

## Hygiene im Brandeinsatz

Dieser Artikel ist der 25. in der Reihe ‚Brandbekämpfung in geschlossenen Räumen‘.

Der Titel des ersten Artikels aus dem Jahr 2010 hieß :

„Die Kenntnisse über die Innenbrandbekämpfung entwickeln sich ständig weiter“.

Dieses Thema ist aktueller denn je innerhalb der Feuerwehrdienste.

In den letzten fünf Jahren wurde eine erhebliche Menge an Wissen dazugewonnen. In Belgien wurde langsam aber sicher das Ausbildungsniveau der Feuerwehrleute immer weiter angehoben und auch im Ausland wurden zu diesem Themenbereich zahlreiche Studien durchgeführt. Ein markantes Beispiel ist hier die Forschung der amerikanischen Prüf- und Zertifizierungsgesellschaft UL, wo man jedes Jahr Summen von mehr als einer Million Dollar in Untersuchungen zum Brandverhalten und zur Brandbekämpfung investiert.

Einem Thema wurde in den Forschungsarbeiten der letzten Jahre vermehrt eine zunehmend größere Aufmerksamkeit gewidmet. Hierbei handelt es sich um die Hygiene während und nach den Einsätzen. Mit der Zeit wurde immer deutlicher, dass Brandereignisse ein ganzes Spektrum krebserregender Substanzen erzeugen. In den 80er Jahren erfolgte mit der Einführung der Atemschutzgeräte ein großer Schritt zur Vermeidung der Aufnahme dieser Stoffe über die Atemwege. Der großflächige Einsatz von Atemschutzgeräten (PA) in den Feuerwehrdiensten des Landes trug nicht nur dazu bei, dass Lungen und Atemwege der Feuerwehrleute fortan besser geschützt waren, sondern leitete auch eine bedeutende Verbesserung des allgemeinen Gesundheits-schutzes der Feuerwehrleute ein. Zurzeit wird auch der Gefahr, die von verseuchter Einsatzkleidung ausgeht, eine erhöhte Beachtung beigemessen. Es werden also verstärkt Maßnahmen getroffen, um zu verhindern, dass schädliche oder gefährliche Stoffe in den Organismus der Feuerwehrleute eindringen können.

Schädliche Substanzen können auf drei verschiedene Weisen in den menschlichen Körper gelangen :

- Durch Inhalation über die Atemwege
- Durch Berührung und Aufnahme über die Haut
- Durch Verschlucken über die Verdauungswege

Der Gefahr der Absorbierung schädlicher Stoffe über die Atemwege wird bei der Brandbekämpfung und insbesondere beim Innenangriff mit angemessenen Schutzmaßnahmen entgegengewirkt. Bei den anderen Kontaminationsmechanismen ist dies jedoch nicht der Fall.

## 1 Was produziert ein Feuer ?

Wenn man sich die Produkte, die bei einer Verbrennung entstehen, genauer ansieht, erkennt man, dass im Rauch mehrere Komponenten enthalten sind. Ein Feuer produziert demnach sowohl Gase, wie auch flüssige Stoffe und feste Bestandteile in Partikelform (Ruß).

### 1.1 Die Gase

Eine ideale Verbrennung, beispielsweise unter Laborbedingungen erzeugt, produziert lediglich zwei Gase : Wasserdampf und CO<sub>2</sub>. Wasserdampf ist ein unschädliches Gas, während es sich beim CO<sub>2</sub> um ein Gas handelt welches in kleinen Mengen in unserer ausgeatmeten Atemluft vorkommt. Ein zu hoher CO<sub>2</sub>-Anteil in der Luft führt allerdings zu gravierenden gesundheitlichen Problemen. Ein Feuer verbraucht schnell große Mengen des vorhandenen Sauerstoffs und produziert dabei CO<sub>2</sub>. In der Konsequenz bedeutet dies, dass den Menschen, die sich in der unmittelbaren Umgebung des Brandgeschehens aufhalten, immer weniger Sauerstoff zur Verfügung steht.

Der Verbrennungsprozess in einem realen Brand ist jedoch weit vom Idealzustand entfernt. Daher entstehen zusätzlich eine große Anzahl anderer Gase, von denen die meisten extrem gesundheitsschädliche Eigenschaften aufweisen. Die bekanntesten unter ihnen sind CO und HCN.

Solange die Feuerwehrleute ein Atemschutzgerät tragen, sind ihre Luftwege gegen diese schädlichen Gase geschützt. Während der Brandbekämpfung dringen die Gase jedoch auch tief in die Schutzkleidung ein. Dies bewirkt, dass die Kleidungsstücke nach dem Einsatz zu entgasen beginnen. Das heißt, die in der Kleidung eingeschlossenen Gase entweichen, steigen auf – und werden im ungünstigsten Fall vom Träger der Kleidung eingeatmet.

### 1.2 Flüssige Partikel

Abgesehen von einem komplexen Gemenge an verschiedenen Gasen, produziert ein Feuer ebenfalls Partikel in flüssiger Form. Die Anwesenheit von Wasser ist hier gleichermaßen ein fester Bestandteil, wie bei der Entstehung der Gase (Wasserdampf). Darüber hinaus können sich auch aus Pyrolysegasen und aus anderen Verbrennungsprodukten flüssige Anteile in Tröpfchenform bilden.

Diese Tropfen können sich mit dem Löschwasser vermischen. Wenn sich also während der Löscharbeiten am Boden Pfützen bilden, dann ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um eine Vermengung aus Löschwasser und schädlichen Flüssigstoffen handelt. Wenn dieses Gemisch in Kontakt mit der Brandschutzkleidung kommt, wird es vom Stoffgewebe der Kleidung absorbiert. Feuerwehrleute kommen oftmals mit völlig verschmutzter Einsatzkleidung aus einem Gebäude zum Vorschein. Neben den aufgenommenen Gasen, wird demnach auch eine gewisse Menge schädlicher Flüssigkeit durch die Kleidung absorbiert worden sein.

In manchen Fällen durchdringt die Flüssigkeit sogar die Schutzkleidung. Die Haut formt dann eine natürliche Barriere, wodurch das Eindringen der Teilchen in den Körper verhindert oder zumindest begrenzt werden soll.

### 1.3 Feste Partikel

Zusätzlich zu den bereits genannten gasförmigen und flüssigen Produkten produzieren Brände auch eine große Quantität an festen Stoffteilchen in Form von Rußpartikeln. Der Ruß setzt sich aus verschiedenen chemischen Komponenten zusammen, die auf die Beschaffenheit des Brennstoffes zurückzuführen sind. Ruß ist hochgradig krebserregend. Die Partikel sind sehr klein und können daher über einen längeren Zeitraum in der Luft schweben. Außerdem besitzen diese Teilchen die Eigenschaft sich auf der



**Bild 1** Helm und Einsatzjacke zeigen deutlich die Anwesenheit großer Mengen von Rußpartikeln (Photo: Pieter Maes)

Oberfläche der Brandschutzkleidung zu fixieren. Nach der Brandbekämpfung (und vor allem nach Beendigung der Nachlöscharbeiten) wird die Kleidung der Feuerwehrleute mit einer dünnen Schicht von Rußpartikeln bedeckt sein.

Nach dem Einsatz können diese Partikelchen wieder aufgewirbelt werden, was erneut eine akute Gefahr für Atemwege und Lungen darstellt. Darüber hinaus werden die Rußpartikel in der direkten Umgebung der Feuerwehrleute verbleiben. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Tanklöschfahrzeug. In den meisten Fällen setzen sich die Feuerwehrleute nach einem Einsatz hinten in die Mannschaftskabine des TLF's, dabei tragen sie in der Regel noch ihre verschmutzte Einsatzkleidung und transportieren somit den Ruß in das Fahrzeug. Das hat zur Folge, dass sich die Kabine auf engstem Raum mit winzigen, hochgradig krebserregenden Teilchen füllt. Bei Wind oder anderen Luftströmungen können diese Teilchen wieder aufgewirbelt werden und im schwebenden Zustand in der Umluft zirkulieren

## 2 Wie können die Feuerwehrleute sich dagegen schützen ?

In verschiedenen Ländern (Australien, USA, Kanada,...) wurden bereits Untersuchungen durchgeführt, die die Aufnahme schädlicher Stoffe durch Feuerwehrleute im Einsatz nachweisen konnten. Dazu wurden Blut- und Urinproben bei Einsatzkräften entnommen, die einen Innenangriff ausgeführt hatten. Verschiedene Lösungsansätze zum besseren Schutz vor Kontamination wurden getestet und bewertet.

### 2.1 Welche Vorgehensweisen erwiesen sich als untauglich ?

Eine mögliche Verfahrensweise zur Lösung des Problems wurde in den 2000er Jahren von den schwedischen Feuerwehren befürwortet. Die Idee sah den Einsatz eines Ventilators vor, in dessen Wind sich die Feuerwehrleute nach dem Einsatz stellen sollten. Der simple Gedanke dahinter war, dass der Luftstrom des Ventilators alle Partikelchen und Gase aus der Kleidung blasen würde.

Ein Jahrzehnt später wurde die Idee jedoch wieder verworfen, da eine Studie bewiesen hatte, dass sich die Anzahl gewisser krebserregender Stoffe im Urin der Feuerwehrleute, nach Anwendung dieser Methode, in besorgniserregendem Maße erhöhte. Es wurden Werte festgestellt, die bis zu sechs Mal höher lagen, als bei Feuerwehrleuten aus einer unbehandelten Kontrollgruppe. Offensichtlich bewirkt eine starke Luftströmung, dass Teilchen einfacher die Schutzkleidung durchdringen und die Hautoberfläche erreichen können. Von dort aus werden sie dann in den Körper absorbiert.

## 2.2 Ausbildungszentren – Feuerweherschulen

Die Feuerweherschulen und Ausbildungszentren haben bei der Verbesserung des Gesundheitsschutzes der Feuerwehrleute eine Vorreiterrolle übernommen, beispielsweise bei Ausbildungen mit realem Feuer. In den Schulen und Zentren wurde die Möglichkeit geschaffen, die Schutzmaßnahmen in der Leitstruktur zu verankern.

### 2.2.1 Die Einrichtung von Zonen

Hierfür wird die Analogie mit der Dekontaminationsprozedur bei Gefahrgutunfällen genutzt. In den Ausbildungszentren wird daher – in Anlehnung an die Prozedur bei Gefahrguteinsätzen – auch bei der Brandbekämpfung mit einer heißen, einer warmen und einer kalten Zone gearbeitet, um die Einsatzhygiene aufrecht zu erhalten und um auf diese Weise das Risiko einer Kontamination durch gasförmige, flüssige oder feste Verbrennungsprodukte zu minimalisieren. Die heiße Zone ist in diesem Fall das Gebäude oder die Struktur, in der das Brandereignis stattfindet. Personal, das sich in der heißen Zone aufhält, muß die komplette Brandschutzkleidung unter Atemschutz tragen. Die kalte Zone ist der Bereich in dem die Teilnehmer sich erholen und in dem die Debriefings abgehalten werden.

Niemand darf mit verschmutzter Kleidung die kalte Zone betreten.

Zwischen diesen beiden Zonen befindet sich die warme Zone. In diesem Bereich werden Atemschutzgeräte und Einsatzkleidung abgelegt. Indes mehrere Übungsdurchläufe absolviert werden müssen, wird, ebenfalls in dieser Zone, die Schutzausrüstung wieder angelegt.

### 2.2.2 Die persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Sobald ein Feuerwehrmann sein Atemschutzgerät ablegt, sind seine Luftwege nicht mehr geschützt. Vor allem die massive Anwesenheit der Rußpartikel auf der Einsatzkleidung muß als bedeutendes Risiko betrachtet werden, denn falls diese winzigen Feststoffteilchen eingeatmet werden, gelangen sie bis tief in die Lunge. Viele Feuerweherschulen bekämpfen daher dieses Risiko, indem sie die Praktikanten auffordern, eine Staubschutzmaske zu tragen, wenn sie sich mit verschmutzter Kleidung beschäftigen müssen. Die Staubschutzmaske wird nur abgelegt, um Atemschutz anzulegen und sobald ein Atemschutzgerät abgelegt wird, muß die Staubschutzmaske wieder aufgesetzt werden. Auf diese Weise ist ein permanenter Schutz gegen das Einatmen von schädlichen Teilchen gewährleistet.

Um einer Inhalation schädlicher Gase aus der Einsatzkleidung vorzubeugen, sollte diese so früh wie möglich abgelegt werden.

Indem die Ausrüstung in der warmen Zone zurückgelassen wird, wird gleichzeitig sichergestellt, dass alle Gase entweichen können, ohne dass ungeschützte Feuerwehrleute sich in unmittelbarer Nähe befinden.



**Bild 2** Laufende Vorbereitungen für eine Übung in der T-Cell. Weil ihre Brandschutzkleidung bereits verschmutzt ist, tragen die Teilnehmer Staubschutzmasken und Latexhandschuhe. Letztere wurden mit Nachdruck empfohlen, da die verwendeten Strahlrohre und Verteilerstücke « schmutzig » sind

Wenn Feuerwehrleute mit verschmutzter Einsatzkleidung und mit gebrauchten Atemschutzgeräten umgehen müssen, verschmutzen zwangsläufig auch oft ihre Hände. Winzige Feststoffteilchen oder Flüssigkeitsrückstände befinden sich oftmals auf der Haut oder unter den Fingernägeln und sind manchmal nur sehr schwer zu entfernen. Stumme Zeugen dieser „Säuberungsprozedur“ sind die zahlreichen Nagelbürsten, die von den Feuerwehrleuten unter der Dusche benutzt werden, um sich von dem Schmutz unter ihren Fingernägeln zu befreien.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, haben die Schulen und Ausbildungszentren sich für den Gebrauch von medizinischen Einweghandschuhen aus Latex entschieden. Bei jeder Manipulation von verschmutztem Material werden erst Latexhandschuhe übergestreift. Die Schmutzpartikel bleiben nun an den Handschuhen haften und die Aufnahme schädlicher Stoffe über den Kontakt mit der Hautoberfläche wird so auf ein Minimum beschränkt.

Abschließend sind die Schüler angehalten innerhalb einer Stunde nach der Schadstoffaussetzung eine Dusche zu nehmen. Die Dusche wird den größten Teil der Verschmutzung von der Hautoberfläche abspülen. Erst dann ist die Belastung der Haut endgültig beendet.

### 2.3 Die Feuerwehrdienste

Die von den Ausbildungszentren eingeführten Maßnahmen zur Verbesserung der Hygiene im Einsatz wurden bisher kaum von den Feuerwehrdiensten übernommen. Und dies obwohl bei echten Brandeinsätzen in der Regel noch bedeutend mehr schädliche Stoffe freigesetzt werden, als bei Trainingseinheiten unter realen Bedingungen. Dies lässt sich sehr gut am Beispiel von Asbest demonstrieren. Asbest ist ein krebserregender Stoff, der wegen seiner Eigenschaften als feuerfester Dämmstoff früher häufig Verwendung im Bausektor fand. Nachdem die Gesundheitsgefährdung durch Asbest bekannt und der Gebrauch in vielen Staaten untersagt wurde, stellt Asbest heutzutage hauptsächlich ein Entsorgungsproblem dar. Unternehmen, die Asbest entsorgen, sind einer sehr strengen Reglementierung zum Schutz ihrer Arbeiter und der Umgebung unterworfen.

In manchen Fällen scheut man nicht davor zurück, ein ganzes Gebäude unter Unterdruck zu setzen, um zu vermeiden, dass Asbestfasern in die Umgebung gelangen und diese

kontaminieren können. Im Dezember 2014 wurde die gesamte niederländische Stadt Roermond nach einem Brand, bei dem Asbest freigesetzt wurde, zur Sperrzone erklärt. Bevor die Stadt durch die Behörden wieder freigegeben wurde, mussten erst überall die Asbestfasern entsorgt werden. Ein Indiz für die hohe Gesundheitsgefährdung, die von diesem Stoff ausgeht.

Bei einem Brand in einem Gebäude, in dem Asbest verbaut wurde, können feine Asbestfasern freigesetzt werden. Die Teilchen werden in der Rauchdecke mitgeführt und können auf diese Weise die Kleidung und die Ausrüstung der Feuerwehrleute kontaminieren. Bei der Brüsseler Feuerwehr werden beispielsweise Pressluftatemgeräte, die zur Brandbekämpfung in einer asbestverseuchten Umgebung eingesetzt wurden, noch am Einsatzort mit fließendem Wasser abgespült. Und auch das technische Personal, das mit der Wartung der PA-Systeme beauftragt ist, rüstet sich anschließend mit einer angepassten persönlichen Schutzausrüstung aus, um die Geräte gründlich zu reinigen und zu warten.

Eine gute Methode zur Veranschaulichung der Menge schwebender, fester Teilchen in der Luft ist die Betrachtung eines Lichtstrahls während der Nachlöscharbeiten. Die Anzahl Feststoffteilchen, die im Licht sichtbar werden, ist enorm – und oftmals führen Feuerwehrleute die Nachlöscharbeiten ohne jegliche Form von Atemschutz durch.

Das konsequente Tragen von Atemschutzgeräten oder Staubschutzmasken erhöht die Sicherheit der Einsatzkräfte. Atemschutzgeräte bieten als geschlossener Kreislauf Schutz vor Gasen und Rußpartikeln. Eine Staubschutzmaske schützt nur vor Feststoffteilchen. Der Übergang vom Pressluftatmer zur Staubschutzmaske sollte dementsprechend erst nach einer gründlichen Ventilation erfolgen.

Auch der Gebrauch von Latex-Handschuhen sollte in die Arbeitsabläufe der Feuerwehren eingebunden werden. Diese Vorkehrung würde die Belastung der Hautoberfläche der Hände deutlich verringern. Zurzeit wird noch viel zu viel schmutziges Material mit bloßen Händen bewegt. Vor allem in der Kaserne fallen Arbeiten an, wie beispielsweise das Ausladen von schmutzigen Schläuchen oder gebrauchter Pressluftatmer, wodurch krebserregende Stoffe in Kontakt mit den Händen kommen. Das konsequente Tragen von Latex-Handschuhen bietet sich hier als Lösungsansatz an. Wenn es sich als unmöglich erweist, diese Maßnahme umzusetzen, müssen auf jeden Fall die Hände unmittelbar nach dem Kontakt gründlich gewaschen werden, um die Absorbierung der schädlichen Substanzen durch die Haut zu stoppen.

Die Feuerwehrdienste könnten auch mit einer Art Zonensystem arbeiten um die Kontaminierung der Fahrzeuge und der Kaserne zu vermeiden. In einigen ausländischen Feuerwehrdiensten ist es üblich, dass beschmutzte Einsatzkleidung noch am Einsatzort eingesammelt und in Plastiksäcke verpackt wird.

Die Einsatzkräfte betreten folglich die Fahrzeuge nur noch in ihrer Arbeitskleidung, die verschmutzte



**Bild 3** In einigen niederländischen Feuerwehren wird die Brandschutzkleidung noch am Einsatzort in Plastik verpackt und zur Säuberungsstelle verbacht (Photo: DigiDamco Fotografie)

Brandschutzkleidung wird am Einsatzort zurückgelassen und anschließend in eine spezialisierte (industrielle) Reinigung verbracht. Bei der Rückkehr in die Kaserne rüsten die Feuerwehrleute sich mit frischer Reservekleidung aus. Es ist nicht zu übersehen, dass diese Methode einen bedeutenden Eingriff in die Funktionsweise des Dienstes mit sich bringt. Auch die anfallenden Mehrkosten sind nicht von der Hand zu weisen. Die regelmäßige Reinigung der Einsatzkleidung und das Anschaffen der Reserveausrüstungen belasten das Budget des Dienstes (der Zone) erheblich stärker als beispielsweise der Ankauf von Latex-Handschuhen und Staubschutzmasken.

Dennoch sollte die Feuerwehr in ihrer Eigenschaft als Arbeitgeber es nicht versäumen, auf dem Gebiet des Gesundheitsschutzes am Arbeitsplatz tätig zu werden. Ähnlich, wie bei den Unternehmen, die in den 70er Jahren Asbest verarbeitet haben und sich irgendwann der Risiken bewusst wurden, setzte auch bei den Feuerwehrdiensten weltweit ein Denkprozess ein, der letztendlich dazu führte, dass den Gefahren, die von Rauch und schädlichen Substanzen bei der Brandbekämpfung ausgehen, eine immer bedeutendere Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Die asbestverarbeitende Industrie hat damals die Gesundheitsgefährdung verharmlost und geleugnet. Dies hat Jahrzehnte später noch zu zahlreichen Gerichtsverfahren durch ehemalige Mitarbeiter und Kunden geführt. Liegt es wirklich im Interesse der Feuerwehr einen ähnlichen Weg zu beschreiten ?

### 3 Quellenverzeichnis

- [1] *Lambert Karel, Health & hygiene in CFBT, 2014*
- [2] *McDonough John & Lambert Karel, CFBT-instructors course: level 2 – T-cell, 2012*
- [3] *Raffel Shan, Realistic Training – Why bother? IFIW 2013, Kroatie*
- [4] *McDonough John, Raffel Shan & McBride Peter, 3D firefighting course, 2009, Duitland*
- [5] *Smith Denise, Cardiac events in the fire service, FDIC 2011, VS*

Karel Lambert