



## Forschungsprojekt

**AERIUS: Alternatives Löschmittel Druckluftschaum  
– komplexe Großschadenslagen vermeiden**

**Teilvorhaben: Erprobung des Druckluftschaumverfahrens und  
Erstellung von Handlungskonzepten (Förderkennzeichen: 13N13631)**

<b>AP* 03 AP 05 AP 07</b>	<b>Brandszenarien mit ungewöhnlichen Brandstoffen Brände an Hochspannungsanlagen &amp; Öl-Transformatoren Ausbildung und Handlungsempfehlungen</b>
Handlungs- empfehlungen	Entwicklung taktischer Grundsätze für den Einsatz von Druckluftschaum beim Brand im Gebäude, beim Pkw-Brand und beim Industriebrand

\*Arbeitspaket

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	3
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen für die Handlungsempfehlungen .....	1
2.1. Versuche.....	1
2.2. Auszüge aus den wissenschaftlichen Versuchsergebnissen der Projektpartner.....	1
3 Zielgruppe.....	2
4 Einsatzmittel.....	2
4.1. Der Zug im Druckluftschaum-Löscheinsatz.....	2
4.1.1. LF 20 CAFS.....	3
4.1.2. Drehleiter DLA(K) 23/12 .....	3
4.2. Wärmebildkamera.....	3
4.3. Mobiler Rauchverschluss.....	4
4.4. Druckbelüfter .....	4
5 Strömungspfad.....	4
6 Brandbekämpfung.....	5
6.1. Wohnungsbrand .....	6
6.2. Kellerbrand .....	8
6.3. PWK Brand.....	10
6.4. Industriebrand.....	12
7 Fazit .....	15
Quellenangaben.....	16
Abbildungsverzeichnis.....	17

## Abkürzungsverzeichnis

AAO	Alarm- und Ausrückordnung
AERIUS	Alternatives Löschmittel Druckluftschaum - komplexe Großschadenslagen vermeiden
AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung,
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CAF	Compressed Air Foam, dt. Druckluftschaum
CAFS	Compressed Air Foam System, dt. Druckluftschaumanlage
DIN EN 16327	Druckzumischanlagen und Druckluftschaumanlagen, in ein Löschfahrzeug eingebaute Systeme zur Verbesserung der Löscheffizienz.
DLA(K) 23/12	Drehleiter, automatisch mit Korb
ELW	Einsatzleitwagen
FwDV 3	Feuerwehrdienstvorschrift 3
LF	Löschfahrzeug
LS	Luftschaum
l	Liter
m	Meter
min	Minute
OG	Obergeschoss
OvGU	Otto- von-Guericke- Universität Magdeburg
PG12	Pulver-Feuerlöscher Typ PG12 AI (24 Löscheinheiten)
RTW	Rettungswagen
SOP	Standard Operating Procedure, dt.: Standardvorgehensweise
TLF	Tanklöschfahrzeug
vfdb e.V	Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes eingetragener Verein
WBK	Wärmebildkamera
WS	Wasser-Schaum-Gemisch

## 1 Einleitung

Im Rahmen der Forschung für die zivile Sicherheit wurde das Projekt AERIUS – „Alternatives Löschmittel Druckluftschaum, komplexe Großschadenslagen vermeiden“ initiiert.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat dieses Forschungsprojekt gefördert. Ziel war unter anderem die bessere Beherrschung komplexer Großschadenslagen durch die Feuerwehr unter Einsatz von Druckluftschäumen bei gleichzeitiger Erhöhung des Sicherheitsniveaus für die Einsatzkräfte. Neben der Berliner Feuerwehr waren an diesem Projekt folgende Partner beteiligt:

- Otto-von-Guericke-Universität,  
-Institut für Apparate- und Umwelttechnik- (Verbundkoordinator)
- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung,  
-Fachbereich 7.5 Thermische Beständigkeit von Polymeren-
- Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.

Das Forschungsvorhaben startete am 01. August 2015 und endete am 31. Dezember 2018. Mehrere assoziierte Partner unterstützen die Versuchsdurchführungen durch Bereitstellung von Technik und Verbrauchsgütern.

## 2 Grundlagen für die Handlungsempfehlungen

### 2.1 Versuche

Die nachstehend aufgeführten Versuche lieferten wertvolle Erkenntnisse.

Die Versuchsberichte zu den Transformatorenbränden, Reifenbränden, Bränden von Lithium-Ionen Akkumulatoren und den Verdrängungsbrandversuchen wurden von der Berliner Feuerwehr durchgeführt, stehen zur Verfügung und können abgefordert werden.

### 2.2 Auszüge aus den wissenschaftlichen Versuchsergebnissen der Projektpartner

Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen war unter anderem die Bewertung und Gegenüberstellung der Löscheffizienz von reinem Wasser, Wasser-/Schaummittelgemisch und Löschschaum.

#### **Mischbrandkrippen als Bemessungsbrände**

*„Druckluftschaum hat das Potenzial Brände unter den getesteten Bedingungen schneller und effektiver zu löschen als die anderen Löschmittel. Die penetrierenden, anhaftenden und abschirmenden Eigenschaften des Druckluftschäumens steigern die Effektivität während der Brandbekämpfung. Die homogene Schaumblasenstruktur weist ein hohes Oberflächen/Volumenverhältnis und somit eine sehr hohe Verdampfungsrate auf, wodurch dem Brand in*

*kurzer Zeit große Energiemengen entzogen werden können. Letztendlich wird das Feuer durch ein Zusammenwirken der Löscheffekte „Kühlung“, „Verdrängung“ und „Abschirmung“ gelöscht. Die Wichtung dieser Löscheffekte variiert in Abhängigkeit der Brandklassen“. [1]*

*„Durch die Injektion von Druckluft verfügt der Druckluftschäum über eine größere kinetische Energie, welche bei den Krippenbränden den inneren Brandbereich erreichen ließ. Ein weiterer Vorteil der Druckluftinjektion ist die große Wurfweite. Die im System geförderten komprimierten Schaumblasen expandieren schlagartig beim Verlassen des Strahlrohres. Druckluftschäum entwickelt im Vergleich mit den anderen Löschmitteln und -verfahren die größte Wurfweite. Die Löscheffizienz von Druckluftschäum ist ein Resultat aus einer Kombination von mehreren Charakteristiken, die eine Steigerung der Effizienz bei der Brandbekämpfung bewirken. Druckluftschäum hatte bei sämtlichen vergleichenden Testserien die kürzesten Löschzeiten und wies, nach dem Ende der Löscharbeiten, die niedrigsten Temperaturen im Innenbereich der Krippen auf“. [Dt. Übersetzung] [2]*

### **3 Zielgruppe**

Die folgenden Handlungsempfehlungen sollen dem Anwender wichtige Hinweise bezüglich der bestmöglichen Nutzung der Druckluftschäum-Löschtechnik vermitteln. Die Handlungsempfehlung richtet sich insbesondere an Zugführer, Gruppenführer und Staffelführer. Diese Handlungsempfehlungen sollen keine lokalen Standard-Handlungsanweisungen ersetzen. Anhand realer und fiktiver Brandereignisse in Wohngebäuden, eines Pkw und im Industriegebäudebereich werden mögliche Handlungsabläufe beschrieben, sie geben aber ergänzende Hinweise bei Nutzung des Löschmittels Compressed Air Foam (CAF). Am Ende werden diese in einer jeweiligen SOP (Standard Operating Procedure, dt.: Standardvorgehensweise oder standardisiertes Vorgehen) als möglicher Handlungsgrundsatz bei diesen Brandereignissen beschrieben.

## **4 Einsatzmittel**

### **4.1 Der Zug im Druckluftschäum-Löscheinsatz**

Für das Stichwort „Brand in Gebäude“ wird in der Regel der Löschzug disponiert. Die Einsatzmittel des Löschzuges sollten aus einem Führungsfahrzeug, zwei Löschfahrzeugen mit Druckluftschäumenanlage und einer Drehleiter bestehen.

Es erscheint sinnvoll, den kritischen Wohnungsbrand als Grundlage der Handlungsanweisung zu verwenden. Bei den zu betrachtenden Ereignissen sollte sich die Eintreffzeit der taktischen Einheiten nach den Vorgaben der AGBF (Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren) richten. Das heißt, Eintreffen von 10 Einsatzkräften in 10 Minuten und weiteren sechs Einsatzkräften innerhalb von 16 Minuten [3].

Die Taktik entspricht dem üblichen Einsatz eines Löschzuges nach der FwDV 3 [4]. Darin wird von der Besatzung eines LF der Verteiler gesetzt und der Innenangriff vorbereitet, bzw. durchgeführt. Gleichzeitig wird die Drehleiter taktisch vorteilhaft in Stellung gebracht (Anleiterbereitschaft) um ggf. eine Personenrettung durchführen zu können. Die Drehleiter steht dann für weitere Aufgaben zur Verfügung: Brandbekämpfung mit Monitor vom Korb, alternativ einem handgeführten C-Hohlstrahlrohr vom Korb aus, oder durch die Sicherung des Rückzugswegs der Einsatzkräfte. Die Besatzung des zweiten LF kontrolliert den Treppenraum, führt die Druckbelüftung durch und stellt den Reservetrupp (analog FwDV3).

#### **4.1.1 LF 20 CAFS**

Bei einem LF 20 CAFS einer Druckluftschaumanlage 800/2400 nach DIN EN 16327 besteht die Möglichkeit der Vornahme von mindestens zwei bis drei leistungsfähigen Hohlstrahlrohren (Q=400 l/min) mit Druckluftschaum. Auch die Schnellangriffsleitung sollte mit der Druckluftschaumanlage verbunden sein, um auch bei beispielsweise Fahrzeugbränden im Freien schnell und effektiv arbeiten zu können.

Alternativ kann das LF 20 CAFS auch eine Drehleiter mit Druckluftschaum versorgen und so den CAF-Einsatz über den Monitor ermöglichen.

#### **4.1.2 Drehleiter DLA(K) 23/12**

Die Drehleiter wird primär zur Rettung von Menschen eingesetzt und kann den 2. Rettungsweg darstellen, sofern dieser rechtlich nicht baulicher Art sein muss bzw. sofern keine Bedenken wegen einer hohen Anzahl an zu rettenden Personen besteht. Ausladung und Arbeitshöhe der Drehleiter vergrößern den Wirkungsbereich der Löschmittelapplikation insbesondere bei der Verwendung von Druckluftschaum. Ein Löschangriff mit Druckluftschaum wird mit einem Hohlstrahlrohr C oder einem Monitor (Riegelstellung) durchgeführt. Drehleitern sollten, zur Brandbekämpfung, über folgende technische Ausstattung verfügen:

- Durch einen Gelenkarm kann die Leiter über dem Führerhaus anheben, ausfahren und den Korb direkt vor dem Fahrzeug absetzen. Die Technologie ermöglicht somit auch den Einsatz in engen Straßen, niedrigen Gebäudehöhen und bei Dachgauben.
- Fest verlegte Rohrleitung am Leiterpark. Bei einem Löscheintritt ist nur noch die CAF-Versorgungsleitung von einem LF mit der Drehleiter zu verbinden (optional).
- Eine feste Rohrleitung ist zum Rettungskorb montiert und ein Druckschlauch C42-5m ist ständig im Korb gelagert. Das ermöglicht die Löschmaßnahmen ohne Zeitverzögerung zu beginnen.

#### **4.2 Wärmebildkamera**

Die Wärmebildkamera (WBK) ermöglicht die Lokalisierung von Wärmequellen bei unzureichenden Sichtverhältnissen. Es ist von Vorteil, wenn der Truppführer die Wärmequellen mit Unterstützung der WBK identifizieren und dadurch den Strahlrohrführer zum gezielten Löschen anleiten kann.

### 4.3 Mobiler Rauchverschluss

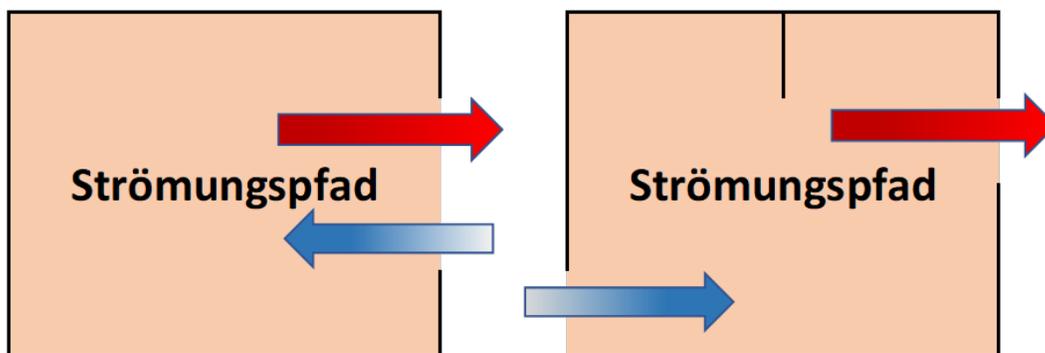
Bei der Brandbekämpfung lässt sich mit Hilfe eines mobilen Rauchverschlusses die Rauchausbreitung im Gebäude deutlich reduzieren. Das ermöglicht die weitere Nutzung der Rettungswege und mindert Schäden durch die Rauchgasemissionen.

### 4.4 Druckbelüfter

Die Druckbelüftung darf nur dann erfolgen, wenn das Feuer erfolgreich bekämpft werden kann, gelöscht ist oder Rauch aus Räumen gedrückt werden soll, die nicht unmittelbar mit dem Brandraum in Verbindung stehen. Der Luftstrom darf in keinem Fall das Feuer mit zusätzlichem Sauerstoff versorgen oder den Brandrauch in rauchfreie Räume drücken. Der Einsatz der Druckbelüftung setzt eine genaue Erkundung voraus.

## 5 Strömungspfad

Die meisten Brände in Gebäuden sind ventilationsgesteuert. Der Verbrennungsprozess benötigt eine Öffnung für die Zuluft und eine Öffnung für den Abgasstrom, den sogenannten Strömungspfad. Die Strömungsrichtung wird durch die Druckdifferenz bestimmt. Wärme und Rauch in einem Bereich mit höherem Druck fließen in den Bereich mit dem geringeren Druck [5].



**Abbildung 1:** Strömungspfad bei verschiedener Druckdifferenz. Abbildung entnommen: IFSTA-International Fire Service Training Association; Essentials of Firefighting; 6th Edition; Oklahoma State University; USA 2013.

Die Anzahl und Größe von Öffnungen hat Auswirkungen auf die Wärmefreisetzungsrate. Die zusätzliche Sauerstoffzufuhr erhöht die Verbrennungsgeschwindigkeit. Auch besteht die Gefahr, dass sich dadurch der Strömungspfad ändert. Türen zum Brandraum sollten erst dann geöffnet werden, wenn das Löschmittel sofort abgegeben werden kann [6,7].

## 6 Brandbekämpfung

In Bezug auf den Wärmeübergang ist die Wirksamkeit des Druckluftschaum-Löschverfahrens unabhängig von seiner Reichweite gleich hoch. Im Gegensatz dazu erreicht der Wärmeübergang bei Wasser und Netzmittel nur im Nahbereich des Sprühstrahls ein Maximum.

Die Brandbekämpfung aus der größtmöglichen Distanz erhöht jedoch die Sicherheit der Einsatzkräfte. Die Nachhaltigkeit des Löschverfahrens wie sie beim Druckluftschaum-Löschverfahren möglich ist, stabilisiert die fragile Situation. Mit dem Löschmittel Druckluftschaum lassen sich sowohl brennbare feste Stoffe und als auch brennbare Flüssigkeiten löschen. Folgende Methoden sind mit Druckluftschaum möglich [5]:

- **Direkte Brandbekämpfung** durch unmittelbares Vorgehen zum Löschen eines Brandes im Gebäudeinneren unter Anwendung einer dynamischen Strahlrohrführung. Der direkte Löschangriff setzt voraus, dass die brennenden Stoffe vom Löschmittelstrahl erreicht werden können. Das Ausschalten der Wärmequelle entschärft unmittelbar die Gefahrensituation und senkt die Raumtemperaturen.
- **Indirekte Brandbekämpfung** (Raumkühlung) durch Abgabe von Löschmittel in den Brandraum. Der große Wirkungsbereich dieses Löschverfahrens ermöglicht einen großen Sicherheitsabstand einzuhalten. Die Dispersion wird durch eine kreisende Bewegung im Raum verteilt [8]. Neben dem Löscheffekt durch direkten Kontakt mit dem Brennstoff entsteht ein großes Dampfvolumen das den Abkühlungsprozess zusätzlich unterstützt. Der Verdampfungsprozess hält solange an, bis der Schaum vollständig verdampft oder die Temperaturen im Raum signifikant gesunken sind. Das Penetrationsvermögen des Schaumlöschmittels erhöht die Sicherheit für die Einsatzkräfte durch einen nachhaltigen Löscheffekt.
- **Ein kurzer Außenangriff** wird empfohlen, wenn das Feuer von außen erkennbar ist und durch die Brandintensität eine hohe Ausbreitungsgefahr besteht. Ein weiterer Grund für einen kurzen Außenangriff ist gegeben, wenn ein Innenangriff aufgrund der Wärmeentwicklung im Gebäude nicht durchführbar ist [9]. Die im Vergleich zu Wasser höhere Wurfweite eines Druckluftschaumstrahles eignet sich hervorragend zur Durchführung dieser taktischen Maßnahme. Die Applikation reduziert die Temperaturen im Brandraum, aber auch in angrenzenden Bereichen. Negative Auswirkungen, wie das Verschieben heißer Gase, sind inzwischen widerlegt [10]. Wichtig ist es, dass sich Außenangriff und Innenangriff nicht überschneiden. Der Außenangriff endet, wenn der Innenangriff beginnt.

Wasser und Druckluftschaum zeigen beim Löschen ein unterschiedliches Verdampfungsverhalten. Der im Raum durch den Löschmittelstrahl verteilte Druckluftschaum haftet an den Oberflächen und verdampft kontinuierlich bis die Dispersion vollständig in die Dampfphase übergegangen oder die Temperaturabsenkung ausreichend niedrig ist. Das zeigten auch die Verdrängungsversuche, die im Dezember 2018 in Berlin durchgeführt wurden.

Die durch Druckluftschaum erzeugte Wasserdampfkonzentration ist offensichtlich ausreichend, um eine Verbrennungsreaktion nachhaltig zu unterbrechen [11,12]. Voraussetzung dafür ist, dass

der Wasserdampf nicht über eine Öffnung nach oben entweichen kann oder durch zu früh einsetzende Lüftungsmaßnahmen verringert wird.

Die nachstehenden Handlungsempfehlungen zeigen auf, wie die Druckluftschäumtechnologie in das Einsatzgeschehen implementiert werden kann. Die Beispiele basieren auf effektiven und realen Ereignissen.

## 6.1 Wohnungsbrand

Realeinsatz vom 28.04.2014	
Einsatzmittel	1 ELW, 2 LF 20 CAFS, 1 DLA(K) 23-12, 1 RTW Einsatzmitteldisposition nach der Alarm- und Ausrückordnung (AAO) im eigenen Wirkungskreis
Meldung	Mehrfamilienhaus E+2 in Holzständerbauweise, 1.OG Wohnung in Vollbrand, mehrere Personen eingeschlossen.
Lage bei Eintreffen	Die Brandwohnung befindet sich auf der Rückseite des Objektes. Der Brand droht auf das darüber liegende Geschöß überzugreifen. Die Glasscheibe der Balkontüre über dem Brandraum ist bereits zerstört. Aktuell keine weiteren sichtbaren Hinweise auf zu rettende Personen. 14 Personen mit Verdacht auf Rauchgasintoxikation befinden sich außerhalb des Objektes in Sicherheit. Eine Person wird nach Aussagen der Mitbewohner vermisst und befindet sich möglicherweise noch in der Brandwohnung.

### Maßnahmen:

Der Angriffstrupp des LF 1 übernimmt die Brandbekämpfung und verhindert mit einem kurzen Außenangriff das Übergreifen des Feuers vom 1. OG auf das 2. OG. Dazu wird eine Schlauchleitung um das Haus geführt. Der Wassertrupp des LF 1 unterstützt den Aufbau der Leitung.

Der Angriffstrupp des LF 2 setzt vor dem Hauseingang einen Verteiler und bereitet den Innenangriff vor. Der Wassertrupp des LF 2 übernimmt die Reservefunktion am Verteiler. Der Maschinist vom LF 2 und der Reservetrupp bereiten die Druckbelüftung vor.

Die Drehleiter steht in Anleiterbereitschaft, um bei Bedarf sofort Rettungsmaßnahmen durchführen zu können.

Die von außen durchgeführten Löschmaßnahmen zeigen in der Brandwohnung Wirkung. Nach einer zirka -2 Minuten dauernden Löschmittelabgabe sind nur noch weiße Dampfwolken zu sehen. Der Angriffstrupp des LF 2 setzt von außen einen Rauchschutzvorhang vor die Eingangstür der Brandwohnung. Zwischenzeitlich ist der Angriffstrupp des LF 1 über eine Steckleiter in die Brandwohnung eingestiegen und geht weiter vor. Das Wohnzimmer ist von der Küchenzeile durch eine Wand mit Schiebetür abgetrennt. Eine Couch links von der Balkontüre und der

Einbauschränk sowie Reste eines Sessels auf der rechten Seite brennen noch (oder wieder). Eine kurze Löschmittelabgabe löscht das Feuer und ermöglicht das Absuchen der weiteren Zimmer. Der Angriffstrupp des LF 1 öffnet dem Angriffstrupp des LF 2 die Wohnungseingangstür.

Die Druckbelüftung kann in Betrieb genommen werden, da der Strömungspfad bekannt ist. Die Türe zum Duschaum steht offen, der Raum ist mit Ruß kontaminiert. Die Türe vom Schlafzimmer ist geschlossen. Hier wird nur leichte Rauchentwicklung festgestellt. Die Person wird nicht gefunden. Sie war während des Ereignisses nicht in der Wohnung, hätte aber im Schlafzimmer eine realistische Überlebenschance gehabt.

### **Bewertung:**

Das Wohnzimmer befand sich im Vollbrand. Der Umfang des Brandes hat sich hier noch auf die Brandwohnung beschränkt. Das drohende Übergreifen des Feuers auf das 2. OG verlangte ein sofortiges Eingreifen durch einen kurzen Außenangriff. Der Strömungspfad wirkte über die zerstörte Balkontüre und ein ebenfalls zerstörtes Fenster. Die Luftzufuhr konnte aber auch über das Treppenhaus erfolgen. Über die Wohnungseingangstüre sind Rauchgase in den Treppenraum gelangt.

Besteht die Möglichkeit, die Türe zum Treppenhaus bereits bei der Erkundung zu schließen, kann die Druckbelüftung gestartet werden, um den Treppenraum wieder gefahrlos nutzen zu können. Das Schließen von Türen reduziert gleichzeitig die Zufuhr von Sauerstoff in den Brandraum und trägt damit zur Reduktion der Wärmefreisetzung bei. Gleichzeitig kann sofort mit dem Absuchen des Treppenraumes, unterstützt durch die Druckbelüftung, begonnen werden. Eine Personenrettung von außen wäre auf der Hauseingangsseite durch die Drehleiter möglich gewesen. Dass bei diesen Raumgrößen die Außenapplikation mit Druckluftschaum nach kurzer Zeit Wirkung zeigt, ist ein Erfahrungswert [13]. Die Intensität des Feuers lässt sofort nach. Dieser Zustand hält mehrere Minuten an. Dadurch verbleibt genügend Zeit, den Innenangriff durchzuführen. Die rasche Wirksamkeit der Löschmaßnahmen trägt erheblich zur Beruhigung der Bewohner bei. Ist der Rauchschutzvorhang gesetzt, geht der Angriffstrupp zum abschließenden Innenangriff über. In diesem Fall ist der Angriffstrupp über eine tragbare Leiter in Brandwohnung vorgegangen. Dadurch war die Wärmebelastung des vorgehenden Trupps relativ hoch, wie der Angriffstrupp berichtete. Hätte man Rauch- und Wärme über die zerstörten Fenster und die Balkontüre ins Freie abgeführt, wäre dies nicht der Fall gewesen. Hier wurde aber aus Zeitgründen so entschieden, da es aufgrund der vielen Bewohner zu Verzögerungen beim Angriff über das Treppenhaus kam. Wasserschäden durch die Löschmaßnahmen mit Druckluftschaum gab es keine. Allerdings gestalteten sich die Nachlöscharbeiten an der Holzfassade und der Wärmedämmung aufwändig.

## 6.2 Kellerbrand

Realeinsatz mit Netzmittel vom 20.04.2018 (CAF-Einsatz fiktiv)	
Einsatzmittel	1 ELW, 2 LF 20 CAFS, 1 DLA(K) 23-12, 1 RTW Einsatzmitteldisposition nach AAO im eigenen Wirkungskreis
Meldung	Reiheneckhaus, E+D
Lage bei Eintreffen	Kellerbrand. Starke Rauchentwicklung aus mehreren Kellerfenstern. Die Bewohner haben das Gebäude bereits verlassen.

### Maßnahmen:

Die Besatzung des LF 1 bereitet den Innenangriff vor. Dazu wird ein Verteiler vor dem Hauseingang gesetzt. Der Angriffstrupp vom LF 1, ausgerüstet mit 3x C-Schläuchen geht vor der Kellertüre in Bereitschaft und setzt den Rauchschildvorhang.

Der Drucklüfter wird ebenfalls vor dem Hauseingang in Stellung gebracht und im Leerlauf betrieben. Der Wassertrupp des LF 1 rüstet sich mit Atemschutzgeräten aus und steht als Sicherungstrupp zur Verfügung.

Die Besatzung des LF 2 verlegt eine Schlauchleitung zum Kellerfenster mit der stärksten Rauchentwicklung. Mit dem Schnellangriff wird ein kurzer Außenangriff in den Kellerraum durchgeführt, dabei entsteht eine intensive Dampf Wolke.

Nach einer kurzen Wartezeit öffnet der Angriffstrupp des LF 1 die Kellertür. Parallel dazu wird die Druckbelüftung gestartet. Der Trupp arbeitet bei relativ guten Sichtverhältnissen und bei erträglichen Temperaturen und führt die Nachlöscharbeiten durch.

Die Drehleiter steht bereit, um bei Bedarf sofort Rettungsmaßnahmen durchführen zu können.

### Bewertung:

Im Bereich des Ofens einer Sauna waren abgestellte Gegenstände in Brand geraten. Im Keller des Gebäudes konnten sich sehr hohe Temperaturen entwickeln. Ein primärer Innenangriff ist bei diesen Lagen nur unter erheblichen Einschränkungen durchführbar. Hier hilft ein kurzer Außenangriff, der die Lage deutlich entspannt. Für den im Innenangriff vorgehenden Angriffstrupp bedeutet dies eine deutlich geringere Wärmebelastung. Bei dem Realeinsatz dauerte es ca. 5 Minuten, bis der mit Netzmittel durchgeführte kurze Außenangriff Wirkung zeigte und der Angriffstrupp im Keller vorrücken konnte. Der Einsatz von Druckluftschäum senkt die Brandraumtemperaturen wesentlich schneller als das mit Wasser oder Netzmittel möglich wäre [11]. Die nachhaltige Löschwirkung von Druckluftschäum senkt die Wahrscheinlichkeit einer Rückzündung deutlich.

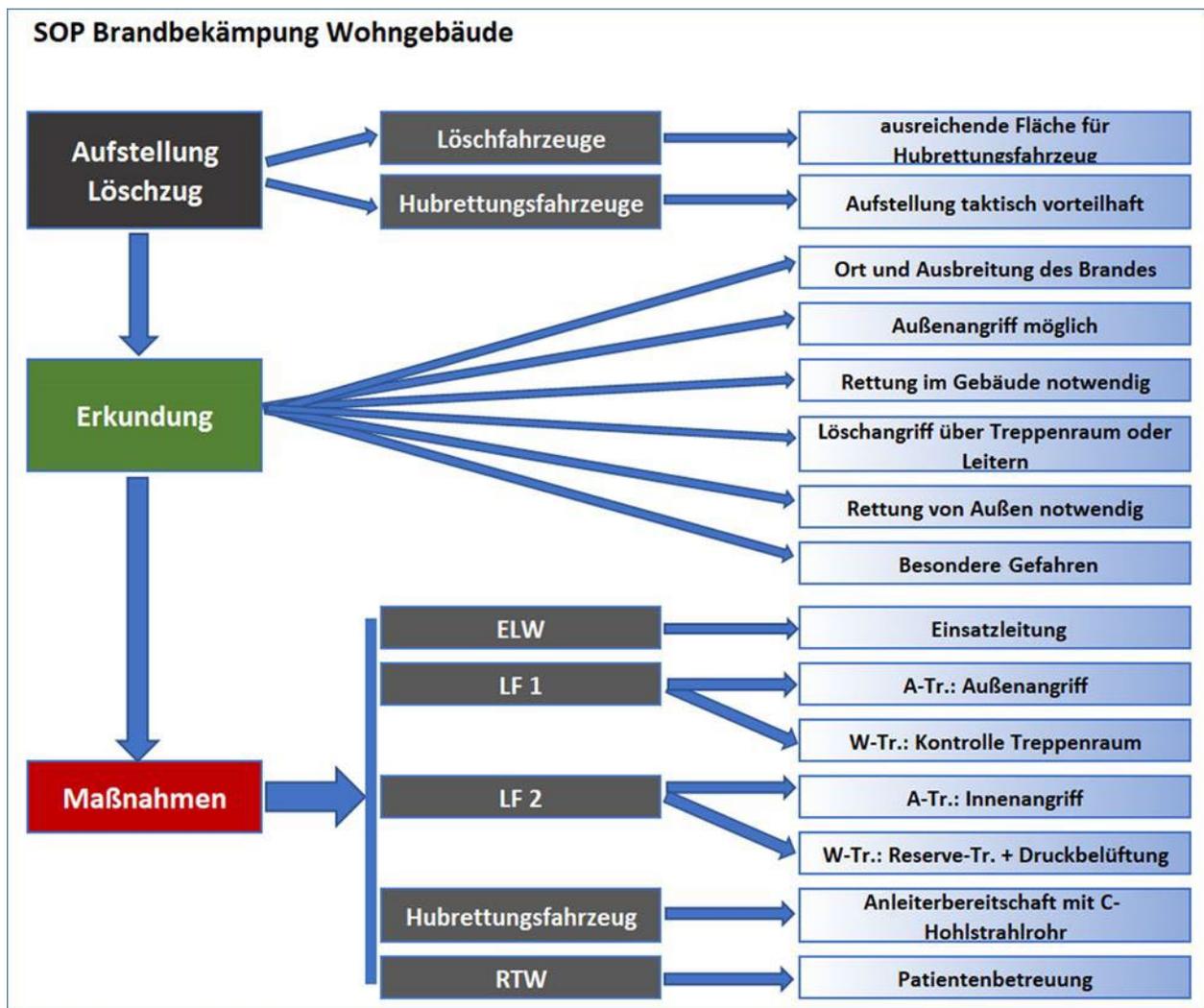


Abbildung 2: SOP bei der Brandbekämpfung von Wohngebäuden. Berliner Feuerwehr, 2019

### 6.3 PWK Brand

Der AERIUS-Versuchsbrand eines Hybrid-Kfz diente hier als Grundlage	
Einsatzmittel	LF 20 CAFS Einsatzmitteldisposition nach AAO im eigenen Wirkungskreis
Meldung	Pkw brennt innerhalb geschlossener Ortschaft
Lage bei Eintreffen	Kurz vor einer Kreuzung steht ein Pkw und brennt in voller Ausdehnung. Für die umliegenden Gebäude besteht aufgrund des Abstandes keine Gefahr auf ein Übergreifen des Feuers. Es ist zunächst nicht ersichtlich, mit welchem Antrieb das Fahrzeug ausgestattet ist.

#### Maßnahmen:

Vom Löschfahrzeug wird sofort der Schnellangriff vorgenommen. Der Strahlrohrführer ist mit einem Atemschutzgerät ausgerüstet. Der Pkw kann mit einer geringen Menge Löschmittel gelöscht werden. Während des Einsatzes stellt sich heraus, dass es sich um ein Kraftfahrzeug mit Hybridantrieb handelt. Treibstoff ist nicht ausgelaufen. Ob die Lithium-Ionen-Module noch intakt sind oder durch das Feuer zerstört wurden, lässt sich nicht eindeutig feststellen. Die Deaktivierung der Hochvoltanlage ist aufgrund der Brandschäden nicht mehr gesichert möglich.

#### Bewertung:

Die Wurfweite des Druckluftschäum-Strahles ermöglicht auch aus der Entfernung wirksame Löschmaßnahmen durchzuführen. Je früher die Applikation beginnt, desto geringer ist die Gefahr für die Einsatzkräfte durch herumfliegende Teile, wie zum Beispiel einen thermisch geschädigten Gasdruckstoßdämpfer einer Heckklappe, verletzt zu werden. Ansonsten ist die Brandbekämpfung zügig von allen Seiten durchzuführen. Das Strahlrohr ist immer wieder zu schließen, um prüfen zu können, wie der Löschmittelstrahl am wirkungsvollsten eingesetzt werden kann. Der Fahrzeuginnenraum und insbesondere der Fußbereich sind schwerpunktmäßig abzulöschen. Der Abstand kann verringert werden, wenn der Vollbrand zusammengebrochen ist. Ab diesem Moment sollte auch das Hohlstrahlrohr auf Sprühstrahl umgestellt werden.

Wird ein Fahrzeug unterfeuert, ist diese Wärmequelle primär zu löschen. Es besteht ansonsten die Gefahr, dass der Kraftstofftank bzw. die Kraftstoffleitungen undicht werden, ein Überdruckventil abbläst oder die Hochvolt-Module reagieren.

Läuft flüssiger Kraftstoff brennend aus, hat sich der ergänzende Einsatz von Löschpulver bewährt. Da Hohlräume vom Schaummittelstrahl meist nicht erreicht werden können und die Rückzündungsgefahr durch die vorher erfolgten Kühlmaßnahmen reduziert ist, kann die Pulverwolke ihre Wirkung in diesem Bereich sehr gut entfalten. Ein herkömmlicher Feuerlöscher-PG12 ist dafür ausreichend geeignet.

Wird das Fahrzeug nicht oder nur wenige Minuten unterfeuert, beispielsweise durch ausgelaufenen Kraftstoff, besteht nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass die Hochvolt-Module Schaden nehmen. Aber auch wenn die Zellen reagieren, lässt sich die Brandbekämpfung

problemlos durchführen. Der Löschmittelverbrauch lag bei den AERIUS Lithium-Ionen-Bränden beim Pkw-Vollbrand bei einem Start der Löscharbeiten nach 20 Minuten Vorbrennzeit bei 75 Liter und beim Pkw-Vollbrand nach 30 Minuten Vorbrennzeit bei 204 Liter.

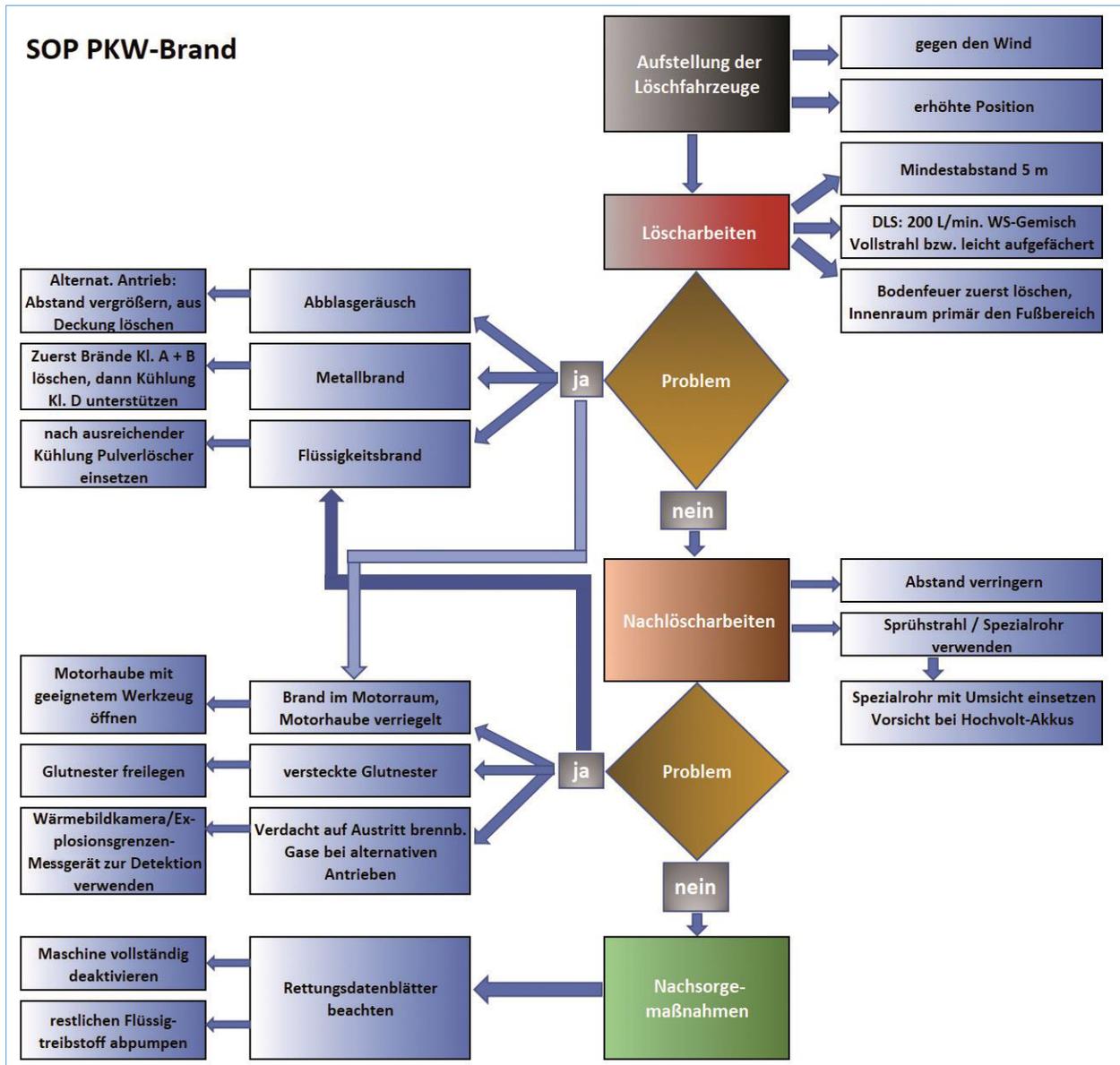


Abbildung 3: SOP bei einem PKW-Brand. Berliner Feuerwehr, 2019.

## 6.4 Industriebrand

Grundlage: Lagerhallenbrand am 11.10.2018	
Einsatzmittel	1 ELW, 2 LF 20 CAFS, 1 DLA(K) 23-12, 1 RTW, 1 TLF 24/50 CAFS Einsatzmitteldisposition nach AAO im eigenen Wirkungskreis
Meldung	Industriepark, Firma XY, Brandmeldeanlage hat ausgelöst
Lage bei Eintreffen	Bei der Anfahrt ist starke Rauchentwicklung zu erkennen. In einem Kunststoff verarbeitenden Betrieb haben sich gelagerte Kunststoffteile in einem Regal entzündet und brennen auch auf dem Fußboden der Produktions- und Lagerhalle. Die Brandfläche beträgt bereits zirka 100 m <sup>2</sup> . Personen sind nicht mehr im Gebäude. Es besteht die Gefahr, dass sich das Feuer auf die gesamte Halle ausbreitet. Die Feuerwiderstandsdauer des Industriebaus beträgt 30 Minuten. Es besteht auch Einsturzgefahr durch die Lagernutzung (Schwerlastregale). Das eingeschossige Objekt hat nach dem Einsatzplan eine Grundfläche von 4.300 m <sup>2</sup> . Das Objekt ist mit einer automatischen Brandmeldeanlage ausgerüstet. Eine Rauch- und Wärmeabzugsanlage ist vorhanden.

### Maßnahmen:

Bei der Fahrzeugaufstellung ist ein eventueller Totalverlust des Gebäudes zu berücksichtigen. Ein Verteiler wird vor dem Notausgang gesetzt. Das erste Strahlrohr vom LF 1 wird möglichst nahe am Brandgeschehen vorgenommen. Die starke Rauchentwicklung behindert die Sicht des Angriffstrupps des LF 1. Die Sichtweite beträgt < 5m. Da die Schwerlastregale sowie die Lagergüter den Angriffstrupp gefährden können, verbleibt dieser im Bereich des gewählten Angriffsweges. Ein Druckluftschaumstrahl, mit einer Applikationsrate von 300 l/min WS-Gemisch, ermöglicht eine löschwirksame Eindringtiefe von zirka 30 Meter.

Da Einbauten, Lagergüter usw. die Löschmaßnahmen einschränken, öffnet ein freier Trupp weitere Zugänge mit dem Generalhauptschlüssel des Feuerwehr-Schlüsseldepots. Der Angriffstrupp des LF 2 geht auf der gegenüberliegenden Gebäudeseite an der dortigen Notausgangstüre in Stellung. Der Abstand zu dem Standort des Angriffstrupps des LF 1 beträgt 54 Meter. Die Arbeitsbereiche der beiden Rohre überschneiden sich. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit die Ausdehnung des Brandes einzudämmen. Für beide Löschfahrzeuge wird eine Löschwasserversorgung aufgebaut. Die Besatzung des TLF 24/50 übernimmt ein weiteres Rohr und sichert den Bereich der Laderampe. Das TLF 24/50 wird von dem Wassertrupp des LF 2 unterstützt. Der Wassertrupp vom LF 1 sichert den Bereich neben Angriffstrupp 1 über eine weitere Notausgangstüre der Industriehalle. Die Drehleiter kontrolliert den Dachbereich und bleibt in Anleiterbereitschaft. Ein zwischenzeitlich angeforderter Großventilator unterstützt die Entrauchungsmaßnahmen. Zusätzlich alarmierte Einsatzkräfte übernehmen bei Bedarf weitere Aufgaben der Brandbekämpfung, die Absicherung der Atemschutzgeräteträger und die Versorgung der Einsatzfahrzeuge mit Schaummittel.



**Abbildung 4:** In der Kreismitte ist das erste Strahlrohr positioniert. Der Radius beschreibt den möglichen Arbeitsbereich des Druckluftschäumstrahles. Berliner Feuerwehr, 2019.



**Abbildung 5:** Der erste Angriffsweg ist mit einem roten Pfeil markiert. Diese Tür ist der Brandstelle am nächsten. Die weiteren optionalen Angriffswege sind die Rettungswege des Gebäudes (grüne Pfeile) bzw. die Tore der Laderampe. Berliner Feuerwehr, 2019.

### **Bewertung:**

Bei diesem Objekt handelt es sich um einen Industriebau der Sicherheitskategorie K2 [14]. Die tragenden und aussteifenden Bauteile der erdgeschossigen Halle sind feuerhemmend ausgebildet. Die Halle ist mit einer automatischen Brandmeldeanlage ausgerüstet. Insgesamt sind sechs notwendige Ausgänge vorhanden. Vier Ausgänge führen unmittelbar ins Freie und zwei in einen anderen Brandbekämpfungsabschnitt. Rettungswege sind gleichzeitig Angriffswege für die Feuerwehr. Der Bereich einer Außentür bzw. eines Tores ist relativ sicher. Bei einer Durchzündung der Halle kann sofort der Rückzug angetreten werden. Im Industriebereich können sich Feuer relativ schnell ausbreiten. Es ist durchaus möglich, dass sich die Brandfläche alle 30 Sekunden verdoppelt. Erfahrungswerte aus den USA sehen eine 50% Verlustrate, wenn mehr als 86 m<sup>2</sup> in Brand geraten sind (und mit reinem Wasser gelöscht wird) [15].

Beträgt die Sichtweite im Brandobjekt weniger als 5 Meter, sollte auf einen Innenangriff verzichtet werden [16]. Durch die relativ große Reichweite eines Druckluftschäumstrahles sind die Chancen höher, auch ausgedehnte Brände beherrschen zu können. Das Löschverfahren mit der größten Reichweite ist auch das wirkungsvollste unter Betrachtung der größtmöglichen Sicherheit für die Einsatzkräfte [13]. Hinzu kommt die nachhaltige Löschwirkung der Dispersion, die eine Rückzündung deutlich verlangsamt. Sind Thermoplaste am Brandgeschehen beteiligt, handelt es sich um einen Flüssigkeitsbrand. Durch Versuche im Rahmen des AERIUS- Forschungsprojektes konnte der Nachweis erbracht werden, dass brennbare Flüssigkeiten mit Druckluftschaum und Klasse A-Schaummittel wirkungsvoll gelöscht werden können.

Das erste Strahlrohr ist möglichst nahe der Brandstelle vorzunehmen. Der Standort bleibt dabei zunächst der Bereich des gewählten Ausganges (Außenangriff). Erst die Besetzung weiterer Ausgänge mit den Druckluftschaum-Strahlrohren verhindert die Brandausbreitung im Inneren, ohne einen Innenangriff durchführen zu müssen. Die taktisch vorteilhafte Standortwahl der zusätzlichen Strahlrohre soll die Ausbreitung des Brandes verhindern und Probleme durch Hindernisse kompensieren. Die massive, umfassende und weitreichende Druckluftschaumapplikation erhöht die Wahrscheinlichkeit, die Brandintensität soweit reduzieren zu können, dass ein Innenangriff zu verantworten ist.

Der Personalwechsel darf nur an den Strahlrohren erfolgen. Ein unbeobachtetes Feuer kann sich rasch wieder ausbreiten, vor allem wenn bereits Lüftungsmaßnahmen laufen.

Ein mit einer DLS 1600/4800 ausgerüstetes Löschfahrzeug ist in der Lage, gleichzeitig zwei Drehleitern mit Druckluftschaum (je 800 l/min Wasser-Schaum-Gemisch) zu versorgen. Die Injektion von Druckluft in den Förderstrom der Feuerlöschkreiselpumpe stellt eine zusätzliche Energiezufuhr dar. Ein Ausgangsdruck von 7 bis 8 bar ermöglicht brauchbare Wurfweiten und ist daher für den Betrieb eines Monitors ausreichend. Bei einer Zumischrate von 0,5% hochkonzentriertem Mehrbereichsschaummittel und einem Tankinhalt von 120 Liter muss bei einer Abnahme von 800 l/min WS-Gemisch die Ersatzversorgung mit Schaummittel innerhalb von 30 Minuten erfolgen. Ein TLF 24/50 (mit DLS-Anlage) kann mit seinem 500 Liter Schaummitteltank bei einer Abnahme von 1600 l/min WS-Gemisch ca. 60 Minuten Druckluftschaum autark abgeben.

Wird zur Industriebrandbekämpfung ausschließlich Druckluftschaum verwendet, ist eine Löschwasserrückhaltung erfahrungsgemäß nicht erforderlich [17].

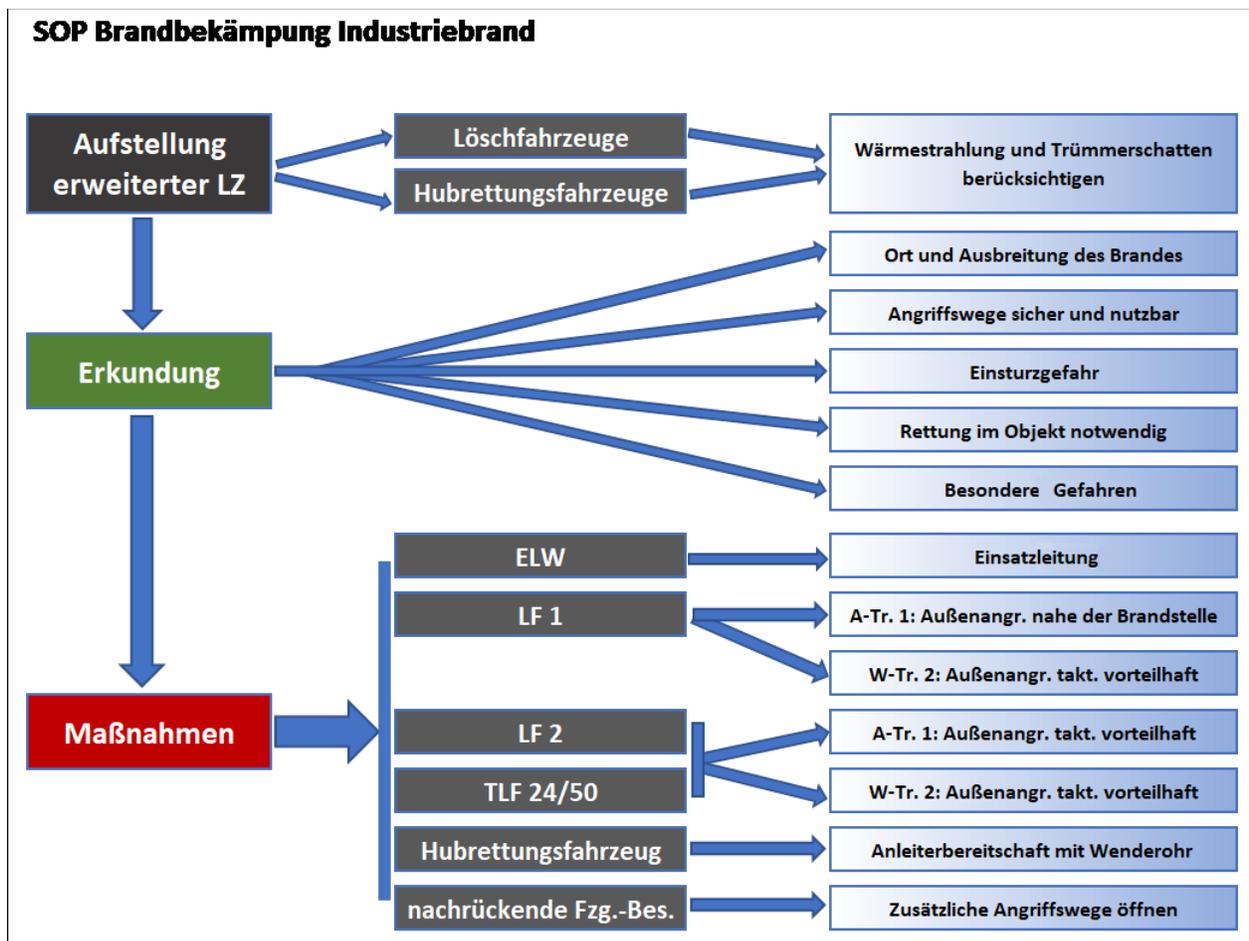


Abbildung 6: SOP bei der Brandbekämpfung eines Industriebandes. Berliner Feuerwehr, 2019.

## 7 Fazit

Das Druckluftschäum-Löschverfahren lässt sich in die bestehende Taktik problemlos implementieren. Die Brandbekämpfung aus der Distanz minimiert das Risiko der Einsatzkräfte. Die Leistungsfähigkeit der Druckluftschäum-Brandbekämpfung verbessert und stabilisiert die Situation bei Such- und Rettungseinsätzen. Bei sachgerechter Anwendung des Druckluftschäum-Löschverfahrens sind keine Löschwasserschäden zu erwarten. Die Anwendung von Druckluftschäum kompensiert keine Ausbildungsdefizite.

## Quellenangaben

- [1] Rappsilber, Krüger: Design fires with mixed-material burning cribs to determine the extinguishing effects of compressed air foams; Fire Safety Journal 98; 2018
- [2] Rappsilber, Below, Krüger: Wood crib fire tests to evaluate the Influence of extinguishing Media and jet type on extinguishing performance at close range; Fire Safety Journal 106; 2019
- [3] Stein: Empfehlung der AGBF – Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten; AGBF Bund im Deutschen Städtetag 2015
- [4] AFKzV: Feuerwehr-Dienstvorschrift FwDV 3; Einheiten im Lösch- und Hilfeleistungseinsatz; 2008
- [5] IFSTA-International Fire Service Training Association; Essentials of Firefighting; 6th Edition; Oklahoma State University; USA 2013
- [6] Hartin: Close the Door – Slide Show; CFBT (Compartment Fire Behavior Training); Course Belgium; 2015
- [7] vfdb e.V.: Technischer Bericht; Leitfaden Ingenieurmethoden des Brandschutzes; TB 04-01; 2013
- [8] Knapp, Pillsworth, Flately: Nozzle Tests Prove Fireground Realities; Part 3; Fire Engineering; 2004
- [9] Joerger: Transitional Attack: When to Use it; Fire Engineering; 2014
- [10] Fuchs, Ridder, Stiegel: Ist eine neue Einsatztaktik auch immer eine innovative Einsatztaktik; Brandschutz 9/2017
- [11] vfdb e.V.-Referat V, Arbeitsgruppe Druckluftschäum: Ergänzte Löschtaktik, Feuerwehr-Magazin; 6/2017
- [12] Dlugogorski et al.: Water Vapour as an Inerting Agent; University of Newcastle; 1997
- [13] Weever: The Renewed View on Firefighting–An evidence-based approach; Brandweeracademie; Netherlands 2018
- [14] Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz: Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau; Juli 2014
- [15] www.firetactics.com: Fire Growth & Flow-Rate; SOG5050/Issue 1/2007
- [16] Grimwood: Model SOP Standard Operating Procedure - firetactics.com; SOP 1/Version 2/2009
- [17] Föhl: Ermittlung der Anforderungen an Druckluftschäumssysteme im Löscheinsatz; Brandschutzforschungsbericht 149; FFB Karlsruhe; 2004

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Strömungspfad bei verschiedener Druckdifferenz.	4
Abbildung 2	SOP bei der Brandbekämpfung von Wohngebäuden. Berliner Feuerwehr, 2019.	9
Abbildung 3	SOP bei einem PKW-Brand. Berliner Feuerwehr, 2019	11
Abbildung 4	In der Kreismitte ist das erste Strahlrohr positioniert. Der Radius beschreibt den möglichen Arbeitsbereich des Druckluftschäumstrahles.	13
Abbildung 5	Der erste Angriffsweg ist mit einem roten Pfeil markiert. Diese Tür ist der Brandstelle am nächsten. Die weiteren optionalen Angriffswege sind die Rettungswege des Gebäudes (grüne Pfeile) bzw. die Tore der Laderampe.	13
Abbildung 6	SOP bei der Brandbekämpfung eines Industriebrandes. Berliner Feuerwehr, 2019	15