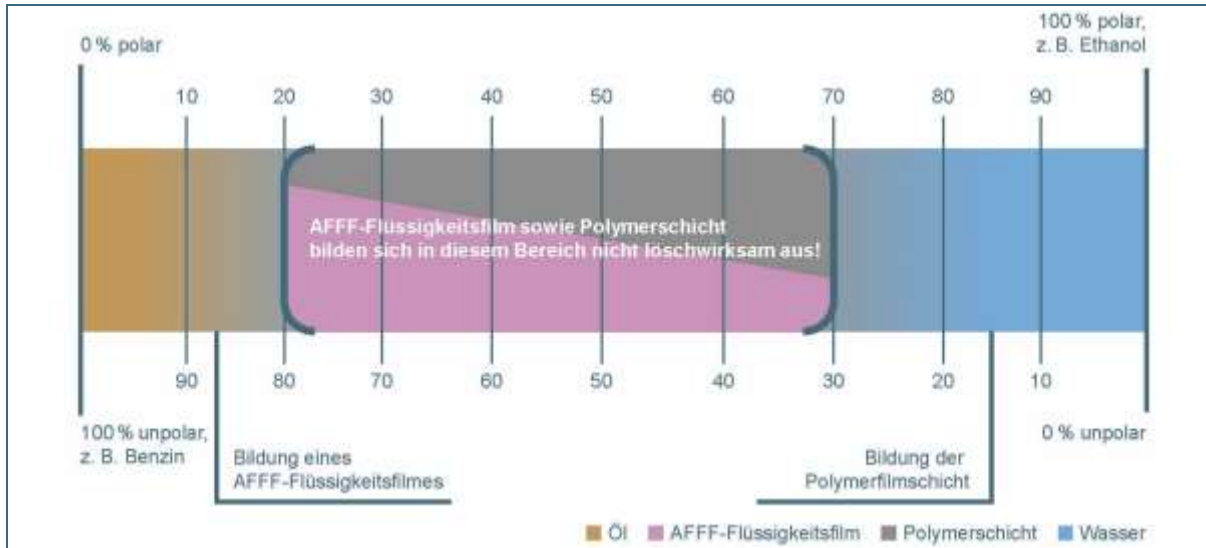


Abb. 20: Anwendungsgrenzen von AFFF und Polymerfilmbildner

5 Hinweise für die Beschaffung und Vorhaltung von Schaummitteln bei kommunalen Feuerwehren

Fluorfreie Schaummittel sind in vielen Brandfällen unverzichtbare Löschwasserzusätze bei kommunalen Feuerwehren und bei Werkfeuerwehren für die effektive Brandbekämpfung. In den vergangenen Jahrzehnten wurden die Schaummittel ständig optimiert. Der Einsatz von Fluortensiden brachte insbesondere bei größeren Treibstoffbränden eine erhebliche Steigerung der Löschwirkung. Zwischenzeitlich hat sich jedoch herausgestellt, dass Fluortenside sehr schwer abbaubar sind, sich in Lebewesen anreichern und schädliche Wirkungen für Menschen, Tiere und die Umwelt haben können.

Die Feuerwehren in Bayern sollten daher, wenn immer möglich, auf den Einsatz von fluortensidhaltigen Schaummitteln verzichten.

Konkrete Hinweise für die Beschaffung von Schaumlöschmitteln und entsprechende Formulare für die Bestätigung der Hersteller zu bestimmten Umwelteigenschaften sind im Anhang zusammengestellt.

5.1 Bestände

Momentan können bei den Feuerwehren in Bayern noch verschiedene Arten von Schaummitteln vorhanden sein. Schaummittel mit einem PFOS-Gehalt größer 50 mg/kg durften nur noch bis zum 27.Juni 2011 verwendet werden.

Mit Hilfe des Herstellungsdatums und der Produktbezeichnung kann zumeist festgestellt werden, ob das Schaummittel noch verwendet werden darf und ob es fluortensidhaltig ist.

Insbesondere Schaummittel aus der früheren Produktion der Firma 3M (sogenanntes Light Water, oft auch aus Beständen der Streitkräfte) sind umweltgerecht (siehe unten) zu entsorgen und dürfen keinesfalls mehr eingesetzt werden.

5.1.1 Eindeutige Kennzeichnung

Den Feuerwehren wird empfohlen, sämtliche Schaummittelbehältnisse eindeutig zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung sollte mindestens den Produktnamen und das Herstellungsjahr umfassen. Bei fluortensidhaltigen Schaummitteln sollte der Hinweis vorhanden sein:

Achtung Fluortenside umweltgefährdend!

Zusätzlich wird zur eindeutigen Kennzeichnung empfohlen, die Schraubdeckel von Schaummittelbehältern mit fluortensidhaltigen Schaummitteln rot zu markieren.

Für die verwendeten Schaummittel sollen jeweils die Sicherheitsdatenblätter mitgeführt werden. Die meisten Sicherheitsdatenblätter sind auf den Internetseiten der Hersteller verfügbar.

Sobald als Inhaltsstoffe Verbindungen mit „Fluor“ in der Bezeichnung (meist unter Punkt 3 Inhaltsstoffe, z. B. Fluortensid, Fluorsurfactant, Perfluoralkylbetaine etc.) und/oder „AFFF“ im Produktnamen angegeben sind, sollten die entsprechenden Behälter und der entsprechende Hinweis in den Passagen der mitgeführten Sicherheitsdatenblätter eindeutig markiert werden.

5.1.2 Schaummittel-Analysen und Entsorgung

Schaummittel können auf ihren Gehalt an Fluortensiden untersucht werden. Zu beachten ist, dass die Untersuchung einer Schaummittelprobe in etwa 200 - 400 Euro kostet. Analysenlabore können im Internet in dem Dokument unter www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_1_labore_umweltbereich.pdf recherchiert werden. Sollte sich herausstellen, dass das Schaummittel entsorgt werden muss, so fallen zusätzlich Entsorgungskosten an. Daher lohnt sich eine Analyse erst bei einer größeren Menge Schaummittel. PFOS-haltige oder alte Schaummittel ohne Kennzeichnung müssen fachgerecht entsorgt werden. Keinesfalls dürfen diese Mittel mehr zu Übungszwecken verbraucht werden.

Die Entsorgung von fluortensidhaltigen Schaummitteln muss über geeignete Entsorgungsfirmen erfolgen (Abfallschlüsselnummer i. d. R. 16 10 01* = wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten). Die Lagerbehälter sollten, wenn möglich, mit entsorgt werden. Zertifizierte Entsorgungsfachbetriebe können unter www.lfu.bayern.de/abfall/entsorgerfachbetriebe/recherche/index.htm recherchiert werden.

5.1.3 Behälterreinigung

Um eine Kontamination fluorfreier Schaummittel mit PFC zu verhindern, sollen gebrauchte Schaummittelkanister und Intermediate Bulk Container (IBC), welche fluortensidhaltige Schaummittel enthalten haben, nicht wiederverwendet werden. Bei kleineren Behältern und IBC wird es zweckmäßig sein, diese ebenfalls zu entsorgen, bevor mit einem aufwendigen Reinigungsverfahren versucht wird, den Tank zu reinigen. Fest installierte Schaummitteltanks in Fahrzeugen müssen vor einer Neubefüllung mit fluortensidfreiem Schaummittel sorgfältig gereinigt werden. Weitere detailliertere Hinweise sind im Anhang enthalten.

5.2 Fluortensidfreie Schaummittel

Aus Gründen des Umweltschutzes wird den Städten und Gemeinden empfohlen, zukünftig nur noch fluortensidfreie Schaummittel bei den Feuerwehren zu verwenden. In Bayern müssen die Schaummittel auf staatlich geförderten Feuerwehrfahrzeugen die Anforderungen der DIN EN 1568 (siehe Abschnitt 6.9) erfüllen.

Schaummittel werden nach der DIN EN 1568 unter anderem nach den Löschleistungsstufen I, II, III und nach den Rückbrandbeständigkeiten A, B, C, D eingeteilt. Die Löschleistungsstufe I ist besser als II und II besser als III, bei den Rückbrandbeständigkeiten ist A besser als B und B besser als C etc.

Moderne Mehrbereichsschaummittel erfüllen alle Anforderungen an Schaummittel für die Beladung kommunaler Löschfahrzeuge. Mehrbereichsschaummittel können sowohl als Netzmittel zur Erzeugung von Schwer-, Mittel- und Leichtschäum sowie auch für das Druckluftschäumverfahren verwendet werden. Jedoch ist zu beachten, dass bei stark schaumzerstörenden brennbaren Flüssigkeiten der Schaummittelbedarf größer und die Löschleistung geringer ist.

Durch die Verwendung von hochkonzentrierten Mehrbereichsschaummitteln oder speziellen fluorfreien Schaummitteln für schaumzerstörende Flüssigkeiten kann dieser Nachteil teilweise ausgeglichen werden. Hierbei ist zu beachten, dass nicht jede Zumischtechnik für diese Schaummittel geeignet ist.

5.3 Umgang mit Schaummitteln im Feuerwehrhaus

Löschsäume (Konzentrate, Gemische mit Wasser) und Entschäumermittel sind wassergefährdende Stoffe. Beim Umgang mit diesen Stoffen in Anlagen sind bestimmte Anforderungen der §§ 62 und 63 WHG, der AwSV und in Technischen Regeln einzuhalten. Aus wasserrechtlicher Sicht sind dabei folgende Anlagen zu unterscheiden:

- das Vorhalten von wassergefährdenden Stoffen in Transportbehältern und in Fahrzeugbehältern fällt unter „Lagern“,

- das Be- und Entladen von Fahrzeugen mit wassergefährdenden Stoffen in Transportbehältern unter „Umschlagen“,
- das Befüllen oder Entleeren von Behältern (z. B. das Befüllen von Fahrzeugbehältern aus Transportbehältern) unter „Abfüllen“ und
- das Mischen von wassergefährdenden Stoffen unter „Behandeln“.

Lagerbehälter müssen (neben eindeutiger Kennzeichnung/Beschriftung) dicht, standsicher und ausreichend widerstandsfähig (beständig) sein. Dies gilt als eingehalten, wenn die Originalgebinde des Herstellers verwendet werden. Die Behälter sind vor Beschädigungen geschützt aufzustellen. Aus den Behältern austretende Stoffe müssen schnell und zuverlässig erkannt und zurückgehalten werden. Sofern der Aufstellraum selbst nicht als Rückhalteeinrichtung geeignet ist, d. h. wasserundurchlässig und abflusslos mit ausreichendem Rückhaltevolumen ist, kann dies durch Aufstellen der Behälter in oder über Auffangwannen erreicht werden. Die Auffangwanne muss über ein Rückhaltevolumen verfügen, das dem Volumen des größten Behälters entspricht, mindestens aber 10 % des Gesamtvolumens.

Feuerwehrfahrzeuge sind im Normalfall mit Fahrzeugbehältern/Aufbautanks zur Vorhaltung von Löschschaummitteln ausgestattet (Normfahrzeuge bis zu 500 Liter, bei Industriefahrzeugen bis zu 3.000 Liter). Nach der AwSV handelt es sich bei diesen Fahrzeugbehältern um "ortsbewegliche Behälter", deren Inhalt (Löschschaum) für eine spätere Nutzung (im Brandfall) vorgehalten wird. Wenn die Feuerwehrfahrzeuge regelmäßig mit gefüllten Aufbau tanks abgestellt werden, handelt es sich deshalb bei den Abstellflächen um Lageranlagen. Die AwSV-Grundsatzanforderungen „Dichtheit, Standsicherheit, Beständigkeit“ sind auch von den Aufbau tanks zu erfüllen, können jedoch durch die zweckgebundene Herstellung der Behälter als erfüllt angesehen werden. Die AwSV-Anforderung „Rückhaltung von austretendem Löschmittel“ kann durch geeignete Ausführung des Abstellplatzes (abflusslos oder mit gesicherter Entwässerung) gewährleistet werden. Nachdem Feuerwehrfahrzeuge immer einsatzbereit sein müssen und deshalb eine ständige Wartung und Kontrolle der Fahrzeuge erfolgt, ist die Erkennung von Undichtheiten an den Fahrzeugbehältern sowie von Leckagen auf dem Abstellplatz sichergestellt.

Nach § 63 WHG benötigen alle Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe grundsätzlich vor Errichtung eine Eignungsfeststellung, die auch im Rahmen einer Baugenehmigung erteilt werden kann. Dafür ist die Einhaltung der genannten Anforderungen von der Feuerwehr nachzuweisen.

Besondere Anforderungen gelten für das Befüllen der Fahrzeugbehälter. Durch den offenen Umgang mit wassergefährdenden Stoffen ist die Gefahr erhöht, dass wassergefährdende Stoffe durch undicht werdende Schläuche oder Armaturen und Überfüllung von Behältern austreten. Das Abfüllen darf daher nur über flüssigkeitsundurchlässigen Flächen vorgenommen werden, die abflusslos sind oder deren Entwässerung für die Zeitdauer des Abfüllens verschlossen werden kann.

Die Entwässerung der Abstellflächen von Feuerwehrfahrzeugen erfolgt oft über einen Leichtflüssigkeitsabscheider in die öffentliche Kanalisation. Da Schaummittel einen hohen Tensidgehalt besitzen,

Hinweise für die Beschaffung und Vorhaltung von Schaummitteln bei kommunalen Feuerwehren

dürfen sie nicht in Leichtflüssigkeitsabscheider gelangen. Einerseits können sie dort nicht zurückgehalten werden, andererseits können sie die dort bereits zurückgehaltenen Leichtflüssigkeiten (Kohlenwasserstoffe) lösen, die dann in die Kanalisation gelangen würden. Daher ist der Zufluss zum Abscheider absperrbar auszuführen und nur bei Bedarf zu öffnen (z. B. bei einer Reinigung der Abstellfläche). Ersatzweise ist im Übergabeschacht zur öffentlichen Kanalisation eine

Absperrmöglichkeit vorzusehen, um ausgetretenes Schaummittel im "betrieblichen" Entwässerungsnetz zurückzuhalten. Bei Beaufschlagung des Abscheiders mit Schaummittel ist jedoch dann eine Entleerung, Reinigung und Entsorgung notwendig.

Hinweis: Die AwSV greift nicht bei oberirdischen Anlagen mit einem Volumen unter 0,22 m³ flüssiger wassergefährdender Stoffe (z. B. Lagerung von Löschsäumen in einem Fass mit 200 l), die außerhalb von Schutzgebieten oder Überschwemmungsgebieten liegen. Aber auch in diesem Fall ist die Besorgnis einer Gewässerverunreinigung nach §§ 5, 32, 48 WHG auszuschließen. Da hierfür keine einschlägigen Regelungen niedergelegt sind, kann als Erkenntnisquelle das anlagenbezogene Recht (AwSV und Technische Regeln) herangezogen werden.

5.4 Normung von Schaummitteln

Schaummittel werden in der Regel durch ein anerkanntes Institut, beispielsweise durch ein Materialprüfungsamt auf Erfüllung der Norm DIN EN 1568 Teil 1-4 geprüft. Enthalten sind Anforderungen an:

- Chemische und physikalische Eigenschaften
- Mindestgebrauchsfähigkeit
- Kennzeichnung

Die Norm teilt sich wie folgt auf:

- DIN EN 1568-1:2008: Mittelschaum (zum Aufgeben auf nicht polare Flüssigkeiten)
- DIN EN 1568-2:2008: Leichtschaum (zum Aufgeben auf nicht polare Flüssigkeiten)
- DIN EN 1568-3:2008: Schwerschaum (zum Aufgeben auf nicht polare Flüssigkeiten)
- DIN EN 1568-4:2008: Schwerschaum (zum Aufgeben auf polare Flüssigkeiten) Die Prüfung eines Schaummittel nach DIN EN 1568 ff beinhaltet u. a. folgende Punkte:
 - Anwendungsbereich: Anforderungen an chemische und physikalische Eigenschaften, Mindestgebrauchsfähigkeit, Kennzeichnung
 - normative Verweisung (zählt die zitierten Dokumente auf, welche für die Anwendung der DIN EN 1568 ff erforderlich sind),
 - Begriffe,
 - Sediment im Schaummittel,
 - Viskosität des Schaummittels,
 - pH-Wert des Schaummittels,
 - Oberflächenspannung der Schaummittellösung,
 - Spreitungskoeffizient der Schaummittellösung,
 - Verschäumung und Wasserabscheidung des Schaums,
 - Löschvermögen,
 - Behälterkennzeichnung.

So wird beispielsweise zur Prüfung des Löschvermögens nach DIN EN 1568-3:2008 Anhang H.2: Löschprüfung mit sanfter Aufgabe (Schwerschaum auf nicht polare Flüssigkeit) eine runde Wanne mit ca. 4,5 m² Grundfläche zuerst mit 90 Liter Wasser und anschließend mit 144 Liter nicht polarem Brennstoff (Heptan) befüllt. Nach der vollständigen Durchzündung wird der Schaum mittels Schaumrohr indirekt auf eine Prallplatte aufgetragen. Beschäumt wird für die Dauer von max. 300 Sekunden. Wenn das Feuer verloschen ist, wird anschließend für die Dauer von maximal 300 Sekunden mit einer offenen Flamme (Rückbrandgefäß) die Rückbrandzeit ermittelt.

Die Einteilung der Schaummittel in Löschleistungsstufen nach DIN EN 1568-3:2008 dient der besseren Vergleichbarkeit (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Löschleistungsstufen (Quelle: DIN EN 1568-3:2008-06, Angaben in Minuten)

Löschleistungsstufe	Rückbrandbeständigkeit	Prüfung mit sanfter Aufgabe		Prüfung mit direkter Aufgabe	
		Löschzeit nicht über	Rückbrand nicht unter	Löschzeit nicht über	Rückbrand nicht unter
I	A	nicht anwendbar		3	10
	B	–	15	3	nicht anwendbar
	C	–	10	3	
	D	–	5	3	
II	A	nicht anwendbar		4	10
	B	–	15	4	nicht anwendbar
	C	–	10	4	
	D	–	5	4	
III	B	5	15	nicht anwendbar	
	C	5	10		
	D	5	5		

Anhand der Löschleistungsstufe und der Rückbrandbeständigkeit können die verschiedenen Schaummittelklassen gegenüber gestellt werden (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Schaummittelklassen (Quelle: DIN EN 1568-3:2008-06)

Klasse	Löschleistungsstufe	Rückbrandbeständigkeit	Filmbildung
AFFF (nicht AR)	I	C	ja
AFFF (AR)	I	A oder B	ja
FFFP (nicht AR)	I	B	ja
FFFP (AR)	I	A oder B	ja
FP (nicht AR)	II	A oder B	nein
FP (AR)	II	A oder B	nein
P (nicht AR)	III	B	nein
P (AR)	III	B	nein
S (nicht AR)	III	C	nein
S (AR)	III	C	nein

6 Taktik und Einsatz

Um einen erfolgreichen Einsatz von Löschschaum zu gewährleisten, gilt es eine Reihe von technischen und taktischen Grundsätzen zu beachten.

Es gilt prinzipiell der Grundsatz, erst dann mit einem Löschschaumangriff zu beginnen, wenn

- ein geeignetes Schaummittel,
- genügend Schaummittel,
- eine ausreichende Wasserversorgung und
- eine ausreichende Anzahl an entsprechend leistungsfähigen Schaumrohren/ -werfern und Zumischreinrichtungen an der Einsatzstelle

vorhanden und einsatzbereit sind.

6.1 Auswahl eines geeigneten Schaummittels

Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Brandbekämpfung ist die Auswahl des richtigen Löschmittels. Aus den Betrachtungen aus dem Kapitel 2 ergibt sich die in Abb. 21 dargestellte Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines geeigneten Schaummittels.

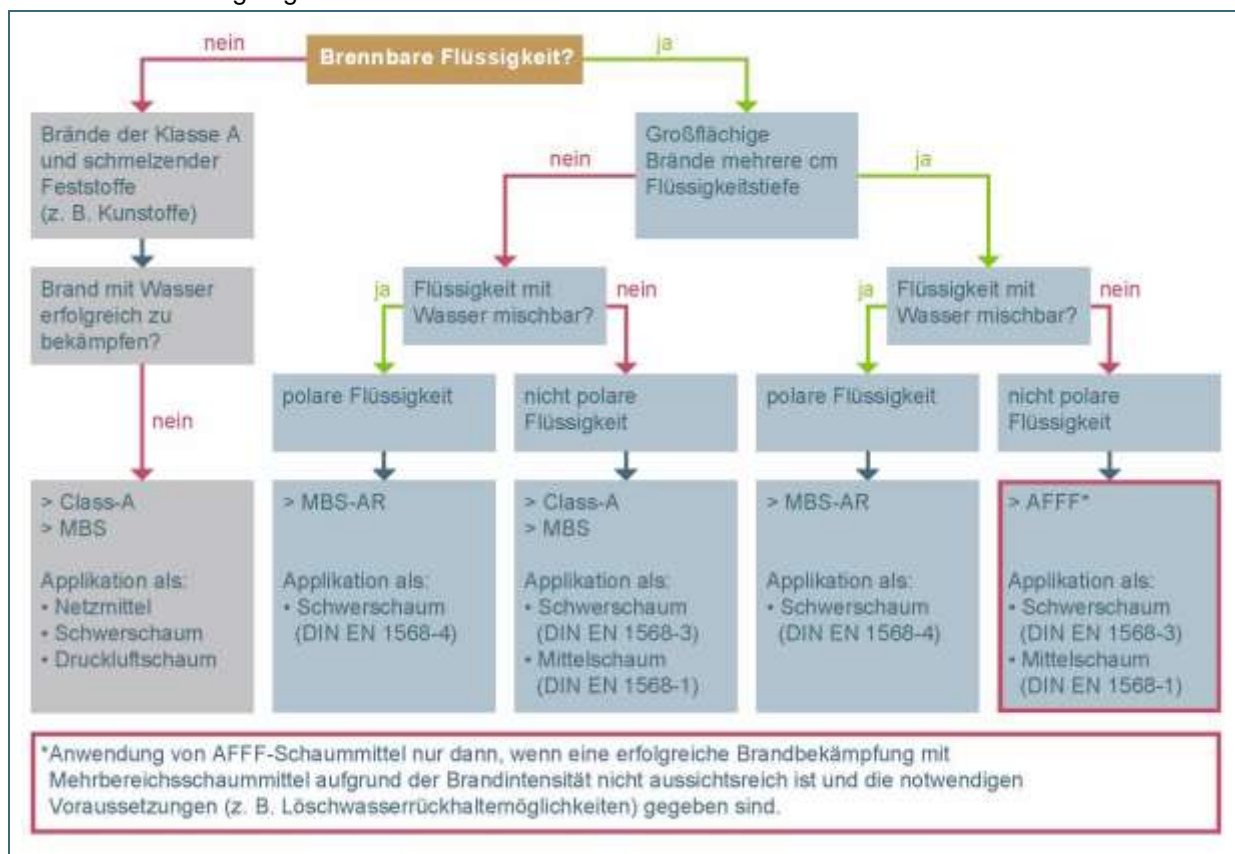


Abb. 21: Entscheidungsmatrix für die Auswahl eines geeigneten Schaumlöschmittels

6.2 Das Stufenkonzept – Entscheidungshilfe zum Schaumeinsatz

Mit dem im Folgenden dargestellten Stufenkonzept soll die Entscheidung zum Einsatz von Schaummitteln, angefangen von der Herstellung von Netzwasser bis hin zum Schaumangriff bei komplexen, großen Brandlagen, erleichtert werden.

Stufe 0 – Löscheinsatz ohne Schaum- oder Netzmittel:

- Die Löschwirkung von Wasser ist für die Brandbekämpfung bzw. Verhinderung einer Schadensausweitung ausreichend.
- Schäden am Objekt durch große Mengen Löschwasser können ausgeschlossen werden (Wasserschaden).
- Auch beim Einsatz größerer Mengen Löschwasser ist eine Kontamination von Boden, Grundwasser oder Gewässer durch das Ausschwemmen von Schadstoffen aus dem Brandobjekt (z. B. Verschmelzungsprodukte, sonstige umweltschädliche Stoffe) nicht zu erwarten.
- Bei Brandeinsätzen in elektrischen Anlagen ist der Einsatz von Schaummitteln mit besonderen Gefahren verbunden: Durch die ionischen Bestandteile des Schaummittels haben Löschschäume und Schaummittel-Wassergemische eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit. Der Einsatz ist nach DIN VDE 0132 zu prüfen.
- Beispiele: Brandklasse A, kleine Vegetationsbrände (Hecken, Büsche, Sträucher).

Stufe 1 – Löscheinsatz mit Netzmittel durch MBS oder Class A (ZR ab 0,1 bis 0,5 %)

- Die Löschwirkung und Effizienz von Löschwasser soll verbessert werden bei begrenzter Löschwasserversorgung.
- Schäden am Objekt sollen durch geringere Mengen Löschwasser minimiert werden (Wasserschaden).
- Eine Minimierung der Schadensausweitung soll durch die verbesserte Effizienz der Eindring- und Kühlwirkung erreicht werden.
- Durch die Verringerung der zur Brandbekämpfung benötigten Löschwassermenge kann eine Kontamination von Boden, Grundwasser oder Gewässer durch das Ausschwemmen von Schadstoffen minimiert werden.
- Beispiele: Gebäudebrand, Brand von gepressten Lagergütern wie Stroh-, Papier- oder Kunststoffballen, ausgedehnte Vegetationsbrände, Schützen durch Benetzen einer Brandwand oder Fassade.

Stufe 2 – Löscheinsatz mit Schaum durch MBS oder Class A

- Die Löschwirkung von Wasser ist für die Brandbekämpfung bzw. Verhinderung einer Schadensausweitung nicht ausreichend.
- Schäden am Objekt sollen durch effektiveres Löschverhalten (z. B. CAFS) minimiert werden (Wasserschaden).
- Eine Schadensausweitung soll durch die hohe Löschwirksamkeit minimiert werden.
- Durch die Verringerung der zur Brandbekämpfung benötigten Löschwassermenge kann eine Kontamination von Boden, Grundwasser oder Gewässer durch das Ausschwemmen von Schadstoffen minimiert werden.
- Beispiele Brandklasse A: Gebäudebrände, Abdecken von unzugänglichen Bereichen wie Reifenhalden, Fluten von besonders gefährdenden Bereichen (Einsturz), Fahrzeugbrände (LKW, PKW).
- Beispiele Brandklasse B: kleine Flüssigkeitsbrände durch auslaufende Kraftstoffe oder Hydraulikflüssigkeiten (bis ca. 1000 L), schützende Beschäumung bei Gefahrstoffaustritt.

Stufe 3 – Löscheinsatz mit erweiterten Anforderungen an das Schaummittel und an die Logistik

- Der Bedarf an Schaummittel übersteigt deutlich die auf genormten Löschfahrzeugen mitgeführte Menge.

- Aufgrund der stark schaumzerstörenden Wirkung polarer, brennbarer Flüssigkeiten wird alkoholbeständiges (AR) Schaummittel benötigt.
- Umsetzung der taktischen und technischen Einsatzplanung (Schaummittelkonzept) durch Zugriff auf speziell für Großschadenslagen vorgehaltenes Schaummittel mit dazugehöriger Technik, Logistik und taktischer Vorgehensweise.

Sonderstufe 4 – Löscheinsatz mit wasserfilmbildenden, fluorhaltigen Löschschäumen (AFFF)

Nur unter folgenden Voraussetzungen kann der Einsatz von fluorhaltigen Löschschäumen, gerechtfertigt und notwendig sein:

- Es handelt sich um eine brennende, nicht polare Flüssigkeit.
- Eine glatte Flüssigkeitsoberfläche ist vorhanden, damit sich ein Wasserfilm (AFFF-Effekt) löschwirksam ausbreiten kann.
- Der Brand kann aufgrund seiner Intensität und Menge an brennender Flüssigkeit mit einem Mehrbereichsschaummittel nicht wirksam bekämpft werden.
- **Fluorhaltige Löschschäume sollten möglichst nur bei entsprechenden Löschwasserrückhalteanlagen und anschließend gesicherter Entsorgung eingesetzt werden.**
- Die verbrauchte Menge an Schaummittel ist im Einsatzbericht zu dokumentieren.

6.3 Vermischen von Schaummitteln

Wie bereits erwähnt, bestehen synthetische Schaummittel aus unterschiedlichen Inhaltsstoffen. Durch Vermischen zweier unterschiedlicher Schaummittelkonzentrate kann es daher zu unerwünschten Effekten kommen. Dies ist vor allem bei größeren Einsatzlagen zu berücksichtigen (Stufenkonzept: ab Stufe 3), wenn während des Einsatzverlaufs unterschiedliche Schaummitteltypen eingesetzt werden.



Wird beispielsweise einem alkoholbeständigen Schaummittel wie MBS-AR oder AFFF-AR (Polymerfilmbildner) ein nicht alkoholbeständiges wie Class-A (kann Alkohol beinhalten) zugeführt, so kann folgender Effekt eintreten: Das alkoholbeständige Schaummittel versucht seinen eigentlichen Zweck zu erfüllen, in dem es beginnt einen gelartigen Polymerfilm zu bilden. Die beiden Schaummittel beginnen zu verklumpen (siehe Abb. 22). Dies kann bis hin zum Totalausfall des gesamten Systems innerhalb der schaummittelführenden Komponenten führen. Um Probleme beim Einsatz unterschiedlicher Schaummittelkonzentrate zu vermeiden sollte die Verträglichkeit im Vorfeld geklärt werden. Grundsätzlich sind auch hier die Angaben des Herstellers zu beachten. Das gleichzeitige Aufbringen von Löschschäumen aus unterschiedlichen Schaummittelkonzentraten, z. B. Class-A und MBS-AR, ist dagegen unbedenklich.

Abb. 22: AFFF-AR reagiert mit Class-A-Schaummittelkonzentrat, die zu beobachtende Gelbildung kann zu Problemen beim Einsatz führen.

6.4 Verträglichkeiten von Löschschäumen mit Löschpulver

Neben den Hauptbestandteilen Ammoniumphosphat und Ammoniumsulfat enthalten Löschpulver Zusatzstoffe zur Hydrophobierung (macht wasserabweisend) oder auch zum Erhalt der Rieselfähigkeit.

Zur Hydrophobierung verwendet man Zusatzstoffe auf Silikonbasis.

Der Silikonüberzug hat jedoch auch eine sehr stark schaumzerstörende Wirkung. Vergleichen lässt sich das mit Waschmittel für die Waschmaschine im Haushalt. Damit die enthaltenen Tenside nicht aufschäumen und die Waschmaschine überlaufen lassen, werden silikonhaltige Inhaltsstoffe zugesetzt, welche eine entschäumende Wirkung haben. Ähnliches geschieht, wenn silikonhaltiges Löschpulver auf Löschschaum trifft. Der Schaum wird schnell und nachhaltig zerstört. Der kombinierte Einsatz von Löschschaum und Pulver ist daher nur mit speziellen Löschpulvern möglich, welche mit „SV“ für „schaumverträglich“ gekennzeichnet sind. Zu beachten ist noch die mechanische Wirkung der Pulverkörner beim Auftreffen auf den Schaum, da diese wie Projektile wirken und die Schaumblasen durchdringen. Ein gleichzeitiges Anwenden von SV-Pulver und Schaum hat bereits während der Applikation eine gewisse Zerstörungsrate des Löschschaumes zur Folge.

Zusammenfassende Taktik beim kombinierten Löschangriff mit Pulver und Schaum:

- Nur schaumverträgliches Löschpulver mit der Kennzeichnung „SV“ verwenden.
- Wenn möglich, erst Pulver dann Schaum auftragen.
- Gleichzeitiges Auftragen von Pulver und Schaum ist möglich. Dadurch wird die Löschwirksamkeit deutlich erhöht. Jedoch ist darauf zu achten, dass der Pulverstrahl auf den Schaumstrahl aufgelegt wird.
- Wenn kein kombinierter Auftrag (Pulver-Schaum) möglich ist, dann sollte erst das Pulver und dann der Schaum aufgetragen werden.

Ob ein Löschschaum mit Meerwasser verträglich ist, hängt grundsätzlich von den Angaben des Herstellers ab. Wird jedoch ein Schaummittel als „für den Einsatz mit Meerwasser geeignet“ gekennzeichnet, so findet auch dessen Prüfung und Zulassung nach DIN EN 1568 ff u. a. mit künstlichem Meerwasser statt.

6.5 Allgemeine Einflüsse auf die Schaumqualität

Bei der Erzeugung von Luftschaum müssen eine Vielzahl von Einflussfaktoren beachtet werden:

- Durch die reinigende Wirkung der im Schaummittel eingesetzten Tenside (Anhaftung der Tenside an Schmutzteilchen) kann die Schaumqualität bei Verwendung von heißem, verschmutztem oder stark kalkhaltigem Wasser erheblich beeinträchtigt werden oder eine Erhöhung der Zumischrate erforderlich machen.
- Die Verschäumung des Wasser-Schaummittel-Gemischs im Schaumrohr kann durch heiße oder verunreinigte Luft (z. B. Ansaugen von Brandrauch) gestört oder unmöglich gemacht werden.
- Ein freier Luftstrom durch das Schaumrohr muss gewährleistet sein. Beim Einbringen von Löschschaum in geschlossene Räume muss eine geeignete Abluftöffnung vorhanden sein, damit sich kein Gegendruck aufbauen kann.

Folgende Fehlerquellen können die Funktionsweise der Zumischtechnik beeinträchtigen:

- Gegendruck am Z-Zumischer zu hoch (> 2 bar),
- Zumischer entgegen der Durchflussrichtung eingebaut,
- Wasserdruck am Zumischer zu hoch oder zu niedrig,
- mangelhaftes Spülen des Zumischers nach Gebrauch,
- Durchflussmengen von Zumischer und Schaumrohren müssen aufeinander abgestimmt sein (z. B. Z4 – M4).

Das verwendete Schaummittel muss in seinen Fließeigenschaften für den verwendeten Zumischer geeignet sein. Um eine löschwirksame Schaumqualität zu erhalten, ist es erforderlich die Zumischrate anzupassen. Diese ist abhängig vom verwendeten Schaummittel, von der Wasserqualität und unter Umständen von den Eigenschaften des brennbaren Stoffes (schaumzerstörende Wirkung). Witterungseinflüsse wie z. B. Frost können einen Schaumeinsatz erschweren oder unmöglich machen.

6.6 Löschtechnik und Löschtaktik

6.6.1 Führen von Schaumstrahlrohren

Das Führen von Schaumstrahlrohren steht im Gegensatz zur herkömmlichen Führung von Mehrzweck- oder Hohlstrahlrohren. Beim Löschangriff mit Hohlstrahlrohren wird meist eine dynamische, der Situation angepasste Strahlrohrführung angewandt, wie u. a. Sprüh-Impuls-Löschverfahren, das Nachzeichnen von Figuren usw.

Dies sollte beim Führen von Schaumstrahlrohren (gilt nicht für CAFS!) vermieden werden. Die direkte Brandbekämpfung, sprich der Versuch die Flammen mit Löschschaum direkt abzulöschen, sollte die letzte Wahl sein.

6.6.2 Direkte Applikation von Löschschaum – „Fuel-Pick-Up“-Effekt

Wird der Schaumstrahl direkt auf das Brandgut gegeben, so wird ein Teil bereits vor dem Auftreffen durch die Hitze und Thermik zerstört. Hinzu kommt, dass bei Bränden der Brandklasse B der Schaum in die brennende Flüssigkeit eintaucht und sich auf Grund seiner emulgierenden Wirkung (bei MBS, Class-A) mit Brandgut belädt („Fuel-Pick-Up“-Effekt). Der beladene Schaum verbrennt wirkungslos an der Oberfläche. Sofern keine andere Auftragsart gewählt werden kann, sollte bei der direkten Auftragsart die maximal verfügbare Applikationsrate (Auftragsrate in l/min – siehe auch unter 6.8 „Angepasster Löschangriff mit Löschschaum“) angestrebt werden, da sonst ein effektiver Löscherfolg nicht gewährleistet werden kann.

6.6.3 Indirekte Applikation von Löschschaum durch Bildung eines „Schaumankers“

Eine vorwiegend statische Schaumrohrführung ist besonders bei brennenden Flüssigkeiten in der Anfangsphase wichtig, um ein Fundament – den Schaumanker – zu setzen. Selbst wenn dies augenscheinlich anfangs keinen Löscherfolg zur Folge hat, so ist es unerlässlich, alle Schaumrohre auf eine geeignete Stelle außerhalb des Brandherdes zu richten, um ein kühlendes und stabiles Fundament zu bilden. Schwerschaum eignet sich hier aufgrund der hohen Kühlwirkung und Wurfweite am besten. Vom Schaumanker ausgehend verteilt sich der Schaum anschließend von selbst über die Oberfläche oder aber er wird aufgeschoben.

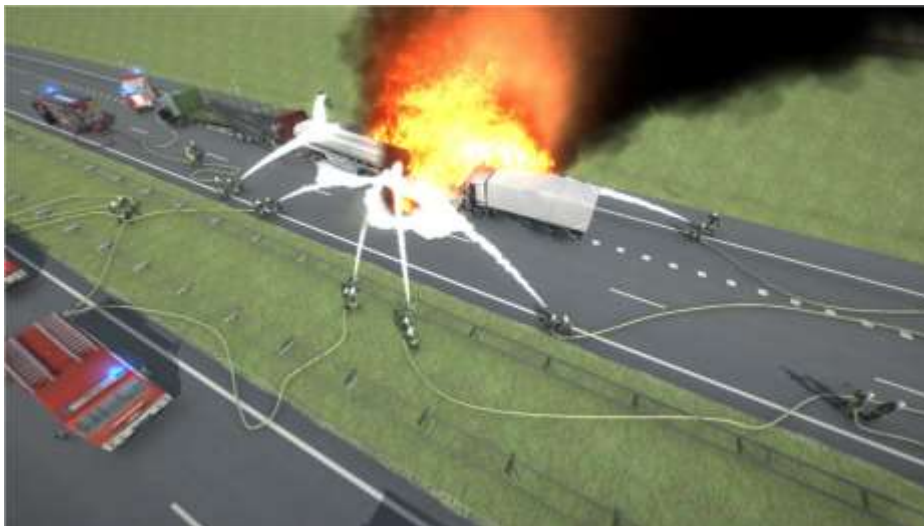


Abb. 23: Bildung eines Schaumankers (nach DE VRIES, 2008; erstellt mit XVR Simulation durch G. Bruno, SFSG)

6.6.4 Indirekte Applikation von Löschschaum – Abregnen

Für die Applikationsart „Abregnen“ (siehe Abb. 24) eignet sich auf Grund der hohen Wurfweiten vorzugsweise Netzmittel, Schwerschaum oder CAFS. Die Löscheffektivität des so aufgebrachtten Löschschaums wird aufgrund der hohen Zerstörungsrate durch Wärmestrahlung und Thermik deutlich reduziert. Bei der Abgabe eines Wasser-Schaummittelgemisches über ein Hohlstrahlrohr kann durch

die Verwirbelung eine Verschäumung bis VZ 5 erreicht werden. Wasserfilmbildende Schaummittel (AFFF) können gerade unverschäumt sehr wirkungsvoll auf Brände nicht polarer Flüssigkeiten durch Abregnen aufgetragen werden.



Abb. 24: Indirekte Applikation von Löschschaum durch Abregnen

6.6.5 Indirekte Applikation von Löschschaum – Aufschieben

Bei der indirekten Applikation mittels Aufschieben erfolgt der Schaumauftrag über den Boden vor

der zu beschäumenden Fläche (siehe Abb. 25).

Applikation von Löschschaum durch Aufschieben

Abb. 25: Indirekte

6.6.6 Indirekte Applikation von Löschschaum – Aufschieben, kombiniert

Eine Sonderform der aufschiebenden Applikation stellt das gemeinsame Ausbringen von Mittel-, und Schwertschaum in Kombination dar (siehe Abb. 26). Hierbei wird gleichzeitig Schwer- und Mittelschaum appliziert. So „schwimmt“ der raumfüllende Mittelschaum auf der Schwertschaumschicht und kann so unter Hindernisse geschoben werden.

Legt man beim kombinierten Schaumangriff den Mittelschaum auf den Schwertschaumstrahl auf, so kann auch die hohe Wurfweite des Schwertschaums und damit die Vorteile beider Schaumarten zeitgleich genutzt werden.



Abb. 26: Indirekte Applikation von Löschschaum durch kombiniertes Aufschieben

niertes Aufschieben

6.6.7 Indirekte Applikation von Löschschaum – Ablaufen

Der Schaumauftrag erfolgt bei dieser Art der indirekten Applikation über eine Hilfsfläche. Dies kann z. B. über die Behälterwandung oder über im Feuer stehende Teile erfolgen. Durch diese vor allem sanfte Methode der indirekten Applikation bildet sich von der Hilfsfläche ausgehend eine stabile Schaumschicht aus (siehe Abb. 27). Diese Form der Applikation kann mit allen Schaummittelarten erfolgen und bietet bei Bränden polarer Flüssigkeiten die einzig erfolgversprechende Möglichkeit des wirksamen Schaumeinsatzes.



Abb. 27:
Indirekte
Applikation von
Löschschaum durch

Ablaufen lassen

6.6.8 Schützende Beschäumung

Die schützende Beschäumung (siehe Abb. 28) kommt immer dann zum Einsatz, wenn zum Schutz von Einsatzkräften oder zur Gefahrenabwehr der Entstehung

- von zündfähigen Dampf-Luftgemischen,
- dem Ausgasen von ätzenden oder giftigen Stoffen oder
- der Entstehung von Staubwolken vorgebeugt werden soll. Hierzu können sich je nach

Lage alle Schaumarten eignen.



Abb. 28:
Schützende
Beschäumung

6.6.9 Fluten von Räumen

Das Fluten von Räumen mit Löschschaum bietet sich beispielsweise an, wenn akute Einsturzgefahr besteht, der Brandherd nicht erreicht werden kann oder ein Bereich (z. B. Flugzeughangar) in kürzester Zeit vollständig beschäumt werden soll. Hierbei eignet sich der Leichtschaum aufgrund seiner hohen Verschäumungszahl und der daraus resultierenden Stapelbarkeit am besten. Er wird in der Regel in Verbindung mit ortsfesten Löschanlagen erzeugt und verwendet.

Im Einsatz kann Leichtschaum auch durch ein Be- und Entlüftungsgerät mit Schaumerzeuger oder durch andere Leichtschaumgeneratoren wie z. B. dem „Flexifoamsystem“ erzeugt werden. Kann im Einsatzfall nicht auf Leichtschaum zurückgegriffen werden, so werden zum Fluten von Räumen meist handgeführte Mittelschaumrohre eingesetzt.

Schwerschäum ist aufgrund der niedrigen Verschäumungszahl und der geringen Stapelbarkeit von maximal einem Meter nicht zum Fluten von Räumen geeignet.

Beim Fluten von Räumen sind u. a. folgende Punkte zu beachten (nach DE VRIES, 2008):

- Die Ankündigung der Beschäumung sollte per Rundspruch mit Quittung erfolgen.
- Die Vollzähligkeit der Mannschaft ist zu überprüfen.
- Die betroffenen Bereiche sind zu sichern und abzusperren.
- Ein ungewolltes Ablaufen des Schaumes ist durch Verschließen von Öffnungen zu verhindern.
- Sofern nicht bereits vorhanden, muss mindestens eine Abluftöffnung geschaffen werden.
- Es besteht Lebensgefahr bei gefluteten Räumen, da das Atmen im Löschschaum nicht möglich ist.

6.6.10 Das Wichtigste für einen Schaumangriff zusammengefasst

- Im Gegensatz zur Brandbekämpfung mit dem Hohlstrahlrohr ist bei einem Schaumangriff eine dynamische Strahlrohrführung kontraproduktiv. Ein stabiler Schaumanker ist meist nur durch eine vorwiegend statische Schaumrohrführung erzielbar!
- Bei Bränden polarer Flüssigkeiten muss alkoholbeständiges Schaummittel verwendet werden. Ein sanfter Auftrag ist für einen wirksamen Löscherfolg unerlässlich
- Eine indirekte Applikation von Löschschaum ist für einen raschen und ressourcensparenden Löscherfolg stets zu bevorzugen!
- Die Schaumarten „Schwerschäum“ und „Mittelschaum“ kombinieren:
 - die Wurfweite von Schwerschäum ausnutzen,
 - Mittelschaum aufschwimmend auf dem Schwerschäum zum Abdecken einsetzen, ○ den Mittelschaum mit Schwerschäum aufschieben,
 - das „Auflegen“ des Mittelschaumstrahles auf einen Schwerschäumstrahl erhöht dessen Wurfweite.

6.7 Einsatzbeispiel

Mit Hilfe des in Abb. 29 gezeigten Beispiels eines brennenden Tanklastzuges soll in fünf Schritten gegliedert die taktische Vorgehensweise eines Löschschaumangriffes unter Verwendung verschiedener Applikationsarten bei einem Flüssigkeitsbrand aufgezeigt werden (Abb. 29 a-g in Anlehnung an DE VRIES, 2008; erstellt mit XVR Simulation durch G. Bruno, SFSG).

Abb. 29: Ausgangslage sowie die Schritte Eins bis Fünf im Schaumeinsatz:

Bei dem Szenario handelt es sich um eine schematische Darstellung der taktischen Vorgehensweise. Vereinzelt sind Aufstellungen und Sicherheitsabstände von Fahrzeugen und Personal aufgrund der Darstellung nicht immer maßstabsgetreu



Abb. 29a: **Die Ausgangslage:**

Auffahrunfall auf einer Autobahn. Beteiligt sind ein Langholztransporter, ein Tanklastzug sowie ein Stückgut-LKW. Im (roten) Fahrerhaus des Tanklastzuges sind Fahrer und Beifahrer eingeschlossen. Sowohl im Stückgut-LKW als auch im Langholztransporter befinden sich keine weiteren Personen mehr (Quelle: nach DE VRIES, 2008).



Abb. 29b: **Die Ausgangslage:**

Der Tanklastzug wurde im hinteren Bereich des mit Diesel beladenen Aufliegers stark beschädigt, wodurch es zum Auslaufen und zur Entzündung des Kraftstoffes kam. Die brennende Flüssigkeit breitet sich entlang des Fahrbahnrandes aus (Quelle: nach DE VRIES, 2008).



Abb. 29c: **Erster Schritt – Die Verteidigung:**

Beurteilung: Die Menschenrettung muss durchgeführt werden. Sowohl das mitgeführte Löschmittel als auch die Kräfte reichen für einen effektiven Löschangriff nicht aus.

Entschluss: Abriegeln und Kühlen des Tanklastzuges mit Löschschaum sowie Einleitung der technischen Rettung der beiden eingeschlossenen Insassen im (roten) Fahrerhaus (Quelle: nach DE VRIES, 2008)



Abb. 29d: **Zweiter Schritt – Planung und Vorbereitung des Schaumeinsatzes:**

Heranführung weiterer Kräfte. Aufbau der Wasserversorgung sowie der Schaumtechnik ohne Abgabe von Schaum. Einsatz mit Bereitstellung – jedoch weiterhin Kühlung des Aufliegers.

Siehe auch Kapitel 6.2 – Das Stufenkonzept: Stufe 3 (Quelle: nach DE VRIES, 2008).

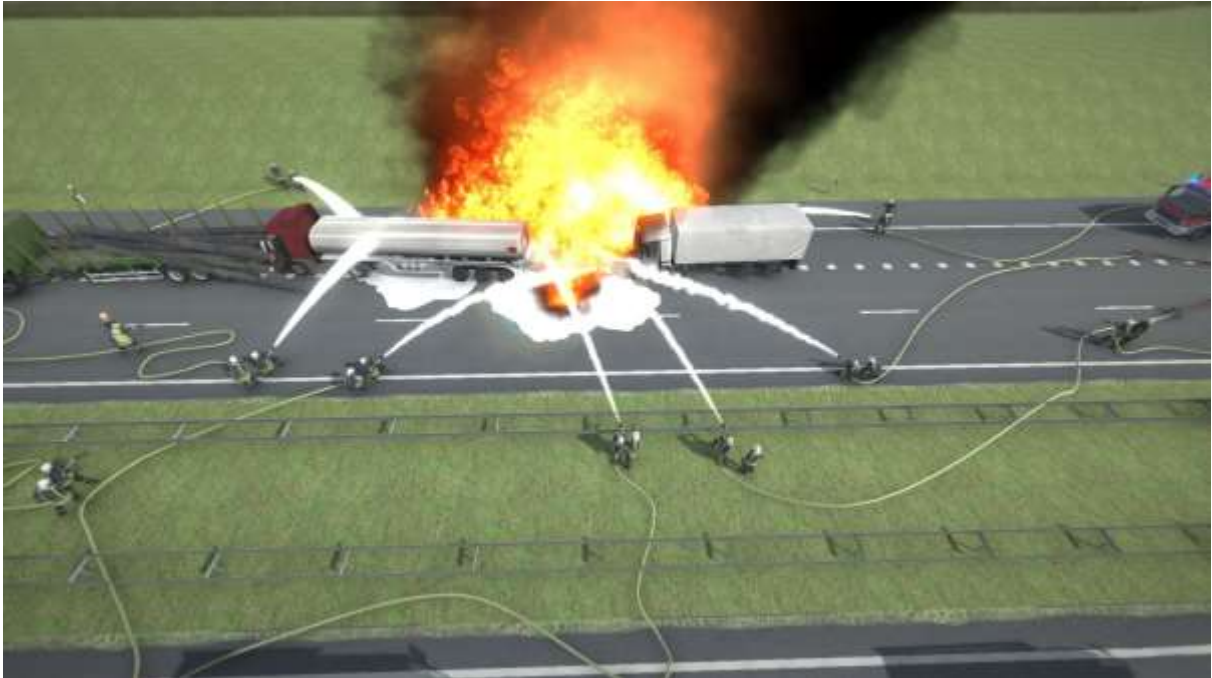


Abb. 29e: **Dritter Schritt – Beginn des Schaumangriffs:**

Setzen eines Schaum-Ankers durch die lokale Kühlung an einer geeigneten Stelle mit Schwertschaum. Dabei die Windrichtung beachten bzw. ausnutzen. Indirekte Applikation von Löschschaum durch: Aufschieben, Ablaufen (siehe auch Kapitel 6.6.3 ff) (Quelle: nach DE VRIES, 2008)

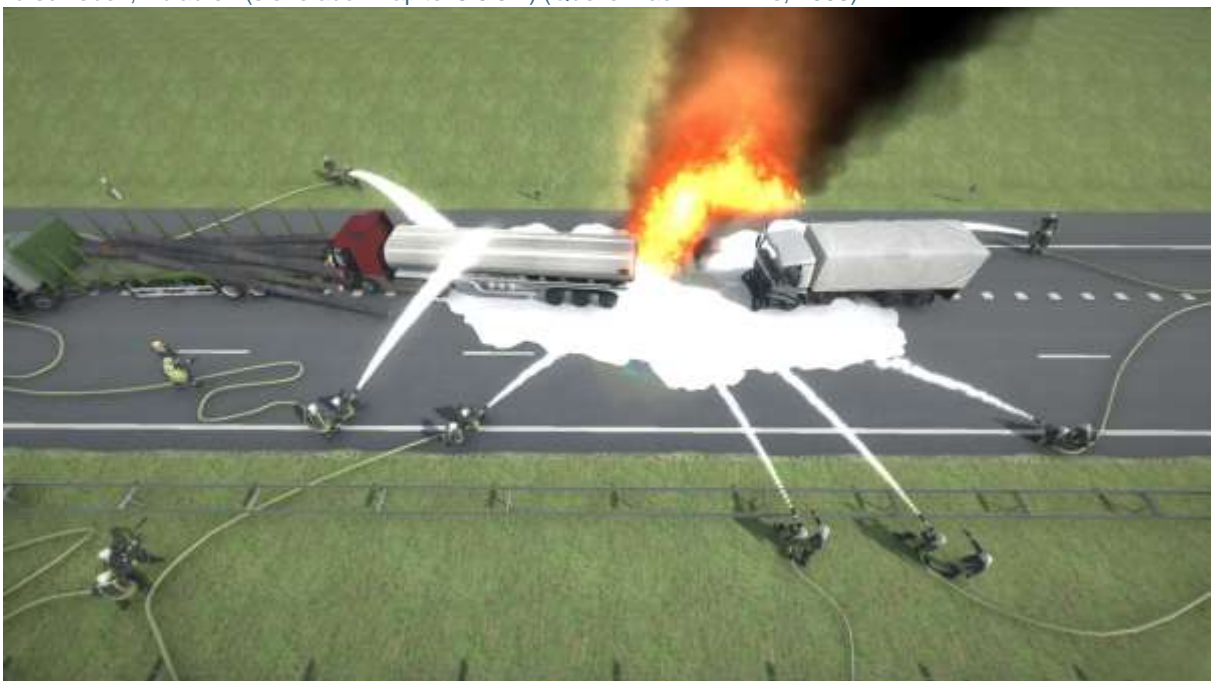


Abb. 29f: **Vierter Schritt – Weiterschieben des Schaumteppichs:**

Vorantreiben des Schaumteppichs und Abdecken des Brandgutes durch einen kombinierten Schaumangriff mit Schwer- und Mittelschaum (Quelle: nach DE VRIES, 2008).



Abb. 29g: **Fünfter Schritt – Geschlossene Schaumdecke:**

Beobachtung und Aufrechterhaltung der Schaumdecke – Weiteres Kühlen des Tanklastzuges sowie der Brandstelle: Schützende Beschäumung (Quelle: nach DE VRIES, 2008).

Wurde ein Brand erfolgreich bekämpft, so gilt es im folgenden Verlauf eine Rückbrandgefahr zu verhindern. Besonders bei brennbaren Flüssigkeiten mit hohem Siedepunkt (z. B. Diesel) kann das Brandgut über einen längeren Zeitraum große Wärmemengen an den Schaumteppich abgeben, wodurch dieser zerstört wird. Dadurch besteht auch nach dem Löschen des Brandes die Gefahr einer Rückzündung.

Bei polaren brennbaren Stoffen, welche schaumzerstörend wirken, wird der Schaum trotz Polymerfilm sukzessive zerstört und muss hinreichend nachgeführt werden. Diese Aspekte sind daher bei den Nachlöscharbeiten besonders aus logistischer Sicht zu berücksichtigen.

6.8 Angepasster Löschangriff mit Löschschaum

6.8.1 Applikationsreihenfolge

So wie jeder Feuerwehreinsatz im Grunde als individuell angesehen werden muss, so sollte auch die Taktik bei einem Löschschaumangriff stets der Situation angepasst werden.

Dies gilt nicht nur für die Vorgehensweise bei den fünf Phasen, sondern auch für diejenigen Einsatzkräfte, welche das Schaumstrahlrohr führen. Denn auch hier kann die richtige Reihenfolge für einen nachhaltigen Löscherfolg von Bedeutung sein:

- erst Kühlen durch Netzmittel oder Schwertschaum,
- dann Mittelschaum bzw. kombiniert Schwer- und Mittelschaum auftragen,
- Mittelschaum mit Schwertschaum aufschieben, wenn nicht schon vorher kombiniert,
- ersticken und kühlen durch Mittelschaum,
- langfristig mit Mittelschaum abdecken.

Aus taktischer Sicht sind für die Applikationsreihenfolge die möglichen Wurfweiten der Schaumrohre zu beachten (siehe Tab. 4). Aufgrund der enormen Hitzestrahlung ist unter Umständen aus der Deckung, wenn nicht sogar unter Hitzeschutz zu löschen.

Tab. 4: Vergleichstabelle Schaumrohre – Mindestanforderung aus der DIN EN 16712-3:2014-04

Schaumart	Typ	Festkupplung	Durchflussmenge bei 5 bar	Effektive Reichweite bei 5 bar	VZ
Mittelschaum	M2	C	200 l/min	7 m	> 40
	M4	B	400 l/min	8 m	> 40
	M8	B	800 l/min	12 m	> 40
Schwerschaum	S2	C	200 l/min	12 m	> 5
	S4	B	400 l/min	20 m	> 5
	S8	B	800 l/min	25 m	> 5

6.8.2 Applikationsraten

Ein wichtiger Einsatzgrundsatz für die Brandbekämpfung mit Schaum lautet, dass ein Schaumangriff erst dann begonnen wird, wenn an der Einsatzstelle genügend Schaummittel vorhanden ist, um den Brand vollständig zu löschen. Ein Schaumangriff, der vorzeitig abgebrochen wird bleibt wirkungslos, weil der Schaum durch Flammeneinwirkung wieder zerstört wird (Abbrand). Aus diesem Grund ist es für den Einsatzleiter wichtig, den Bedarf an Schaummittel für einen Löschangriff abschätzen zu können.

Die notwendige Applikationsrate ist die Angabe der mindestens erforderlichen Menge des aufgebracht Löschmittels (SS/MS) pro Minute und Quadratmeter für einen Löscherfolg. Dadurch wird die Effektivität des Löschmittels im Brandeinsatz bestimmt.

Tab. 5: Typische Applikationsraten in l/(min x m²) verschiedener Löschmittel. Mittelwerte berechnet aus internationalen Angaben (KOHL, K.-J. & PLEß, G., 2007).

Brandstoff	Wasser		Netzwasser	Schaum		
	Vollstrahl	Sprühstrahl	Sprühstrahl	Schwer	Mittel	Leicht
Brandklasse A	10	8	6	4	2	2
Brandklasse B	8	6	4	4	1	1...2

Vorzusehen ist eine Steigerung der Applikationsraten nach DIN EN 13565-2:2009 für beispielsweise Schwerschaum:

- Brandklasse A:
 - Ist die Brandfläche kleiner 200 m², dann mit mindestens 4 l/(min x m²) beginnen.
 - Ist die Brandfläche größer 200 m², dann mit mindestens 8 l/(min x m²) beginnen.
- Brandklasse B (nicht polar):
 - Ist die Brandfläche kleiner 200 m², dann mit mindestens 4 l/(min x m²) beginnen und steigern.
 - Ist die Brandfläche größer 200 m², dann mit mindestens 10 l/(min x m²) beginnen und steigern.
- Brandklasse B (polar): AR-Schaummittel verwenden!

- Bei polaren Flüssigkeiten mit mindestens 6 bis 8 l/(min x m²) beginnen und nach Möglichkeit auf 20 l/(min x m²) steigern.

6.8.3 Berechnungsbeispiel mit der notwendigen Applikationsrate

Um einen Orientierungswert für die benötigten Wasser- und Schaummittelmengen zu erhalten, wird der Vollbrand einer Lagerhalle mit 40 Meter Länge und 20 Meter Breite angenommen. Diese ist mit verschiedenen Waren, vorwiegend der Brandklasse A bestückt. Der Löschangriff soll mit Schwertschaum erfolgen. Ein Löscherfolg wird nach 15 Minuten Löszeit angenommen.

Gegeben sind:

- Lagerhallenfläche: 800 m²
- Schaummittel: MBS, ZR 3 %
- Notwendige Applikationsrate: 8 l/(min x m²)

Für eine gesamtheitliche Berechnung müssen Mehrungsfaktoren für die Nachlöszeit, eine Nachbeschäumung und den Abbrand des Schaummittels (z. B. 50 % bei MBS) berücksichtigt werden.

Gesucht sind:

- Volumenstrom
- Volumen des Wasser-Schaummittel-Gemischs
- Schaummittelvolumen
- Schaumvolumen
- Schaumhöhe

Lösung:

Aus der Grundfläche der Lagerhalle von 800 m² multipliziert mit der benötigten Applikationsrate von 8 l/(min x m²) ergibt sich eine Fördermenge von 6.400 l/min Wasser-Schaummittelgemisch:

- Volumenstrom: $800 \text{ m}^2 \times 8 \text{ l}/(\text{min} \times \text{m}^2) = 6.400 \text{ l}/\text{min}$

Bei einer Löszeit von 15 Minuten werden insgesamt 96.000 Liter Wasser-Schaummittelgemisch benötigt:

- Volumen des W-S-Gemisches: $6.400 \text{ l}/\text{min} \times 15 \text{ min} = 96.000 \text{ l}$

Um 96.000 Liter Wasser-Schaummittelgemisch zu erzeugen, wird bei einer Zumischrate von 3 % ein Schaummittelvolumen von 2.880 Liter benötigt:

- Schaummittelvolumen: $96.000 \text{ l} \times (3/100) \% = 2.880 \text{ l}$

Dies entspricht einem Schaummittelverbrauch von 192 l/min:

- Schaummittelverbrauch: $2.880 \text{ l}/15 \text{ min} = 192 \text{ l}/\text{min}$

Im Vergleich dazu würden bei der Verwendung eines Class-A Konzentrat mit einer Zumischrate von 0,5 % nur 480 l gesamt bzw. 32 l/min benötigt werden.

- Class-A mit 0,5 % ZR: $96.000 \text{ l} \times (0,5/100) \% = 480 \text{ l}$
 $480 \text{ l}/15 \text{ min} = 32 \text{ l}/\text{min}$

Ein Schaumangriff dieser Größenordnung setzt nicht nur eine ausreichende Menge an Schaummittelkonzentrat voraus, sondern auch eine ausreichende Anzahl an Schaumrohren:

- 8 Stück Z8-Zumischer mit dazugehörigen Schaumrohren (S8 oder M8) oder
- 16 Stück Z4-Zumischer mit dazugehörigen Schaumrohren (S4 oder M4)

Das vorangestellte Berechnungsbeispiel mag mit Blick auf den enormen Bedarf an Schaummittel und an Armaturen sehr theoretisch erscheinen, jedoch haben Erfahrungen aus der Praxis diese Werte bestätigt. Hierbei wird deutlich, dass ein im Vorfeld geplantes Schaummittelkonzept notwendig ist.

6.9 Einsatzmittelplanung (Schaumbedarf)

6.9.1 Organisation und Grundlagen

Der erfolgreiche Einsatz von Schaumlöschmitteln muss vorab organisiert werden. Folgende Aspekte müssen dabei beachtet werden:

- Einsatzplanung für Sonderobjekte durchführen: Schaummittelvorhaltung klären,
- Dokumentation des Schaumeinsatzes im Einsatzbericht (Art, Menge und Begründung des Einsatzes),
- Schaummittelbehältnisse eindeutig kennzeichnen,
- Sicherheits- und Produktdatenblätter für die verwendeten Schaummittel bereithalten,
- Absprache mit dem Kläranlagenbetreiber, dem Wasserwirtschaftsamt usw. im Vorfeld treffen.

6.9.2 Aufstellung einer „Einsatzmittelplanung – Schaum“

Je nach Gefahrenschwerpunkt und Topografie ist es sinnvoll, für sich und eventuell für die umliegenden Feuerwehren eine durchgängige „Einsatzmittelplanung – Schaum“ zu erstellen (gemeindefeuerwehrweit, gemeindeübergreifend, landkreisweit etc.). Hierbei kann das Stufenkonzept (Kapitel 6.2) als Entscheidungshilfe herangezogen werden.

Hierzu könnten folgende Fragestellungen dienlich sein:

- Wo und in welcher Größenordnung kann im Ausrückbereich ein Schaumeinsatz notwendig werden?
- Welche Art Brandgut ist vorhanden oder wird transportiert?
- Werden Sonderlöschmittel für besondere Objekte im Rahmen einer behördlichen Genehmigung gefordert?
- Welche Kräfte sind mit welchem Gerät für den Schaumeinsatz vorgesehen, gibt es einen Alarmplan?
- Sind spezielle Schaumlöschmittel notwendig?
- Welche Schaummittel sind vorhanden?
- Welche Schaummittel sollen in Zukunft in welchen Größenordnungen vorhanden sein?
- Wie können die Schaummittel bis zur Einsatzstelle transportiert werden?
- Können Schaumreserven vorgehalten werden (dezentral, 30-Minuten-Radius)?
- Wer muss für den Bereich Umweltschutz/Gewässerschutz alarmiert werden?
- Ist die Technik für das Schaummittel geeignet?
- Ist die Ausbildung auf das Schaummittel abgestimmt?

6.9.3 Logistikaspekte

- Geeignete Schaummittelpumpen verwenden – Gefahr der Schaumbildung, Viskosität beachten
- Geeignete Beförderungsmittel für den Transport an die Einsatzstelle vorhalten/planen
- Lagerbedingungen des Herstellers beachten, z. B. Temperatur, Sonnenlicht!

- Besondere Anforderungen an ein Lager für wassergefährdende Stoffe nach den Vorschriften und Verordnungen über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwsV) sind zu beachten!
- Schaummittel eindeutig Kennzeichnen!
- Sicherheits- und Produktdatenblatt vorhalten!

6.9.4 Arbeitsschutz

Um die Einsatzkräfte im Einsatz und beim Umgang mit Schaummitteln zu schützen sind folgende Punkte zu beachten:

- Schutzkleidung tragen, geeignete Handschuhe tragen,
- Schutzbrille oder Helmvisier verwenden,
- verdeckte Hindernisse, Absturzgefahr beachten,
- Sicherheits- und Produktdatenblatt der verwendeten Schaummittel vorhalten und mitführen,
- Schutz gegen Rutsch- und Stolpergefahr,
- Betroffene Haut gründlich spülen,
- Bei nasser Einsatzkleidung Gefahr der Unterkühlung,
- Wechselkleidung vorhalten, ggf. Personal austauschen.

7 Löschwasserrückhalt und -entsorgung

7.1 Allgemeines

Eine Löschwasserrückhaltung wird nur bei baulichen Anlagen, in oder auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird, gefordert. Für die Planung einer solchen Löschwasserrückhaltung ist die Löschwasserrückhalterichtlinie (LÖRÜRI) baurechtlich eingeführt, welche die Bemessung von Löschwasserrückhalteinrichtungen bei Anlagen zum Lagern von wassergefährdenden Stoffen regelt.

Im Brandfall fällt in der Regel Löschwasser an, das mit Verbrennungsprodukten, Brandrückständen, Löschhilfsmitteln (u. a. Löschschaum) sowie mit Produktions-, Hilfs- oder Betriebsstoffen (insbesondere wassergefährdenden Stoffen) verunreinigt sein kann.

Dieses Löschwasser kann große Folgeschäden verursachen, wenn es in Oberflächengewässer oder durch Versickerung ins Grundwasser gelangt. Auch die Ableitung in eine kommunale Kläranlage kann deren Funktionsfähigkeit beeinträchtigen und eine ordnungsgemäße Entsorgung des Klärschlammes erschweren.



Abb. 30: Bei Industrieanlagen, wie hier einer Raffinerie, sind in der Regel Anlagen zum Löschwasserrückhalt vorgeschrieben.

Mit der Allgemeinen Sorgfaltspflicht in § 5 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) besteht deshalb zum Schutz von Gewässern die grundsätzliche Verpflichtung der Rückhaltung von verunreinigtem Löschwasser vor allem durch den Betreiber. Diese Sorgfaltspflicht wird in § 32 WHG bzw. § 48 WHG konkretisiert. Demnach darf ein Betreiber Stoffe unter anderem nur so lagern, dass eine nachteilige Veränderung der Gewässer- bzw. Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Diese Forderung beinhaltet auch eine geeignete Löschwasserrückhaltung (Bemessung, Dichtigkeit).

Der Einsatz von Löschschaum kann im Rahmen des Führungsvorganges der Feuerwehr (Gefährdungsanalyse im Einsatz, z. B. Brandfall) trotz der wassergefährdenden Wirkung (Umweltgefahr) angezeigt sein, da ohne Schaummittelzusatz die Löschwassermenge erheblich steigen kann und damit die Umweltgefährdung in der Gesamtbetrachtung steigt. Dies ist im Einzelfall abzuwägen.

Zuständig für den Vollzug der Bayerischen Bauordnung und der dazu eingeführten Technischen Baubestimmung „Löschwasser-Rückhalterichtlinie (LÖRÜRI)“ sind die unteren Bauaufsichtsbehörden, die die Brandschutzdienststellen mit einbinden.

Der Vollzug des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) unterliegt den Kreisverwaltungsbehörden (KVB) bzw. den „Fachkundigen Stellen für Wasserwirtschaft“ an den KVB, unterstützt durch die Wasserwirtschaftsämter als amtliche Sachverständige.

Bei Einleitungen in die kommunale Kläranlage können die satzungsrechtlichen Vorgaben (Entwässerungssatzung) unter Umständen Vorgaben enthalten (Informationspflichten u. ä.), die ebenfalls zu berücksichtigen sind.

7.2 Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

Für den Bereich „Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ werden die Anforderungen an die Löschwasserrückhaltung ausgehend von

- § 62 WHG „Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ über
- § 20 der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) bis zu
- den einschlägigen eingeführten Technischen Regeln (insbesondere der technischen Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS 779 „Allgemeine technische Regelungen“) zunehmend konkreter formuliert.

Anlagen müssen so geplant, errichtet und betrieben werden, dass die bei Brandereignissen austretenden wassergefährdenden Stoffe, das Lösch-, Berieselungs- und Kühlwasser sowie die entstehenden Verbrennungsprodukte mit wassergefährdenden Eigenschaften nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zurückgehalten werden. Dies gilt nicht für Anlagen, bei denen eine Brandentstehung nicht zu erwarten ist, und auch nicht für Heizölverbraucheranlagen (§ 20 AwSV).

Daher muss ein Betreiber von Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Umschlagen, Herstellen, Behandeln und Verwenden (LAU-/HBV-Anlagen) sowie zum Befördern (in Rohrleitungen) von wassergefährdenden Stoffen gemäß diesen Regelungen ein Brandschutzkonzept erarbeiten. Darin sind auch Maßnahmen zur Rückhaltung des Löschwassers und der beim Brand austretenden wassergefährdenden Stoffe vorzusehen (siehe Kapitel 7.2.2.1 „Bauaufsichtliche Nachprüfung, Prüfpflicht, Brandschutzkonzept“).

Im Baugenehmigungsverfahren können sich zur Abwehr von erheblichen Gefahren (im Sonderbau auch zur Abwehr von Nachteilen) Anforderungen auf Basis von Art. 54 Bayerische Bauordnung (BayBO) ergeben. Im Standardbau (nicht Sonderbau) können im Einzelfall Forderungen auf Basis Art. 54, Abs. 2 BayBO in Verbindung mit § 62 WHG durch die untere Bauaufsicht in Zusammenarbeit mit den Fachkundigen Stellen für Wasserwirtschaft erhoben werden (z. B. Galvanik, Düngemittelager etc. in Gebäuden < 1.600 m²).

Allgemein sind die Forderungen durch die KVB als untere Bauaufsichtsbehörde sowie als Wasserrechts- und Fachbehörde durch die Fachkundigen Stellen für Wasserwirtschaft, ggf. in Abstimmung mit den Wasserwirtschaftsämtern (z. B. wenn die Anlage in geringem Abstand zu einem Gewässer liegt), abzuwägen. Insbesondere ist die Verhältnismäßigkeit von Löschwasser-Rückhaltmaßnahmen bei Anlagen unterhalb von Bagatellgrenzen (z. B. nach LÖRÜRl oder nach AwSV) zu prüfen. Unter Umständen ist es in diesen Fällen geboten und ausreichend, das Eindringen von verunreinigtem Löschwasser in Gewässer oder öffentliche Abwasseranlagen zu verhindern, ohne gesonderte Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen zu erstellen. Die Feuerwehren und/oder Brandschutzdienststellen bewerten dann in der Regel aus Sicht des abwehrenden Brandschutzes die konkrete Ausführung (z. B.

Informationen in Feuerwehrplänen zur Löschwasserrückhaltung, siehe auch Kapitel 7.2.2.1).

Hinweis: Die Löschwasserrückhaltung wird zum Schutz der Umwelt auf Basis des WHG und nicht für die Feuerwehr oder als Brandschutzmaßnahme nach Art. 12 BayBO errichtet bzw. gefordert. Über die Rechtmäßigkeit und den Umfang entscheiden die zuständigen Genehmigungsbehörden.

7.2.1 Anlagen zum Lagern von wassergefährdenden Stoffen

Für die Lagerung von wassergefährdenden Stoffen ist die Löschwasserrückhalterichtlinie einzuhalten.

Die LÖRÜRI wurde in Bayern im März 1993 baurechtlich eingeführt. Sie enthält Anforderungen an das Lagern wassergefährdender Stoffe sowie an den baulichen Brandschutz von Lagergebäuden und legt die Bemessung des erforderlichen Rückhaltevermögens fest.

Die Richtlinie nennt einige Ausnahmen, bei denen sie nicht zur Anwendung kommt, z. B. bei transportbedingtem Zwischenlagern oder bei Stoffen, die sich im Produktions- oder Arbeitsgang befinden. Weiterhin werden einige Bereiche ausgenommen, für die der Brand-/Explosionsschutz in anderen

Rechtsbereichen ausreichend geregelt wird (z. B. bei der Lagerung von Stoffen, die bei Berührung mit Wasser entzündliche Gase entwickeln, explosionsgefährlichen Stoffen, ammoniumnitrat-haltigen Düngemitteln oder radioaktiven Stoffen).

Eine Löschwasser-Rückhaltung ist u. a. nicht erforderlich

- für Behälter, die vollständig im Erdreich eingebettet sind,
- für doppelwandige Behälter aus Stahl mit einem Rauminhalt bis 100 m³, die mit einem zugelassenen Leckanzeigergerät ausgerüstet sind, oder
- bei Sonderlöschverfahren/-mitteln ohne Wasser-Einsatz (z. B. Kohlendioxid, Inertgase).

Die Richtlinie gilt ausschließlich für bauliche Lageranlagen, in bzw. auf denen wassergefährdende Stoffe

- der WGK 1 mit mehr als 100 t je Lagerabschnitt,
- der WGK 2 mit mehr als 10 t je Lagerabschnitt oder
- der WGK 3 mit mehr als 1 t je Lagerabschnitt gelagert werden.

Unterhalb dieser Schwellenwerte ist nach LÖRÜRI eine Rückhaltung nicht erforderlich; bei unterschiedlichen WGK erfolgt eine entsprechende Umrechnung.

In die Ermittlung des erforderlichen Löschwasser-Rückhaltevolumens gehen folgende Parameter ein:

- WGK des Lagergutes,
- Art der Feuerwehr (öffentliche Feuerwehr, Werkfeuerwehr),
- brandschutztechnische Infrastruktur (Brandmeldeanlage, Feuerlöschanlage, feuerbeständige Wände und Decken),
- Fläche des Lagerabschnitts,
- Lagerguthöhe, Lagerdichte und Lagermenge,
- Art des Lagerns (im Freien, im Gebäude, in ortsbeweglichen Gefäßen, in ortsbeweglichen und ortsfesten Behältern).

Auf Basis dieser Parameter errechnet sich aus den jeweiligen Tabellen, Sicherheitsfaktoren und zum Teil aus Gleichungen das erforderliche Löschwasserrückhaltevolumen.

Löschwasser kann auch in Auffangvorrichtungen zurückgehalten werden, die für die Rückhaltung von austretenden wassergefährdenden Stoffen vorgesehen sind. Deren Rückhaltevermögen errechnet sich in diesem Fall aus der Summe des nach AwSV (oder anderen Rechtsvorschriften) erforderlichen Rückhaltevolumens und dem ermittelten Löschwasser-Rückhaltevolumen.

Der Betreiber muss regelmäßige Eigenkontrollen der Rückhalteeinrichtungen durchführen (z. B. optische Kontrolle auf Dichtheit; Prüfung der Sicherheitseinrichtungen auf deren Funktionsfähigkeit).

7.2.2 Anlagen zum Abfüllen, Umschlagen, Herstellen, Behandeln und Verwenden von wassergefährdenden Stoffen

Für AU-/HBV-Anlagen (z. B. Befüllstation für Lagerbehälter, Container-Umschlagplatz, Galvanik, Chemiebetrieb) ist nach TRwS 779 ein Löschkonzept erforderlich. Für die Bemessung der

Löschwasserrückhaltung gibt es derzeit jedoch keine eigenen wasserrechtlichen Vorgaben. Deshalb ist hier die Löschwasserrückhaltung im Einzelfall zu prüfen.

Nach TRwS 779 Nr. 8.2 Abs. 6 ist eine Löschwasserrückhaltung bei AU-/HBV-Anlagen in der Regel nicht erforderlich und es kann darauf verzichtet werden, wenn die in Nr. 2.1 LÖRÜRI genannten Schwellenwerte (dies wären die Mengen an wassergefährdenden Stoffen in der jeweiligen Anlage) nicht überschritten werden und eine nach der AwSV geforderte Leckagerückhalteeinrichtung betrieben wird. Dies muss der Betreiber in seinem Brandschutzkonzept entsprechend nachweisen. Im Rahmen der Gefahren- und Risikoanalyse ist vom Betreiber u. a. Folgendes zu ermitteln:

- Erfassung des stofflichen Gefahrenpotenzials,
- Brandeigenschaften der Stoffe,
- Abschätzung der entstehenden Verbrennungsprodukte,
- Einsatz/Gefahren wassergefährdender Löschmittel,
- brandschutztechnische Infrastruktur,
- Art/Größe der betriebseigenen Abwasseranlage.

Aus diesen Angaben ist in Anlehnung an die LÖRÜRI die Ausführung und Dimensionierung der Löschwasserrückhalteeinrichtung festzulegen.

Hinweis: Unabhängig von den weiter vorne genannten sind vom Bauherrn auch Vorgaben der Versicherungen unter Umständen (privatrechtlich) zu beachten. Hierzu hat der Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) im Mai 2013 die VdS-Leitlinie 2557 „Planung und Einbau von Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen“ veröffentlicht. Ähnliche Leitlinien wie z. B. der im Dezember 2014 vom Verband der chemischen Industrie e.V. veröffentlichte VCI-Leitfaden „Löschwasserrückhaltung“ sind rein privatrechtlicher Natur und sind deshalb für die Bauaufsichtsbehörden oder Feuerwehren nicht bindend. Ob diese Leitlinien auch dem Schutzniveau aus öffentlich rechtlicher

Sicht entsprechen, muss im Einzelfall durch die oben genannten zuständigen Stellen im jeweiligen Genehmigungsverfahren begründet abgewogen werden (Vergleichbarkeit, akzeptable Risiken, Verhältnismäßigkeit und vieles andere mehr).

7.2.2.1 Bauaufsichtliche Nachprüfung, Prüfpflicht, Brandschutzkonzept

Die Umsetzung der LÖRÜRI sowie das Brandschutzkonzept sind durch den Betreiber/Bauherrn eigenverantwortlich zu erbringen. Eine bauaufsichtliche Nachprüfung durch die Behörden findet außerhalb der Bauüberwachung gem. Art. 77 BayBO nicht statt.

Bei nach § 46 AwSV prüfpflichtigen Anlagen muss eine Prüfung der Löschwasserrückhalteeinrichtungen durch einen Sachverständigen (nach § 2 Nr. 33 AwSV) erfolgen.

Das Brandschutzkonzept sollte mindestens folgende Angaben enthalten:

- Angaben zu den gelagerten bzw. eingesetzten Produktions-, Hilfs- und Betriebsstoffen mit WGK, Sicherheitsdatenblatt,
- Beschreibung der Rückhalteeinrichtungen (Dimensionierung, bautechnische Ausführung) einschließlich aller Anlagenteile (z. B. Schieber, Pumpen),
- Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens,
- Beständigkeitsnachweise der Rückhalteeinrichtungen (einschließlich der Zulaufleitungen),
- Angabe des ggf. zusätzlich zurückzuhaltenden Volumens (Abwasser, Niederschlagswasser aus anderen Bereichen),
- Hydraulischer Nachweis für die Zuleitungskanäle,
- Entwässerungsplan,

- Beschreibung der Brandschutz-Sicherheitseinrichtungen (Art der Steuerung, Stromversorgung, automatische Kontrolle der Funktionsfähigkeit),
- Sicherheitseinrichtung zur rechtzeitigen Erkennung einer Überfüllung der Rückhalteeinrichtungen,
- organisatorische Maßnahmen, damit im Brandfall keine Behinderung der Löscharbeiten stattfindet, z. B. Brandschutzordnung,
- Umfang der Eigenkontrollen (z. B. Sicherheitseinrichtungen).

7.3 Betriebe mit Umgang mit nicht wassergefährdenden Stoffen

Bei Betrieben, die nur mit nicht wassergefährdenden Stoffen umgehen (z. B. Lagerung von Kunststoffen, Reifen o. ä.) gibt es wasserrechtlich nur allgemeine (§§ 5, 32 und 48 WHG), aber keine speziellen technischen Vorgaben. Die Pflicht zum Brandschutznachweis ergibt sich hier aus § 11 Bauvorlagenverordnung (BauVorlV), insbesondere mit ausführlichen Betrachtungen im Sonderbau nach Art. 2 Abs. 4 BayBO. Für die Lagerung von Sekundärkunststoffen wurde die „Richtlinie über den Brandschutz bei der Lagerung von Sekundärstoffen aus Kunststoff (Kunststofflager-Richtlinie KLR)“ in Bayern 1998 baurechtlich eingeführt. Sie enthält lediglich Anforderungen an die baulichen Anlagen (u. a. maximale Größe der Flächen, maximale Lagerguthöhe).



Abb. 31: Löschwasserrückhaltung aus Sicht des Gewässerschutzes

7.4 Löschwasserrückhalteeinrichtungen

Die Löschwasserrückhalteeinrichtungen (einschließlich der Zulaufleitungen) müssen grundsätzlich für die Dauer der Beaufschlagung dicht und beständig sein. Als Rückhalteeinrichtungen können beispielsweise eingesetzt werden:

- offene oder geschlossene (separate) Becken/Behälter
- das betriebseigene Abwassernetz mit geeigneter Verschlusseinrichtung
- Ausbildung des Umgangsbereiches als Wanne mit Aufkantungen (z. B. auch mit Türschwellen, Rampen)
- ggf. Auffangräume, die nach rechtlichen Vorschriften oder Technischen Regeln gefordert werden

- Rückhaltung in betriebseigenen geeigneten Kellergeschossen

Die Löschwasserrückhaltung in der öffentlichen Kanalisation ist verboten. Gerät und/oder Maßnahmen der Feuerwehr können für die Rückhaltung nicht angesetzt werden (z. B. Pumpen, Einsetzen von Barrieren o. ä.).

7.5 Löschwasserentsorgung

Bei der Entsorgung von Löschmittel- und Brandrückständen sind die gesetzlichen Regelungen zu beachten (siehe Abfallschlüsselnummer im Sicherheitsdatenblatt).

PFC-freie Löschsäume oder Schaummittel können unter Umständen und nach Absprache mit dem Klärwerksbetreiber verdünnt über die Kanalisation entsorgt werden.

Für eine ordnungsgemäße Entsorgung des Löschwassers ist grundsätzlich die Ermittlung der Inhaltstoffe mit ihren Konzentrationen erforderlich. Als Vor-Ort-Tests können pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, spektraler Absorptionskoeffizient (SAK 254 nm) und CSB-Schnelltests (Schnelltests zur Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs) zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Aussagekräftigere Ergebnisse können jedoch nur Labortests liefern (Aquatische Toxizität, Adsorbierbare organisch gebundene Halogenverbindungen (AOX), Schwermetalle, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅), PFC).

8 Schaummittel in stationären Löschanlagen

8.1 Allgemeines

Sowohl in ortsfesten Löschanlagen als auch im abwehrenden Brandschutz werden Schaummittel zum Schutz exponierter Risiken eingesetzt. Der Einsatz erfolgt dann, wenn andere Löschmittel wie zum Beispiel reines Wasser eine unzureichende oder keine Löschwirksamkeit besitzen, oder durch den Einsatz von Schaummitteln ein besserer Löscherfolg erwartet wird.

Der Einsatz fluortensidhaltiger Schaummittel unterliegt hier prinzipiell den gleichen Grundsätzen wie in Kapitel 6.2 „Stufenkonzept“ dargestellt. Auch hier gilt: Die Verwendung von fluortensidhaltigen Schaumlöschmitteln sollte soweit wie möglich limitiert werden und nur bei ausreichend gesicherter Löschwasserrückhaltung erfolgen. Klassische Anwendungsbereiche bei denen Schaummittel, insbesondere in ortsfesten Löschanlagen, eingesetzt werden, sind z. B.

- Gefahrstoffe,
- brennbare Flüssigkeiten,
- Kunststoffe,
- Reifen.

Grundsätzlich ist bei ortsfesten Löschanlagen mit Schaumzumischung diese so auszulegen, dass im Brandfall das Wasser-Schaummittel-Gemisch unmittelbar auf den Brand aufgebracht werden kann. Dies wird in der Regel bei Sprinkleranlagen durch den Einsatz von „Premix“, ein vorgemischtes Wasser-Schaummittel-Gemisch in den Rohrleitungen, erreicht. Hierbei ist bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen, ob beispielsweise das einzusetzende Schaummittel oder die vorhandenen Rohrleitungen für den Einsatz von „Premix“ nutzbar sind. Bei Schaumlöschanlagen ist wie bei Sprühwasserlöschanlagen mit Schaumzumischung das Rohrnetz trocken ausgelegt, da Schaumerzeuger in der Regel mit offenen Düsen ausgestattet sind.



Abb. 32: In zahlreichen stationären Löschanlagen sind wegen der vorhandenen Brandrisiken Schaummittel enthalten.

Schaummittel in stationären Löschanlagen

Löschanlagen mit Schaumzumischung benötigen im Vergleich zu konventionellen Wasserlöschanlagen eine umfangreichere Anlagentechnik. So müssen u. a. eine Zumischeinrichtung zur Erzeugung des Wasser-Schaummittel-Gemisches sowie eine Schaummittelbevorratung installiert werden. Zudem ist durch die erforderliche, regelmäßig durchzuführende Überprüfung der Schaummittelqualität und der Funktionsfähigkeit der Zumischeinrichtung der Prüf- und Instandhaltungsaufwand ein wesentlicher Bestandteil zur Erhaltung der Betriebsbereitschaft. Erfüllt ein Schaummittel aufgrund von Alterungsprozessen oder anderen Faktoren nicht mehr die Qualitätsanforderungen, muss es ausgetauscht werden.

8.2 Reduzierung des Schaummitteleintrags in die Umwelt

Stationäre Löschanlagen (Sprinkler etc.), die wassergefährdende Schaummittel enthalten, sind Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe und unterliegen (außerhalb des Privatbereichs) den Anforderungen des § 62 WHG und der AwSV.

Die Einhaltung der rechtlichen Grundsatzanforderungen an die Dichtheit, Beständigkeit und Standsicherheit von Rohrleitungen, Armaturen, Behältern und sonstigen Anlagenteilen sollte von den Herstellern dieser Anlagen bzw. von den Einbaubetrieben nachzuweisen sein.

Die schnelle und zuverlässige Erkennung von austretendem oder bereits ausgetretenem Löschmittel ist sicherzustellen. Zur Rückhaltung des Löschmittels im Brandfall sind auch bei stationären Löschanlagen im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes Löschwasserrückhaltevorrichtungen vorzusehen (siehe Kapitel 7 „Löschwasserrückhalt und -entsorgung“).

Ob formale Anforderungen einzuhalten sind, z. B. ob die Löschanlagen nur durch WHG-Fachbetriebe eingebaut und instandgehalten werden dürfen oder ob Prüfungen durch AwSV-Sachverständige erforderlich sind, hängt von der maßgebenden Wassergefährdungsklasse des Löschschaummittels, dem Volumen des in der Anlage vorhandenen Löschschaummittels und der daraus resultierenden Gefährdungstufe ab.

Schaummittel sind als wassergefährdende Flüssigkeiten einzustufen, die je nach Zusammensetzung Auswirkungen auf die Umwelt haben, wenn ein Eintrag erfolgt. Bei einigen Anwendungsbereichen, die gemäß Regelwerken mit einem Schaummittel geschützt werden müssen, lässt sich das Schaummittel gegenwärtig nicht wirkungsgleich durch ein geeignetes alternatives Löschmittel ersetzen. Um in diesem Fall den Eintrag von Schaummitteln in die Umwelt sowie den Verbrauch von Schaummitteln im Zuge von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen auf ein Mindestmaß zu reduzieren, können die

Anlagentechnik und die Verfahrensweisen angepasst werden. Das jeweilige Einsparpotential an Schaummittel durch die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen ist abhängig von der objektspezifischen Anlagentechnik.

Die Umsetzung der folgenden technischen Maßnahmen führt zu einer Reduzierung des Eintrags von Schaummitteln in die Umwelt und sollte durch den Betreiber geprüft werden.

Dies sind z. B.:

- Installation eines Schiebers oberhalb der Alarmventilstation für gesprinklerte Bereiche, in denen die Rohrleitung mit „Premix“ gefüllt ist, damit bei Wartungsarbeiten nicht das gesamte Rohrnetz entleert und Schaummittel ungenutzt entsorgt werden muss.
- Ersatz der wassermotorgetriebenen Alarmglocke durch Hupe und Blitzleuchte. Somit wird bei der wöchentlichen Alarmprobe deutlich weniger Wasser-Schaummittel-Gemisch benötigt, da die Füllzeit der Zuleitung zur Alarmglocke sowie das Glockenläuten selbst entfallen

Schaummittel in Kleinlöschgeräten

-
- Anwendung von Prüfmethode an einer Schaummittelzumischung, die eine Erzeugung von Wasser-Schaummittel-Gemisch so gering wie möglich halten
 - Installation von Entwässerungsventilen ohne Dauerleckage
 - Zur Prüfung der Zumischeinrichtung: Einsatz einer Ersatzflüssigkeit, deren Strömungs- und Schereigenschaften denen des Schaummittels entsprechen

Neben technischen Maßnahmen kann auch auf organisatorischer Ebene die Reduzierung des Eintrags von Schaummittel in die Umwelt unterstützt werden. So sollte z. B. eine Prüfung der Schaumzumischung mit allen Beteiligten so koordiniert werden, dass zeitgleich die erforderliche Prüfung der Zumischung gemeinsam mit der Sachverständigenprüfung vor Ort erfolgt. Dadurch entfällt eine doppelte Überprüfung der Zumischung.

8.3 Löschwasserrückhaltung bei stationären Löschanlagen

Bei Auslösung einer Löschanlage mit Schaumzumischung oder einer Schaumlöschanlage kommt es unter Umständen zur Freisetzung größerer Mengen Wasser-Schaummittel-Gemisches. Dabei besteht die Gefahr, dass dieses Gemisch unkontrolliert, z. B. durch offene Türen, Tore und Bodeneinläufe, in die Kanalisation oder über unversiegelte Flächen in das Erdreich eingetragen wird.

In diesen Fällen sollten automatische Löschwasserrückhalteeinrichtungen installiert werden, durch die die Ausbreitung von Wasser-Schaummittel-Gemischen über die Objektgrenzen hinaus verhindert wird. Das aufgefangene Löschwasser kann dann fachgerecht entsorgt werden. Die Auslegung der Löschwasserrückhaltung muss jeweils objektspezifisch erfolgen.

9 Schaummittel in Kleinlöschgeräten

Anstelle von Kübelspritzen werden bei vielen Feuerwehren andere Kleinlöschgeräte eingesetzt. Bei diesen wird meist Schaum als Löschmittel und Druckluft als Treibmittel verwendet. Die Hauptbestandteile der Geräte sind ein Löschmittelbehälter, ein Druckluftbehälter und ein formfester Schlauch mit Schaumdüse.

Wasser und Schaummittel werden im Löschmittelbehälter als „Premix“ vorgemischt. Um eine lange Haltbarkeit dieses „Premix“ sicherzustellen, geben viele Hersteller die Verwendung von AFFF-Schaummittelkonzentraten vor. Für den üblichen Einsatzzweck der Kleinlöschgeräte ist jedoch die wasserfilmbildende Löschwirkung von AFFF nicht notwendig. Fluorhaltiges AFFF wird so unnötig in Wohnungen oder in die Umwelt ausgebracht.

Grundsätzlich sollte auf AFFF-Schaummittel in Kleinlöschgeräten verzichtet und nur fluorfreies Schaummittel verwendet werden. Die Hersteller der Löschanlagen geben an, welche Schaummittel verwendet werden können. Sollte nur AFFF angegeben sein, empfiehlt sich eine Nachfrage.

Beim Einsatz von Mehrbereichs- oder Class A-Schaummittel ist zu beachten, dass wegen der Abbaubarkeit das „Premix“ nur begrenzt haltbar ist. Versuche zeigen, dass durch eine höhere Zumischrate des Schaummittels auch nach mehreren Wochen noch eine ausreichende Verschäumung erreicht werden kann. Bei Übungen mit Kleinlöschgeräten kann problemlos auf AFFF verzichtet werden, da hier das Löschmittel unmittelbar vor der Übung eingefüllt werden kann.

Einzelne Hersteller von Löschanlagen bieten Modelle mit getrennten Tanks für Wasser und Schaummittel an. Hierbei können alle zugelassenen Schaummittel verwendet werden. Wasser und Schaummittel werden erst bei Einsatz des Gerätes automatisch gemischt.

Löschübungen

10 Löschübungen

10.1 Hinweise zur Durchführung von Übungen mit Schaummitteln

Beim Umgang und insbesondere bei Übungen mit Löschschaum sind in Deutschland zahlreiche gesetzliche Regelungen zu beachten. Neben der EU-Verordnung Nr. 757/2010 (persistente organische Schadstoffe) und der EU-Richtlinie 2006/122/EG (PFOS-Richtlinie) zählen dazu u. a.

- das Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)
- das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)
- die Wassergesetze der Länder
- die örtlichen Entwässerungssatzungen

Gemäß den gesetzlichen Regelungen dürfen Übungen nur so durchgeführt werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Eine Beeinträchtigung von Gewässern, des Grundwassers oder des Bodens muss ausgeschlossen sein.

Unter dem Aspekt des Umweltschutzes ist es beim Umgang mit Schaummitteln von Bedeutung, die Wirkungsweise und Handhabung praktisch auszubilden und zu üben.



Abb. 33: Schaumtrainer für Übungen im Kleinmaßstab

Grundsätzlich sind Übungen oder Erprobungen unter Verwendung des Feuerlöschmittels „Schaum“ gemäß DIN EN 1568 Teil 1-4 und ISO 7203 Teil 1-3, hinsichtlich einer umfassenden Ausbildung von Anwendern, für die Entwicklung und Erprobung von neu- und weiterentwickelten Schaummitteln sowie für die Überprüfung vorhandener Gerätesysteme bzw. die Erprobung neu- und weiterentwickelter Schaumlöschanlagen und -geräte unverzichtbar.

Löschübungen

Idealerweise werden die Verantwortung und die Aufgaben bei der Ausbildung mit Löschschaum auf mehrere Schultern verteilt.



Abb. 34: Am Schaumtrainer können die unterschiedlichen Einsatztaktiken und die verschiedenen Schaumarten im Kleinmaßstab geübt werden. Auch hier ist auf die ordnungsgemäße Entsorgung zu achten.

Folgende Aspekte sollten bei der Ausarbeitung und Durchführung einer Übung mit Löschschaummitteln beachtet werden:

- Bei Übungen ohne offene Flammen sollte Übungsschaum eingesetzt werden. Die darin enthaltenen Tenside sind sehr gut biologisch abbaubar, da diese teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden. Auch hier darf die Verwendung ausschließlich auf versiegelten und an die Schmutzwasserkanalisation angeschlossenen Flächen erfolgen.
- Für Realbrandversuche sollte der in Bayern flächendeckend vorhandene VKB-Schaumtrainer (vgl. Abb. 33 und Abb. 34) verwendet werden. Mit diesem können Löschversuche im Labormaßstab realitätsgetreu mit geringem Anfall an Brand- und Löschschaumrückständen durchgeführt werden.
- Das zugehörige Sicherheitsdatenblatt des Schaummittels mit seinen Eigenschaften muss bekannt sein.
- Unsachgemäßer Gebrauch und in Folge gesundheitliche Schäden und Umweltschäden müssen verhindert werden.
- Die gültigen Werke und Gesetze zur Übung und Ausbildung müssen beachtet werden.
- Übungen sind im Vorfeld mit dem Kläranlagenbetreiber und zuständigen Behörden abzuklären.
- Bei biologischen Klein- und Teichkläranlagen ist das Einleiten von Schaummitteln durch Übungen grundsätzlich zu unterlassen, da sonst die Bakterienkulturen zerstört werden können!

- Übungen dürfen nur so durchgeführt werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden.
- Brandversuche dürfen nur mit Genehmigung der lokalen Behörde (Landratsamt, Umweltamt) durchgeführt werden.
- Eine Sicherheitsunterweisung für die Teilnehmer ist vorzusehen (Datenblatt).
- Übungs- und Lernziele sind festzulegen.
- Alle Reststoffe und Brandrückstände sind fachgerecht zu entsorgen.
- Bei Übungen mit AFFF-Schaummittel darf keine Kontamination der Umwelt mit PFC erfolgen.
- Sicherheitsvorschriften sind zu beachten – gilt gleichermaßen für Übung und Einsatz.
- Geeignete Örtlichkeit aufgrund der Emission von Brandrauch wählen.
- Für die Übung dürfen ausschließlich Örtlichkeiten mit versiegelter Oberfläche und Entwässerung in die Schmutzwasserkanalisation gewählt werden.

Achtung: Flächen, welche über einen Ölabscheider angeschlossen sind, dürfen nicht für Schaumübungen verwendet werden. Die durch den Ölabscheider separierten Öle und Fette werden durch die Tenside des Schaummittels aus dem Abscheider in die Kanalisation ausgewaschen!

Nicht zulässig sind Übungen und Erprobungen mit Schaum

- in ausgewiesenen Wasserschutzgebieten,
- im Zuflussbereich von und auf Oberflächengewässern,
- in überschwemmungsgefährdeten Gebieten und Feuchtbiotopen,
- bei Löschvorführungen ohne Übungs- oder Erprobungscharakter.

Zur Auswahl der Brennstoffe für die Ausbildung und Übung mit brennbaren Flüssigkeiten:

Auf aromatische Verbindungen und toxische Stoffe als Brennstoffe sollte möglichst verzichtet werden. Sofern verfügbar, ist die Verwendung von Heptan, Bioethanol oder Isopropylalkohol vorzuziehen.

Zur Entsorgung der Reststoffe nach einer Übung:

Unter Berücksichtigung des Gebots der Minimierung der Brennstoffe ist in der Regel mit wenigen Reststoffen zu rechnen. Wenn möglich sind diese zu separieren und unter Beachtung sachgemäßer Lagerung in geeigneten Behältern aufzubewahren.

- Vereinzelt können die Reststoffe auch für weitere Versuche wiederverwendet werden.
- Auf die Gefahr der Umweltgefährdung und Wiederentzündung der Reststoffe soll hier im speziellen hingewiesen werden.

Eine Entsorgung von anfallenden Flüssigkeiten über die örtliche Kläranlage ist nur unter bestimmten Voraussetzungen möglich. So dürfen z. B. keine Fluorchemikalien enthalten sein. Wenn es sich um eine begrenzte Menge einer wässrigen Lösung von Wasser und Schaummittel handelt und das Schaummittel gut biologisch abbaubar ist, so ist eine Entsorgung über die Kläranlage nur nach Absprache mit dem Betreiber möglich.

Auch das Zuführen von anfallenden Flüssigkeiten nach einer „kalten“ Schaumübung ohne Brennstoffe in die lokale Kanalisation bedarf der Zustimmung des Betreibers der lokalen Kläranlage. Rückstände aus Brandwannen sind gesondert zu entsorgen!

Für die fachgerechte Entsorgung von Reststoffen empfiehlt es sich, im Vorfeld Rücksprache mit der lokalen Annahmestelle für Problemstoffe der Abfallwirtschaftsbetriebe zu halten. Dort ist in der Regel eine unkomplizierte und kostengünstige Entsorgung der Reststoffe möglich.



Abb. 35: Auch das Zuführen von anfallenden Flüssigkeiten nach einer „kalten“ Schaumübung ohne Brennstoffe in die lokale Kanalisation bedarf der Zustimmung des Betreibers der lokalen Kläranlage.

Rechtliche Verantwortung

11 Rechtliche Verantwortung

Die Brandbekämpfung ist nach Art. 1 des Bayerischen Feuerwehrgesetzes (BayFwG) Pflichtaufgabe der Gemeinde im eigenen Wirkungskreis, die sie mit ihren gemeindlichen Feuerwehren erfüllt. Die Entscheidungen über die Brandbekämpfung obliegen der Einsatzleitung, die in Art. 18 BayFwG geregelt ist.

Im Rahmen des Führungsvorgangs nach der Feuerwehrdienstvorschrift (FwDV) 100 müssen bei der Lagebeurteilung durch den Einsatzleiter folgende Punkte bedacht werden:

- Welche Gefahren sind für Menschen, Tiere, Umwelt und mögliche Sachwerte erkannt?
- Welche Gefahr muss zuerst an welcher Stelle bekämpft werden?
- Welche Möglichkeiten bestehen für die Gefahrenabwehr?
- Vor welchen Gefahren müssen sich die Einsatzkräfte hierbei schützen?
- Welche Vor- und Nachteile haben die verschiedenen Möglichkeiten?
- Welche Möglichkeit ist die Beste?

Die Verwendung von Schaummitteln als Löschwasserzusatz hat den Vorteil, dass Brände grundsätzlich effektiver bekämpft werden können. Die Entstehung umweltschädlicher Brandgase und Zersetzungsprodukte sowie der Anfall von Schadwasser werden hierbei deutlich reduziert.

Sofern in Ausnahmefällen fluortensidhaltige Schaummittel verwendet werden müssen, hat der Einsatzleiter bei der Lagebeurteilung als Nachteil dieser Mittel die umweltschädlichen Auswirkungen bei ihrer unkontrollierten Freisetzung in die Umwelt zu beachten.

Für die Lagebeurteilung stehen in der Erstphase eines Feuerwehreinsatzes nur wenige Sekunden zur Verfügung. Daher muss in regelmäßigen Zeitabständen während eines Einsatzes der Führungsvorgang mehrfach durchlaufen werden.



Abb. 36: Bei der Brandbekämpfung (hier beim Brand eines Maishäckslers auf offenem Feld) kann es zu Bodenverunreinigungen kommen.

Rechtliche Verantwortung

Der Einsatz von Löschwasser durch die Feuerwehr zur Brandbekämpfung kann zu Boden- und Gewässerverunreinigungen führen, wenn das (möglicherweise verunreinigte) Löschwasser in ein Gewässer oder in den Boden bzw. über eine Bodenpassage in das Grundwasser eindringt. Ablaufendes Löschwasser ist unter Umständen selbst wassergefährdend, zudem kann es sich bei dem Brand mit anderen wassergefährdenden Stoffen (z. B. Altöl oder auf dem Grundstück gelagerten Stoffen) vermischen. Für die Untersuchung und Sanierung von Gewässerverunreinigungen oder schädlichen Bodenveränderungen können im Einzelfall sehr hohe Kosten anfallen.

Je nachdem, ob das Löschwasser direkt in ein Gewässer eindringt oder ob es eine schädliche Bodenveränderung herbeiführt bzw. über eine Bodenpassage in das Grundwasser eindringt, richtet sich die Untersuchung und Sanierung nach dem Wasserrecht oder nach dem Bodenschutzrecht. Der Kreis der

Verantwortlichen ist in beiden Rechtsgebieten identisch (vgl. allgemeine Grundsätze des Polizei- und Sicherheitsrechts; Art. 55 BayWG, § 100 WHG / § 4 Abs. 3 BBodSchG).

Bei der nach pflichtgemäßem Ermessen vorzunehmenden Störerauswahl hat die Behörde sich insbesondere vom Grundsatz der effektiven Gefahrenabwehr, aber auch vom im Umweltrecht vorherrschenden Verursacherprinzip leiten zu lassen. Als Verursacher kommt der Brandverursacher in Betracht. Jedoch steht auch die Verursachung durch den Anlagenbetreiber im Raum, da dieser eine gefahrgeneigte Tätigkeit ausübt. Im Ergebnis kommt es auf die konkreten Umstände des Einzelfalls an, wer letztlich als Verantwortlicher zur Untersuchung und Sanierung einer Gewässerverunreinigung und/oder schädlichen Bodenveränderung herangezogen wird.

In der Rechtsprechung besteht die Tendenz, die Feuerwehr nicht als Handlungsstörerin verantwortlich zu machen. Insbesondere bei einem Handeln der Feuerwehr innerhalb der gesetzlichen Aufgabenzuweisung steht die Gefahrenabwehr im Vordergrund und verdrängt eine Verantwortung im Sinne des Polizei- und Sicherheitsrechts. Es spricht daher viel dafür, die Verantwortung für eine Boden- und Gewässerverunreinigung beim Anlagenbetreiber anzusiedeln, sei es in seiner Eigenschaft als Zustandsverantwortlicher oder als Handlungsverantwortlicher.

Bei einer Störung von Kläranlagen Dritter dürfte die Verantwortung wohl beim Anlagenbetreiber als Einleiter in die Kanalisation liegen.

Fallbeispiel/ Urteil:

In einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (Urteil vom 15. Oktober 2014 Az. 7 C 1/13) wurde der Anlagenbetreiber als „Abfallerzeuger“ dazu verpflichtet, verunreinigtes Löschwasser nach einem Brand auf dem Anlagengrundstück als Abfall zu entsorgen, obwohl die Feuerwehr den Brand mit dem Löschwasser gelöscht hatte. Begründet wurde das Urteil damit, der Anlagenbetrieb stelle eine gefahrgeneigte Tätigkeit dar, während der Löscheinsatz als öffentliche Gefahrenabwehr einzustufen sei, die letztlich auch der Wahrnehmung der originären Aufgabe des Anlagenbetreibers diene. Damit sei die Verantwortung für einen Löschwassereinsatz dem Anlagenbetreiber zuzurechnen („wertende Zuordnung der Risikosphäre“).

Beim Umgang mit Feuerlöschmitteln sind rechtliche Belange und Zuständigkeiten von Bund und Ländern zu berücksichtigen, da oftmals wassergefährdende Stoffe verwendet werden bzw. entstehen. Berührt werden Rechtsbereiche u. a. von:

- Abfallwirtschaft,
- Chemikaliensicherheit,
- Naturschutz,
- Abwasserentsorgung,
- Wasserhaushalt,

Rechtliche Verantwortung

- Verwaltungsvorschriften des Bundes,
- Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.

Die taktischen und handwerklichen Grundregeln für die Einheiten im Löscheinsatz, auch mit Schaumlöschmitteln, wurden mit der Einführung der Feuerwehrdienstvorschriften festgelegt:

FwDV 1 „Grundtätigkeiten – Löscheinsatz und Rettung“

FwDV 3 „Einheiten im Löscheinsatz“ **FwDV 100**

„Führung und Leitung im Einsatz“

Weitergehend sind auch zu beachten:

- **DIN EN 1568:2008 Teil 1-4** Feuerlöschmittel – Schaummittel,
- **ISO 7203 Teil 1-3** Feuerlöschmittel – Schaummittel (internationale Norm),

- **DIN EN 16 327:** Druckzumischanlagen (DZA) und Druckluftschaumanlagen (DLS),
- **DIN 14 493** ersetzt durch **DIN EN 13 565 Teil 2** Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen – Schaumlöschanlagen – Teil 2: Planung, Einbau und Wartung,
- **UVV-Feuerwehr:** Unfallverhütungsvorschriften Feuerwehr,
- **Merkblätter und Regelwerke wie DWA-M 718:** Üben und Erproben von Feuerlöschmitteln (Pulver, Schaum, flüssige Löschmittel und Löschwasserzusätze),
- **Produktdatenblätter** der verwendeten Schaummittel,
- **WHG:** Das „**Wasserhaushaltsgesetz**“ ist die wichtigste Rechtsgrundlage für den Betrieb (Grundsätze zur Prävention) von Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen. Wassergefährdende Stoffe sind nach § 19g Abs. 5 WHG feste, flüssige oder gasförmige Stoffe die die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachhaltig verändern.
- **AwSV:** Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Diese Vorschrift enthält u.a. Angaben zum gesetzlich vorgeschriebenen Stand für Anlagen zum Lagern und Umschlagen von wassergefährdenden Flüssigkeiten (Tanklager, Gebinde oder Gebindelager). Das betrifft auch die Feuerwehr!
- **GefStoffV:** Präventive Anforderungen hinsichtlich des Umgangs mit Gefahrstoffen. § 4 legt die Eigenschaftsmerkmale von Gefahrstoffen fest.
- **BBodSchG:** Bundes-Bodenschutzgesetz,
- **LöRüRL:** Richtlinie zur Bemessung an Löschwasser-Rückhalteinrichtungen beim Lagern wassergefährdender Stoffe.

Rechtliche Verantwortung

Eine mögliche Strafverfolgung ist nicht auszuschließen bei:

§ 324 Strafgesetzbuch (StGB) Gewässerverunreinigung:

- (1) Wer unbefugt ein Gewässer verunreinigt oder sonst dessen Eigenschaften nachteilig verändert, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.
- (2) Der Versuch ist strafbar.
- (3) Handelt der Täter fahrlässig, so ist die Strafe Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder Geldstrafe.

§ 324a StGB Bodenverunreinigung:

- (1) Wer unter Verletzung verwaltungsrechtlicher Pflichten Stoffe in den Boden einbringt, eindringen lässt oder freisetzt und diesen dadurch
 1. in einer Weise, die geeignet ist, die Gesundheit eines anderen, Tiere, Pflanzen oder andere Sachen von bedeutendem Wert oder ein Gewässer zu schädigen, oder
 2. in bedeutendem Umfang
 verunreinigt oder sonst nachteilig verändert, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.
- (2) Der Versuch ist strafbar.

(3) Handelt der Täter fahrlässig, so ist die Strafe Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder Geldstrafe.

12 Literaturverzeichnis

- DE VRIES, H. (2008): Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum - Reihe Einsatzpraxis – ecomedStorck GmbH, 3. Aufl.: 422 S., Landsberg
- DE VRIES, H. (2017): Einsatz von Schaummitteln, Auswahl und Logistik – Reihe Fachwissen Feuerwehr – ecomed-Storck GmbH, 1. Aufl.: 100 S., Landsberg
- DIN EN 1568-1:2008-06: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 1: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Mittelschaum zum Aufgeben auf nicht-polare (mit Wasser nicht mischbare) Flüssigkeiten; Deutsche Fassung EN 1568-1:2008
- DIN EN 1568-2:2008-06: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 2: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Leichtschaum zum Aufgeben auf nicht-polare (mit Wasser nicht mischbare) Flüssigkeiten; Deutsche Fassung EN 1568-2:2008
- DIN EN 1568-3:2008-06: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 3: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwerschaum zum Aufgeben auf nicht-polare (mit Wasser nicht mischbare) Flüssigkeiten; Deutsche Fassung EN 1568-3:2008
- DIN EN 1568-4:2018-05: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 4: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwerschaum zum Aufgeben auf polare (mit Wasser mischbare) Flüssigkeiten; Deutsche Fassung EN 1568-4:2018
- DIN EN 13565-2:2009-09: Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen - Schaumlöschanlagen - Teil 2: Planung, Einbau und Wartung; Deutsche Fassung EN 13565-2:2009 + AC:2009
- DIN EN 16327:2014-07: Feuerwehrwesen - Druckzumischanlagen (DZA) und Druckluftschaum- anlagen (DLS); Deutsche Fassung EN 16327:2014
- DIN EN 16712-3:2015-12: Tragbare Geräte zum Ausbringen von Löschmitteln, die mit Feuerlöschpumpen gefördert werden - Tragbare Schaumgeräte - Teil 3: Schwer- und Mittelschaumrohre PN 16; Deutsche Fassung EN 16712-3:2015
- DIN 38407-42:2011-03: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Gemeinsam erfassbare Stoffgruppen (Gruppe F) - Teil 42: Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Wasser - Verfahren mittels Hochleistungs- Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) nach Fest- FlüssigExtraktion (F 42)
- DIN EN ISO 11268-1:2015-11: Bodenbeschaffenheit – Wirkungen von Schadstoffen auf Regenwürmer - Teil 1: Bestimmung der akuten Toxizität auf Eisenia fetida/Eisenia andrei (ISO 11268-1:2012); Deutsche Fassung EN ISO 11268-1:2015
- DIN EN ISO 11269-2:2013-05: Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Wirkungen von Schadstoffen auf die Bodenflora - Teil 2: Wirkung von verunreinigten Böden auf Saataufbau und frühes Wachstum höherer Pflanzen (ISO 11269-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 11269-2:2013
- DIN VDE 0132 (VDE 0132):2015-10: Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen

Arbeitsblatt DWA-A 779 (2006): Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS), Allgemeine Technische Regelungen (April 2006); Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef: 27 S.

Merkblatt DWA-M 718 (2013): Üben mit und Erproben von Feuerlöschmitteln (Pulver, Schaum, flüssige Löschmittel und Löschwasserzusätze) (Mai 2013); Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef: 14 S.

Literaturverzeichnis

EUROPÄISCHE UNION (2010): EU-Verordnung 757/2010 – Verordnung (EU) Nr. 757/2010 der Kommission vom 24. August 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates über persistente organische Schadstoffe hinsichtlich der Anhänge I und III

EUROPÄISCHE UNION (2008): CLP-Verordnung 2008 – Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen

EUROPÄISCHE UNION (2006): EU-Richtlinie 2006/122/EG – Richtlinie 2006/122/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zur dreißigsten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Perfluorooctansulfonate)

FEUERWEHR-MAGAZIN (2010): Brandbekämpfung mit Schaum, Sonderheft 1/2010

ISO 7203-1:2011-05: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 1: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwertschaum zum Aufgeben auf nicht-polare (mit Wasser nicht mischbare) Flüssigkeiten

ISO 7203-2:2011-05: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 2: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Mittel- und Leichtschaum zum Aufgeben auf nicht-polare (mit Wasser nicht mischbare) Flüssigkeiten

ISO 7203-3:2011-08: Feuerlöschmittel - Schaummittel - Teil 3: Anforderungen an Schaummittel zur Erzeugung von Schwertschaum zum Aufgeben auf polare (mit Wasser mischbare) Flüssigkeiten

KEUTEL, K. & KOCH, M. (2016): Untersuchung fluortensidfreier Löschmittel und geeigneter Lösungsverfahren zur Bekämpfung von Bränden häufig verwendeter polarer (d. h. schaumzerstörender) Flüssigkeiten. - IMK-Bericht Nr. 187: 72 S., Heyrothsberge

KOHL, K.-J. & PLEß, G. (2007): Entwicklung von Grundlagen für ingenieurtechnische Methoden zur Berechnung der erforderlichen Löschantensitäten für das Löschen von Bränden mit Wasser. - IMKBericht Nr. 147: 56 S., Heyrothsberge

VdS-Leitlinie 2557:2013-03 (01): Leitlinien zur Schadenverhütung der deutschen Versicherer - Planung und Einbau von Löschwasser-Rückhalteeinrichtungen:
www.vds.de/fileadmin/vds_publicationen/vds_2557_web.pdf – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV): 56 S.

VCI-Leitfaden (2014): Löschwasserrückhaltung Dezember 2014.
www.vci.de/langfassungen-pdf/2014-12-18-leitfaden-loeschwasserrueckhaltung.pdf – Verband der chemischen Industrie e. V.: 27 S.

13 Anhang

Anhang 1: Beschaffungshinweise für Schaumlöschmittel

Durch die Vielfalt der verschiedenen Schaummittel ist die Auswahl des richtigen Schaummittels bei der Beschaffung mittlerweile schwierig geworden.

Bei kommunalen Feuerwehren muss für die Beladung auf staatlich geförderten Feuerwehrfahrzeugen eine gültige Zulassung nach DIN EN 1568 ff für das in Frage kommende Schaummittel vorliegen. Somit ist sichergestellt, dass das angebotene Schaummittel gewissen Qualitätsstandards entspricht.

Weiterhin wird empfohlen, Prüfberichte und Datenblätter der in Frage kommenden Mittel aufmerksam durchzuschauen und auf Vollständigkeit der Angaben zu prüfen.

Derzeit ist es nicht zwingend vorgegeben, dass das Vorhandensein von Fluortensiden bei Schaummitteln im Sicherheitsdatenblatt des Schaummittels vermerkt ist. Aus diesem Grund wird dringend empfohlen, zusätzlich zum Sicherheitsdatenblatt, das nachfolgende Formular vom Hersteller / Anbieter ausfüllen zu lassen und die Einhaltung der darin geforderten Eigenschaften zusichern zu lassen.

Die Unterlagen zu den gelieferten Schaummitteln sollten zu den Akten genommen werden und archiviert werden.

Umweltestufung für Schaumlöschmittel

Für das von uns, der Firma

.....

angebotene Schaummittel mit dem Produktnamen:

.....

geben wir im Hinblick auf umweltrelevante Eigenschaften sämtlicher Inhaltsstoffe folgende ergänzende Einstufungen:

Bewertungsgrundlage	Kriterium	Punkte		Einstufung
		Ja	Nein	
Fluortenside*	PFC im Konzentrat enthalten?	35	0	
Biologische Abbaubarkeit	kein leichter biologischer Abbau nach OECD-Norm 301 einer oder mehrerer Komponenten??	1	0	
Einzelstoffe nach CLP-Verordnung	akut wassergefährdend 1 (H400)?	1	0	
	chronisch wassergefährdend 1 (H410)?	5	0	
Gemisch nach CLP-Verordnung	akut wassergefährdend 1 (H400)?	5	0	
	chronisch wassergefährdend 1 (H410)?	35	0	
	chronisch wassergefährdend 2 (H411)?	5	0	
	chronisch wassergefährdend 3 (H412)?	1	0	
CMR-Stoffe	CMR-Stoffe Kategorie 1 enthalten?	35	0	
	CMR-Stoffe Kategorie 2 enthalten?	5	0	
Wassergefährdungsklasse	WGK 3 >3 % der Inhaltsstoffe?	5	0	
	WGK 2 >5 % der Inhaltsstoffe und nicht leicht abbaubar oder bioakkumulierend?	5	0	
Bodenschutz	NOEC <100 mg/kg Boden ? (DIN EN ISO 11268-1 und 11629-2)	1	0	
Summe				

* bezieht sich auf jede Form von fluorierten Inhaltsstoffen, ohne Grenzwert

uneingeschränkt umwelt-/gewässerverträglich	0	Punkte	
bedingt umwelt-/gewässerverträglich	1–4	Punkte	
deutlich umwelt-/gewässerschädlich	5–34	Punkte	
langfristig stark umwelt-/gewässerschädlich	≥35	Punkte	

Das Produkt hat gemäß obenstehender Einstufung in Bezug auf umweltrelevante Eigenschaften Punkte und ist damit in die Kategorie einzustufen.

Die oben genannte Einstufung bezieht sich auf **alle** Inhaltsstoffe des Produkts.

.....
Datum Name Unterschrift/Firmenstempel

Anhang

Anhang 2: Hinweise für die Tankreinigung

Während der Lagerung setzen sich die Fluortenside in den Tankwandungen und in Rohr- und Schlauchleitungen fest. Bei Edelstahltanks und Tanks aus Polyethylen oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) lassen sich gute Reinigungsergebnisse erzielen, sofern die Tankreinigung sehr sorgfältig durchgeführt wird.

Für Edelstahltanks, GFK- und Polyethylentanks ist folgendes Reinigungsverfahren zu empfehlen:

1. Vollständiges Ablassen des Schaummittels (Schaummittel entsorgen)
2. Schaummittelreste mechanisch und durch Spülen mit heißem (50–60 °C) Wasser entfernen. Hierbei müssen auch sämtliche schaummittelführenden Leitungen und Armaturen gespült werden. Der Spülvorgang ist ausreichend, wenn das ablaufende Wasser nicht mehr schäumt. Das Spülwasser ist zu entsorgen.
3. Der Tank, die schaummittelführenden Leitungen und Armaturen sind komplett mit möglichst heißem Wasser zu füllen. Das Wasser muss mindestens für 24 Stunden im Tank verbleiben. Danach muss das Wasser komplett abgelassen werden und entsorgt werden.
4. Der Tank, die schaummittelführenden Leitungen und Armaturen sind weitere drei Male komplett mit möglichst heißem Wasser zu füllen. Das Wasser muss jeweils mindestens für 24 Stunden im Tank verbleiben. Das Spülwasser dieser Spülvorgänge kann – sorgfältige Vorgehensweise vorausgesetzt – über die Kanalisation in die Kläranlage geleitet werden.

Nach diesem Reinigungsverfahren kann der Tank mit fluortensidfreiem Schaummittel gefüllt werden. Durch die aufwendige Reinigung ist sichergestellt, dass das neue, fluortensidfreie Schaummittel nicht durch Verunreinigungen aus der Tankwandung mit Fluortensiden verunreinigt wird.

Anhang





Abb. 37c: Schaummittelreste an der Tankdecke und Spülvorgang den Tankwänden müssen mit möglichst heißem Wasser (50–60 °C) gelöst werden.

Abb. 37d: Tank beim ersten Spülvorgang

Glossar

14 Glossar

AFFF	aqueous film forming foam, wasserfilmbildender Schaum
AR	alkoholbeständig
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
BayBO	Bayerische Bauordnung
BayFwG	Bayerisches Feuerwehrgesetz
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
CAF	compressed air foam (Druckluftschaum, DLS)
Class-A	Synthetisches Schaummittel speziell für Brände der Klasse A
CLP-Verordnung	Verordnung zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (engl. Classification, Labelling, Packaging)
CMR-Stoffe	krebserzeugende, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe (engl. Carcinogenic, Mutagenic, Toxic for Reproduction)
DLS	Druckluftschaum (engl. CAF)

FFFP	wasserfilmbildende Proteinschaummittel mit Fluortensiden
FP	Proteinschaummittel mit Fluortensiden
FwDV	Feuerwehrdienstvorschrift
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
KLR	Richtlinie über den Brandschutz bei der Lagerung von Sekundärstoffen aus Kunststoff (Kunststofflager-Richtlinie KLR) i. d. F. vom Dezember 1996
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KVB	Kreisverwaltungsbehörden
LAU-/HBV-Anlagen	Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Umschlagen, Herstellen, Behandeln und Verwenden
LöRüRI	Löschwasserrückhalterichtlinie
LV	niedrig viskos (engl. low viscosity)
MBS	Mehrbereichsschaummittel
MBS-AR	Alkoholbeständiges, synthetisches Mehrbereichsschaummittel mit Polymerfilmbildner
NOEC	No Observed Effect Concentration, Konzentration eines Stoffes in subchronischen oder chronischen Studien, bei der keine statistisch signifikante Wirkung beobachtet werden kann
P	Proteinschaummittel
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
PFC	Per- und polyfluorierten Chemikalien
PFOA	Perfluoroktansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
POP	Persistente organische Schadstoffe (engl. Persistent Organic Pollutant)
Glossar	
UVV-Feuerwehr	Unfallverhütungsvorschriften Feuerwehr
VZ	Verschäumungszahl (im Sinne der DIN EN 1568 ff)
WGK	Wassergefährdungsklasse (1 bis 3)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz vom 31.07.2009 i. d. F. vom 15.11.2014
ZR	prozentuale Zumischrate

15 Wichtige Adressen

Bayerisches Landesamt für Umwelt Bürgermeister-Ulrich-Straße
160
86179 Augsburg
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Telefon: 0821 9071-0

Bayerisches Staatsministerium des Innern, für Bau und Verkehr
Sachgebiet I D 2, Fachliche Angelegenheiten der Feuerwehren und des
Katastrophenschutzes; Vorbeugender Brandschutz; IuK-Wesen
Odeonsplatz 3
80539 München
E-Mail: sachgebiet-ID2@stmi.bayern.de
Telefon: 089 2192-01

Staatliche Feuerwehrschnule Geretsried
Sudetenstraße 81
82538 Geretsried
E-Mail: poststelle@sfs-g.bayern.de
Telefon: 08171 3495-0

Staatliche Feuerwehrschnule Regensburg
Michael-Bauer-Straße 30
93138 Lappersdorf
E-Mail: poststelle@sfs-r.bayern.de
Telefon: 0941 8106-0

Staatliche Feuerwehrschnule Würzburg
Weißenburgstr. 60
97082 Würzburg
E-Mail: poststelle@sfs-w.bayern.de
Telefon: 0931 4102-0

Landesfeuerwehrverband Bayern e.V. Carl-von-Linde-
Straße 42,
85716 Unterschleißheim
E-Mail: geschaeftsstelle@lfv-bayern.de
Telefon: 089 388372-0

Werkfeuerwehrverband Bayern e.V.
Römerhofweg 8
85748 Garching
E-Mail: info@werkfeuerwehrverband-bayern.de
Telefon: 089 209 60 300



Hinweis

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich sind während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwendung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Telefon 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.