

# Überlegungen zur Hochdruckleitung

## 1 Einleitung

Als ich mich vor 15 Jahren der Feuerwehr anschloss, wurde ich auf zwei Feuerlöschsysteme ausgebildet, dabei handelte es sich um die Arbeitsweisen mit Hochdruck und mit Niederdruck. Die Hochdruckleitung ist üblicherweise auf eine Haspel aufgerollt und in Belgien meistens 80 Meter lang. Der innere Durchmesser der Leitung beträgt 25 mm. Wenn der Maschinist an der Pumpe die richtigen Einstellungen wählt, kann eine Durchflussrate von 180 Liter pro Minute erreicht werden.

In Großstädten ist der Hochdruck ein sehr beliebtes Mittel zur Brandbekämpfung. In Brüssel kann man davon ausgehen, dass etwa 90 % der gesamten Brandereignisse mit einer oder mehreren Hochdruckleitungen gelöscht werden.

Bei dem anderen Löschsystem handelt es sich um die Niederdruckleitungen. Dieses spezielle System sieht vor, dass die Schläuche aufgerollt im Fahrzeug mitgeführt werden. In Belgien verwendet man sowohl Niederdruckleitungen mit einem 45 mm wie auch mit einem 70 mm Durchmesser. Die aufgerollten Schläuche müssen „ausgeworfen“ werden um sich

zu entrollen und anschließend über eine Kupplung miteinander verbunden zu werden. Um eine 45 mm Leitung mit einer 70 mm Leitung zu verbinden, wird ein sogenannter Verteiler genutzt. Der Durchfluss, der mit solchen Systemen erreicht wird, ist unterschiedlich und hängt stark davon ab, welches Strahlrohr am Ausgang verwendet wird.

In den letzten fünf Jahren wurden die Niederdrucksysteme signifikanten Veränderungen unterzogen : Der Gebrauch von aufgerollten Schlauchbündel, auch bekannt als "Cleveland load" oder "roundabout load", setzte sich ebenso durch, wie der Einsatz der sogenannten Kassetten, in denen sich in Buchten gestapelte und bereits aneinander gekuppelte Schläuche befinden. Der Übergang zu diesen neuartigen Systemen stieß nicht selten auf heftigen Widerstand. Viele Befürworter des Hochdrucksystems erinnerten sich an die zahlreichen Erfolge, die sie mit dieser Methode errungen hatten und sahen keinen Grund, ihre Arbeitsweise zu ändern.

In diesem Artikel werden verschiedenen Sichtweisen zu den einzelnen Methoden der Brandbekämpfung erläutert. Das Ziel ist, durch umfangreiche Information, jedem die Möglichkeit zu bieten, sich eine eigene Meinung zum Thema zu formen.

Eine wichtige Frage, die es zu beantworten gilt, ist :

*"Wollen wir ein gutes Löschsystem für die Feuer der Vergangenheit oder wollen wir ein gutes Löschsystem für die Feuer, die uns in Zukunft erwarten?"*



**Bild 1** Hochdruckhaspel in einem Fahrzeug. Unter der Haspel erkennt man einige Verteiler und Niederdruckstrahlrohre.  
(Foto: Pierre-Henri Demeyere)

## 1.1 Warum ist der Hochdruck so beliebt?

Es wäre eine Schande, 'das Kind mit dem Bade auszuschütten'. Daher sollte zuerst die Frage aufgeworfen werden, warum die Hochdrucklöschmethode sich solch großer Beliebtheit erfreut. Dafür gibt es mehrere Gründe :



**Bild 2** Gebrauch einer Hochdruckleitung bei einem Fahrzeugbrand.

(Bild : Pierre-Henri Demeyere)

Ein Hochdrucksystem ist sehr einfach zu gebrauchen. Der Schlauch wird von einer Haspel abgerollt oder gezogen. Sobald der Angriffstrupp das Feuer erreicht hat, kann der Maschinist die Leitung unter Wasser setzen. Der Löschvorgang kann somit auf schnellstem Wege eingeleitet werden. Dies vereinfacht die Brandbekämpfung bei einem Außenbrand. Hierbei wird die Hochdruckleitung sehr oft in einer geraden Linie vom Löschfahrzeug zum Feuer gezogen. Darüber hinaus ist eine Hochdruckleitung einfach zu handhaben. Ein einzelner Feuerwehrmann kann bei einem Zimmerbrand ohne Probleme eine Hochdruckleitung alleine manövrieren.

Aus der Vergangenheit lassen sich wertvolle Lehren ziehen. Bis vor kurzem gab es keine wirkliche Alternative um schnell eine Leitung in ein Gebäude zu ziehen. Niederdruckleitungen in einem Treppenhaus auszuwerfen ist dabei keine gute Option. Bei einem Feuer auf der 3. Etage eines Gebäudes erweist sich das Ausziehen einer Hochdruckleitung als weitaus zeitsparender als das Auswerfen von aufgerollten Niederdruckleitungen. Die Einführung der Schlauchpakete und Kassetten wird diesen Vorteil mehr als ausgleichen. Aufgrund gut durchdachter Systeme und durch ausreichende Übungserfahrung wird sich in manchen Situationen der Aufbau einer Niederdruckleitung sogar schneller bewerkstelligen lassen, als das Abrollen eines Hochdruckschlauches.

Eine Hochdruckleitung lässt sich allerdings auch ohne großen Aufwand wieder einziehen. Der Schlauch wird ganz einfach wieder auf die Haspel aufgerollt. Die logistischen Anforderungen sind sehr niedrig. Daher wurden nur selten Niederdruckleitungen verwendet, da diese später wieder aufgerollt, im Fahrzeug verstaut und in der Kaserne ersetzt werden mussten. Die benutzten Leitungen mussten anschließend gesäubert werden. Vom logistischen Standpunkt aus gesehen, ist der Hochdruck eine großartige Erfindung.

### 1.1.1 Kühlkapazität

Im obenstehenden Abschnitt wird erklärt, dass Hochdruckleitungen einen Durchfluss von 180 Liter per Minute erreichen. Diese Angaben können jedoch variieren. In anderen Ländern beispielsweise nutzen die Feuerwehren Hochdruckleitungen mit einem Durchmesser von 19 mm. Der Durchfluss dieser Leitungen beträgt dann lediglich 100 Liter per Minute. Eine Durchflussmenge von 180 Liter per Minute bedeutet, dass pro Sekunde 3 Liter Wasser aus dem Strahlrohr kommen. Wenn man davon ausgeht, dass ein Liter Wasser dem Feuer etwa 3 MJ Energie entzieht, ist das gleichbedeutend mit einer theoretischen Kühlkapazität von 9 MW pro Sekunde.

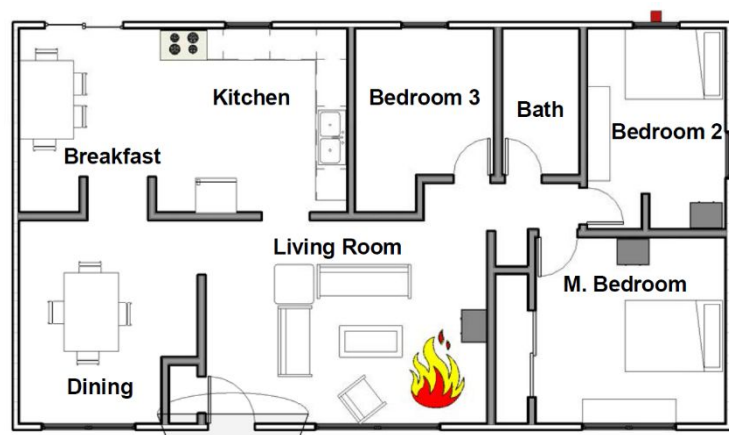
Damit diese Rechnung aufgeht müssen natürlich einige Grundvoraussetzungen gegeben sein. Es wird davon ausgegangen, dass die gesamte Wassermenge, die durch das Strahlrohr den Schlauch verlässt, eine Temperatur von 20 °C hat und dass die gesamte Menge in 300 °C heißen Dampf umgewandelt wird. In der Realität wird das nicht immer der Fall sein.

Der Dampf kann beispielsweise den Raum verlassen bevor er auf 300 °C aufgeheizt wurde. Die größte Verminderung der Kühlkapazität ist jedoch auf Wasser zurückzuführen, welches nicht genügend Energie absorbiert um zu verdampfen. Damit ist Löschwasser gemeint, dass in flüssigem Zustand vom Brandort abfließt. Dieses Wasser hat in der Regel nur etwa 11% der möglichen 3 MJ/L Energie aufgenommen. Das führt wiederum dazu, dass im Brandeinsatz die Löscharbeit meistens weitaus geringer ist als 9 MW pro Sekunde.

Die nächste Frage, die sich stellt ist: Wie gut sind die Feuerwehrleute, die das Strahlrohr bedienen? Diese Frage trifft auf beide Systeme zu, Hoch- und Niederdruck. Wie effizient wird gearbeitet? Diese Fragen sind sehr schwer zu beantworten. Es wurden umfangreiche Nachforschungen in diesem Bereich durchgeführt und sie alle kamen zu dem Ergebnis, dass die Leistung der Feuerwehrleute im Einsatz stark von der Qualität des benutzten Materials abhängt. Mit einem guten Strahlrohr lässt sich eine höhere Effizienz erreichen. Auch das ist einer der Gründe, weswegen der Hochdruck so beliebt ist. Als das Hochdrucksystem Einzug in den Arbeitsalltag der Feuerwehr hielt, verfügten die Niederdrucklöschsysteme lediglich über alte standardisierte Strahlrohre. Die Beschaffenheit der Tropfen, die von diesen Rohren geformt wurden, war absolut mangelhaft. Durch den höheren Betriebsdruck produzierten die Hochdruckstrahlrohre bedeutend feinere Tröpfchen, was zu einem effizienteren Ergebnis führte. Plötzlich war es für die Feuerwehrleute möglich, mit dem kleineren Durchfluss des Hochdrucksystems die gleiche Wirkung zu erzielen, wie mit dem viel höheren Durchfluss einer Niederdruckleitung.

Natürlich ist die Effizienz der Löscharbeiten auch immer von der Art des Feuers abhängig, welches es zu bekämpfen gilt. Es ist bedeutend einfacher ein gutes Resultat zu erzielen, indem man Wasser in ein vollentwickeltes Feuer abgibt, als wenn man es mit einem kleinen Schwelbrand zu tun hat.

Nehmen wir einmal an, dass Feuerwehrleute mit einer 75% Erfolgsquote einen starken Wohnungsbrand bekämpfen. Eine Hochdruckleitung könnte eine Hitzeabgaberate von 6,75 MW absorbieren. Das wäre gleichbedeutend mit einer brennenden Oberfläche von 27 m<sup>2</sup> (250 kW/m<sup>2</sup>). Die Küche in Bild 3 hat eine Oberfläche von 22 m<sup>2</sup>. Das Hauptschlafzimmer unten rechts hat eine Oberfläche von 15 m<sup>2</sup>.



**Bild 3** Grundplan einer Wohnung mit klassischer Raumaufteilung. Es gibt viele getrennte Räume. Die Fläche eines jeden Raumes ist begrenzt. (Zeichnung: UL FSRI)

Der Ausdruck "burning surface area" (Brandoberflächenbereich) bezieht sich hier auf die Bodenfläche des Raumes. Jeder normal eingerichtete Raum verfügt über viele Quadratmeter Freifläche. Dabei handelt es sich um die Laufwege im Haus. Der freie Raum ist gut sichtbar in Bild 3. Die Vorgabe von 250 kW/m<sup>2</sup> ist ein guter Durchschnittswert für ein Feuer in einem herkömmlich möblierten Zimmer. Wäre der Raum mit aufgestapelten Matratzen gefüllt, dann würde die Hitzeabgaberate (Heat Release Rate) einen weitaus höheren Wert als die vorgegebenen 6,75 MW erreichen (vorausgesetzt, dass dem Feuer genügend Frischluft zur Verfügung stünde). In solchen Fällen wäre eine Hitzeabgaberate von 1 MW/m<sup>2</sup> durchaus im Bereich des Möglichen.

Und genau hier liegt der wahre Grund für die Beliebtheit der Hochdrucklöschsysteme versteckt. Der Großteil der Brände erstreckt sich über weniger als 27 m<sup>2</sup> Fläche, besonders in Wohnhäusern. In der Regel ist das Feuer auf einen einzelnen Raum begrenzt und die meisten Räume sind kleiner als 27 m<sup>2</sup>. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass der Hochdruck sich sehr gut eignet, um Brände in Wohngebäude zu bekämpfen.

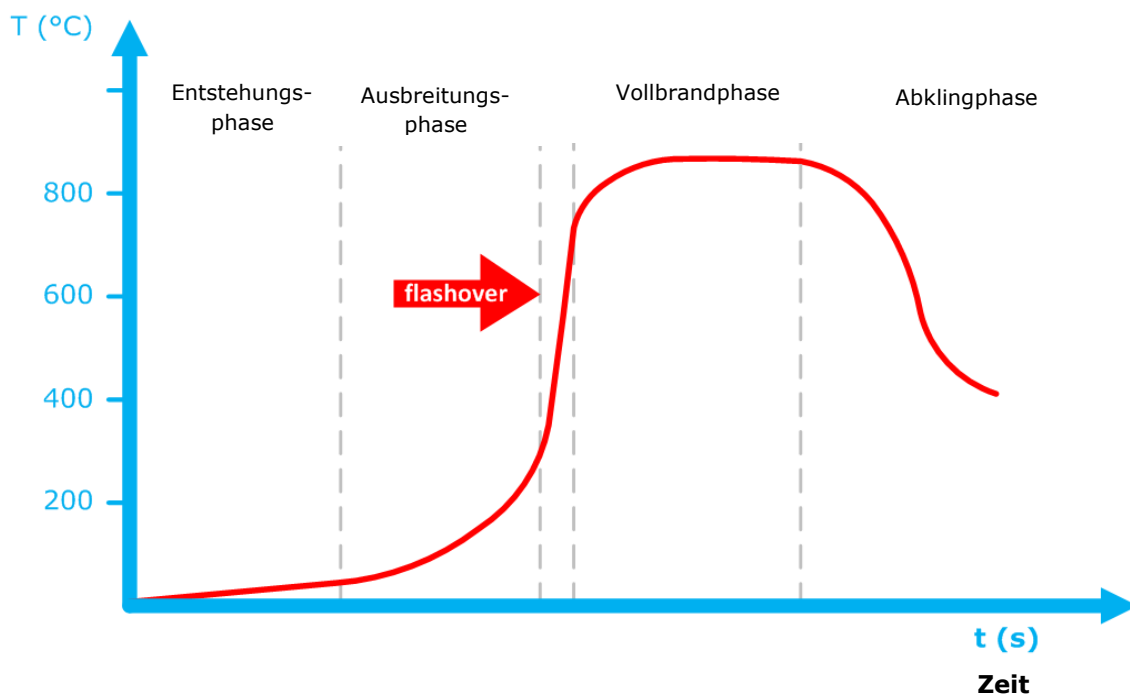
Paul Grimwood hat sehr umfangreiche Recherchen zur Ermittlung der Durchflussmengen bei Brandeinsätzen durchgeführt. In der Zeit von 2009 bis 2012 erforschte er insgesamt 5401 Brände. Dabei berücksichtigte er sowohl Feuer in Großstadtreionen wie auch Brände in kleineren Vororten. Die Studie förderte einige interessante Rückschlüsse zutage, insbesondere betreffend der Feuer, in denen ausschließlich Hochdruckleitungen verwendet wurden. Die durchschnittliche Brandausdehnung belief sich auf 7,72 m<sup>2</sup> in den Vororten und 11,14 m<sup>2</sup> in den städtischen Regionen. Es ist von höchster Wichtigkeit zu erwähnen, dass es sich bei diesen Fällen immer um Hochdruckleitungen mit einem Durchfluss von 100 Liter per Minute handelte. Bei gleicher Effizienz würde das, auf belgische Verhältnisse übertragen, einen Brandoberflächenbereich von 14 und 20 m<sup>2</sup> ergeben. Demnach wird der Hochdruck vorrangig bei kleineren Bränden eingesetzt. Für diese Feuer ist es das ideale Mittel...solange die Situation nicht außer Kontrolle gerät.

## 2 Potenzielle Probleme

In den vergangenen Jahren wurde viel unternommen, um die Feuerwehrleute im effizienten Umgang mit dem Wasser zu trainieren. Als Zielsetzung galt, mit weniger Wasser mehr zu erreichen. Aufgrund dessen wurden die Möglichkeiten der Hochdrucklöschsysteme immer weiter entwickelt.

Allerdings wächst mittlerweile innerhalb der Feuerwehr auch die Anzahl derer, die das Niederdrucklöschsystem befürworten. Warum ist das so? Sind die obenstehenden Gründe für den Einsatz der Hochdruckmethode möglicherweise nicht vollständig?

Die obenstehenden Begründungen basieren sich hauptsächlich auf Erfahrungen deren Herkunft in der Vergangenheit liegt. Menschen blicken zur Lösungsfindung halt gerne in die Vergangenheit und stellen dabei nicht selten fest, dass die Mittel und Wege, mit denen die Probleme früher bewältigt wurden, zu Recht als gute Lösungen gelten. Die Hochdrucklöschmethode war eine gute Antwort auf die Anforderungen der Vergangenheit. *Aber ist sie auch eine gute Lösung für die Feuer der Zukunft?*



**Bild 4** Der belüftete Brandverlauf. Die erste große Veränderung, die sich im Brandverhalten bemerkbar machte, betraf die beiden ersten Phasen: Die Entstehungs- und die Ausbreitungsphase. In den 50er Jahren benötigte der Ablauf dieser beiden Phasen rund eine halbe Stunde. Heute dauert die gleiche Entwicklung nur noch zwei bis vier Minuten. (Bild: Bart Noyens)

### 2.1.1 Verändertes Brandverhalten

Es dürfte mittlerweile jedem bewusst sein, dass sich das Brandverhalten während der letzten 60 Jahre stark verändert hat. Die Einführung der synthetischen Materialien nach dem 2. Weltkrieg führte zu einer viel schnelleren Brandausbreitung. In den 50er Jahren benötigte ein Feuer eine halbe Stunde um sich zum Flashover zu entwickeln. Heute dauert der gleiche Vorgang gerade einmal zwei bis vier Minuten. Oft hört man in Kursen dazu Fragen wie die Folgende: „Aber passiert das ja dann nicht eigentlich bevor die Feuerwehr überhaupt vor Ort ist...“ Richtig! Genau das ist der Fall. Aber, die Leute, die diese Frage stellen, vergessen, dass die Darstellungen des belüfteten Brandverlaufs sich fast immer auf nur einen Raum beziehen. Ein voll entwickeltes Feuer in der Küche wird möglicherweise eine Brandausbreitung auf das Wohnzimmer bewirken. Also wird es weitere zwei bis vier Minuten später auch dort zum Flashover kommen. In diesem Fall sprechen wir bereits von sechs bis acht Minuten für das zweite Phänomen. Es ist durchaus möglich, dass die Feuerwehr zu diesem Zeitpunkt bereits vor Ort ist. Im schlimmsten Fall ist bereits ein Angriffstrupp auf dem Weg durch das Wohnzimmer – kriechend unter der Rauchdecke – in Richtung der brennenden Küche. Wenn die Situation plötzlich außer Kontrolle gerät, wird es zu einer schnellen Brandausbreitung auf das Wohnzimmer kommen, in Form einer Raumdurchzündung.

Falls etwas schief geht, wird dies sehr viel schneller passieren als in der Vergangenheit. Das ist die **erste große Veränderung im Brandverhalten**.

Die Erfindung von Doppelglasfenster und die Entwicklung zu immer stärker isolierten Häusern führten zur **zweiten großen Veränderung im Brandverhalten**. In einem komplett abgedichteten Raum ist nicht mehr genügend Sauerstoff verfügbar, damit das Feuer die Vollbrandphase erreichen kann. Früher zerbarsten einzelne Glasscheiben durch die Temperatureinwirkung. Das war jedoch nicht mehr der Fall, als man begann Doppelglas zu verbauen. Diese Entwicklung in der Konstruktionsweise der Häuser und Wohnungen war die Geburtsstunde eines Phänomens, welches man bisher nur selten angetroffen hatte: Die unterbelüfteten Brände. In einem geschlossenen Raum ist die Hitzeabgaberate des Feuers durch den Sauerstoffmangel begrenzt. Dieser einigermaßen stabile Zustand kann sich sehr schnell verändern, wenn sich das Ventilationsprofil ändert. Sollte beispielsweise ein Fenster unter der enormen Temperatur nachgeben oder Feuerwehrleute eine Türe öffnen und es entsteht eine Frischluftzufuhr, dann kann der Zustand sehr schnell instabil werden. Die Frischluft wird die Verbrennung begünstigen und die Hitzeabgaberate wird ansteigen. In einer solchen Situation ist es höchstwahrscheinlich, dass sich die Bedingungen im Inneren des Objektes sehr schnell verschlechtern werden.

Eine Untersuchung zum Druckaufbau bei Bränden wurde 2016 in Finnland veröffentlicht. Durch den Umstand, dass Gebäude immer luftdichter konstruiert werden, entstehen im Brandfall immer extremere Druckverhältnisse. Der Druckanstieg geht mit dem Anstieg der Temperatur einher. Feuer erzeugt Hitze, diese heizt die vorhandenen Gase (Luft und Brandgase) sehr stark auf. Gase haben die Tendenz sich auszudehnen, wenn sie erhitzt werden. In einem geschlossenen Raum ist eine Ausdehnung jedoch nicht möglich, wodurch sich der Druck immer weiter erhöht. Bei einem der Experimente in Finnland erreichte der Druck einen derart hohen Wert, dass das gesamte Fenster (Glasscheibe mitsamt Rahmen) herausgedrückt wurde. Hierbei könnte es sich sogar um eine **dritte große Veränderung im Brandverhalten** handeln. Während der Ausbreitungsphase wird durch den Druckanstieg (also durch das Feuer selber) plötzlich eine große Öffnung geschaffen, durch die enorme Mengen an Frischluft zum Feuer gelangen können. Auch diese Darstellung erklärt die fatale Geschwindigkeit, mit der sich bei modernen Bränden eine eben noch stabile Situation plötzlich zum Nachteil der Einsatzkräfte verändern kann.

### 2.1.2 Wind Driven Fires

Im Jahr 2009 veröffentlichte die amerikanische Forschungsagentur NIST eine umfangreiche Studie zu den Wind Driven Fires (windgesteuerte Feuer). Unter gewissen Windbedingungen kann ein Feuer sich absolut unberechenbar verhalten. Die Untersuchung wurde aufgrund mehrerer tödlicher Unfälle bei der Bekämpfung von Hochhausbränden durchgeführt. Es zeigte sich, dass das Auftreten von Wind die Hitzeabgaberate eines Feuers wesentlich steigert, was wiederum enorm hohe Temperaturen verursacht. Der Wind kann gleichzeitig dafür sorgen, dass die heißen Brandgase mit hoher Geschwindigkeit in Richtung des Angriffstrupps gedrückt werden. Im Falle einer starken Windströmung, welche auf ein Fenster trifft, wird die Glasscheibe in einer ersten Phase den Wind daran hindern Einfluss auf das Feuer zu nehmen. Dies ändert sich augenblicklich in dem Moment, in dem die Scheibe nachgibt und zerbricht. Ab diesem Zeitpunkt wird das Feuer windgesteuert und somit unberechenbar. Eine Situation, die gerade noch vollständig im Griff war gerät plötzlich völlig außer Kontrolle. Im Gegensatz zu dem was in Belgien in solchen Fällen üblich ist, wird in den Vereinigten Staaten jeder tödliche Unfall, bei dem Feuerwehrleute betroffen sind, genauestens untersucht. Dabei wurde erkannt, dass in den letzten Jahren mehrere Feuerwehrleute ihr Leben bei einem Wind Driven Fire in einem flachen, normalen Haus verloren. Es handelt sich daher um ein Risiko, das überall auftreten kann.

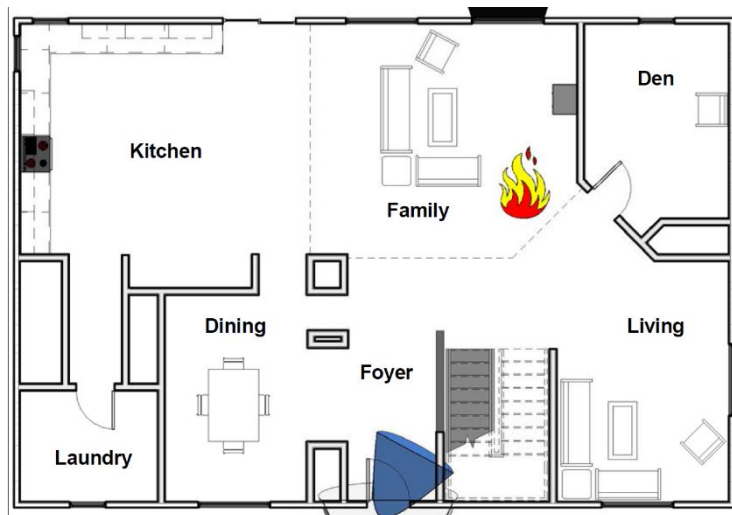


### 2.1.3 Neuartige Architektur in den Gebäuden

Vom architektonischen Gesichtspunkt aus gesehen, gab es ebenfalls einige signifikante Veränderungen. In der Vergangenheit wurden Wohnungen in viele separate Räume aufgeteilt. Es gab zum Beispiel eine Küche und ein Wohnzimmer und manchmal war sogar das Wohnzimmer nochmal in Wohn- und Esszimmer unterteilt. Jeder dieser Räume war kleiner als 27 m<sup>2</sup>. Eine Hochdruckleitung war das ideale Instrument um ein solches Feuer wirkungsvoll zu bekämpfen. Bild 3 stellt solch eine Situation perfekt dar. Wenn im Wohnzimmer ein Feuer ausbricht, wird dieses sich schnell zu einem Flashover entwickeln, vorausgesetzt es ist genügend Sauerstoff anwesend oder verfügbar. Anschließend wird es eine Weile dauern, bis ein Brandübergriff auf andere Räume stattfindet. Das Feuer wird durch die Wände an der Ausbreitung gehindert. Die Türen bilden in dieser Phase einen entscheidenden Faktor, es hängt viel davon ab, ob sie geschlossen sind oder offen stehen. Wenn sie geschlossen sind, werden sie das Feuer eine Zeit lang aufhalten, bei offenstehenden Türen können die heißen Brandgase ungehindert in die angrenzenden Räume strömen. Der begrenzende Effekt der Mauern wird dadurch stark vermindert.

In modernen Wohnunterkünften und Appartements findet sich fast immer eine offene Küche. Das Wohnzimmer und der offene Küchenbereich bilden einen einzigen, großen Raum. In vielen Wohnungen übersteigt die Fläche dieses Raumes 27 m<sup>2</sup>. Das lässt sich auf einen Blick erkennen, wenn man Bild 3 mit Bild 5 vergleicht.

In modernen Behausungen sind große, offene Räume sehr beliebt. Sie bieten den Bewohnern eine komfortablere Lebensweise und eine höhere Wohnqualität, führen aber auf der anderen Seite dazu, dass sich die Ausmaße der Räume erheblich vergrößern. Daraus resultierend wird die Feuerwehr immer öfter mit Bränden konfrontiert werden, die sich nicht länger auf sichere Weise mit einem Hochdruckstrahlrohr bekämpfen lassen.



**Bild 5** Raumaufteilung im Erdgeschoß eines modernen Appartements. Küche und Wohnzimmer bilden hier einen einzigen, großen Raum. Das Wohnzimmer besteht aus einer gemütlichen Sitzecke (unten rechts) und ist mit dem Salon verbunden, der wiederum einen gemeinsamen Raum mit der Küche bildet. Auf diese Weise bilden alle drei Räume einen einzigen, großen Wohnbereich.

(Zeichnung: UL FSRI)

#### 2.1.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, dass während der letzten Jahre mehrere verschiedene Probleme bei der Brandbekämpfung entstanden sind:

- Ein Feuer entwickelt sich bedeutend schneller als in der Vergangenheit
- Bei unterbelüfteten Feuern kann das Schaffen einer neuen Öffnung eine plötzliche schnelle Brandausbreitung auslösen
- Es bestehen immer noch Fragen bezüglich der Druckverhältnisse während eines Brandes
- Windgesteuerte Feuer führen zu einem deutlichen Anstieg der Hitzeabgaberate
- Die immer häufiger anzutreffende offene Bauweise von Wohnungen kreiert mehr und mehr große, offene Wohnflächen, was im Brandfall zu bedeutend größeren Feuern führen kann.

Jedes einzelne dieser Probleme besagt, dass ein Feuer von einem Moment auf den anderen sehr viel größer werden kann. In einem Brand können sich die Bedingungen jederzeit urplötzlich zum Nachteil der Einsatzkräfte verändern. Bei einem Innenangriff dauert es mehrere Minuten um in völliger Dunkelheit die Distanz zwischen der Eingangstüre und dem Feuer zu überwinden, beziehungsweise um sich in eine Position zu bringen, von der aus sich das Feuer angreifen lässt. In dieser Zeitspanne kann sich die Gesamtsituation drastisch verändern. Ein Feuer, das gerade eben noch mittels Hochdruck bewältigt werden konnte, benötigt möglicherweise nur wenige Minuten später eine ungleich größere Menge an Kühlleistung. Und sollte diese Kühlleistung nicht sofort zur Verfügung stehen, dann kann sich dies innerhalb kürzester Zeit zu einer sehr gefährlichen Situation für den Angriffstrupp entwickeln.

Die Feuer in der Zukunft werden sich viel schneller ausbreiten, als es die Brände der Vergangenheit jemals getan haben. Die obenstehend angeführten Probleme waren in der Vergangenheit fast gänzlich unbekannt. *Die Hochdruckleitung war eine sehr gute Lösung für die Feuer jener Zeit.* Und auch für die Brände von heutzutage ist sie immer noch ein wertvolles Werkzeug vorausgesetzt, dass es während des Innenangriffs nicht zu großen und plötzlichen Veränderungen im Verbrennungsprozess kommt.

Ein treffender Vergleich lässt sich hier zum Tragen eines Sicherheitsgurtes im Auto ziehen. Heutzutage legt jeder Fahrer seinen Sicherheitsgurt an, denn es ist kein Geheimnis, dass das Tragen des Gurtes die Überlebenschancen bei einem Verkehrsunfall wesentlich erhöht. *Ein Feuer mit einer Hochdruckleitung zu bekämpfen ist so, als ob man 120 km/h auf der Autobahn fahren würde, ohne den Sicherheitsgurt anzulegen.* Die meisten Menschen werden ihr gesamtes Leben lang über Autobahnen fahren, ohne jemals in einen Unfall zu geraten. Also hätten sie auch ebenso gut ohne Sicherheitsgurt fahren können und sie hätten trotzdem deswegen niemals eine schlechte Erfahrung gemacht. Eine kleine Anzahl Menschen gehört jedoch zu den Unglücklichen, die das Pech haben bei hoher Geschwindigkeit in einen Unfall verwickelt zu werden. Für diese Leute wird es eine Entscheidung über Leben oder Tod sein, ob sie ihren Gurt angelegt hatten oder nicht.



Das Beispiel lässt sich auf die Arbeit der Feuerwehr im Einsatz übertragen. Der Großteil der Brände kann mit einer Hochdruckleitung unter Kontrolle gebracht werden. Lediglich ein kleiner Anteil der Feuer kann nicht auf diese Weise gelöscht werden - und das Problem besteht darin, dass wir niemals wissen, was für ein Feuer uns erwartet oder wie sich die Dinge entwickeln.

In der Zukunft wird es immer öfter geschehen, dass die Feuerwehren beim Eintreffen vor Ort eine harmlos erscheinende Situation vorfinden. Die erste Einschätzung wird auf ein Feuer schließen lassen, das mittels Einsatz einer Hochdruckleitung gelöscht werden kann. Es ist in den meisten Fällen auch die richtige Einschätzung, der Einsatz kann problemlos mit einer Hochdruckleitung angegangen werden. Die Situation wird erst später, während des Einsatzes, plötzlich kippen und die Dinge werden anfangen falsch zu laufen. Das kann mit einem der obenstehenden Szenarios zusammenhängen oder mit einem bisher noch gar nicht erkannten Problem. Das Einzige, das wir mit Sicherheit wissen, ist, dass es Feuer geben wird, vor denen eine Hochdruckleitung nicht ausreichend Schutz bietet und die mit einem Hochdruckstrahlrohr nicht mehr kontrolliert werden können. Was wir im Voraus nicht wissen können, ist, wann wir einem solchen Feuer plötzlich gegenüber stehen werden.

Ein gutes Beispiel hierfür ist ein Wohnungsbrand, bei dem die Hitzeabgaberate durch ein intaktes Fenster stark begrenzt wird. Ein leichter Wind bläst in Richtung des Brandobjektes. Bei der Ankunft lässt nichts auf ein gefährliches Feuer schließen. Alles deutet darauf hin, dass die Kühlleistung eines Hochdruckstrahlrohrs ausreichend sein wird, um die Hitzeabgaberate des Feuers mehr als auszugleichen. Diese Einschätzung passt in der Realität auf einen Brand in einem mehr oder weniger abgeschlossenen Raum. Aber alles wird sich rasend schnell verändern, wenn das Fenster im Brandraum nachgibt. Alle Voraussagen werden in diesem Moment hinfällig. Angetrieben vom leichten Wind auf der Fassade, werden große Mengen an Frischluft in das Feuer strömen. Die Hitzeabgaberate des Feuers wird sich umgehend verdoppeln. Die maximale Durchflussmenge der Hochdruckleitung lässt sich allerdings nicht verdoppeln...

Dies alles mag zwar überzogen klingen, es sind aber dennoch besorgniserregende Fakten in Bezug auf die Sicherheit der Feuerwehrleute im Innenangriff. Manche Crews sind sehr kompetent im Gebrauch der Hochdruckleitung und arbeiten äußerst effektiv mit diesem Gerät. Aber das bedeutet auch, dass es keinen Sicherheitsspielraum mehr gibt. Denn wenn man ein Löschesystem am obersten Limit einsetzt, dann kann man nicht mehr reagieren, wenn die Situation außer Kontrolle gerät und man plötzlich wesentlich mehr Kühlleistung benötigt.

*"Feuer mit einer Hochdruckleitung zu bekämpfen ist so, als ob man 120 km/h auf der Autobahn fahren würde, ohne den Sicherheitsgurt anzulegen"*

### **3 Mögliche Lösungen**

Im vorherigen Abschnitt wurde eine Anzahl von Problemen angeführt, auf die ein Feuerwehrdienst heutzutage treffen kann. Auf der anderen Seite gibt es auch Lösungen. Allerdings verlangen diese Lösungen auch gewisse Investitionen. Geräte müssen angeschafft oder angepasst werden. Training und Übungen sind ebenfalls wichtig. Diese werden leider allzu oft vernachlässigt. Anfängliches Training und regelmäßige Übungen sind nötig, sicherlich dann, wenn die nachfolgenden Lösungen angewandt werden sollen.

### 3.1 Schlauchbündel

Die Schlauchbündel und Trageboxen (Kassetten) werden in weiten Teilen Belgiens bereits seit längerem genutzt. Nachdem sie 2009 erstmals in Erscheinung traten, kamen sie seitdem in immer mehr Feuerwehren zunehmend zum Einsatz. Der große Vorteil aller Niederdrucksysteme ist die höhere Durchflussrate. Durchflussraten von Niederdrucksystemen, die eine 45 mm Leitung nutzen, sind mindestens doppelt so hoch, wie der höchstmögliche Durchfluss einer Hochdruckleitung (180 L/Min.). Die Kühlleistung ist daher beim Einsatz von Niederdrucksystemen ebenfalls doppelt so hoch, als beim Hochdruck.

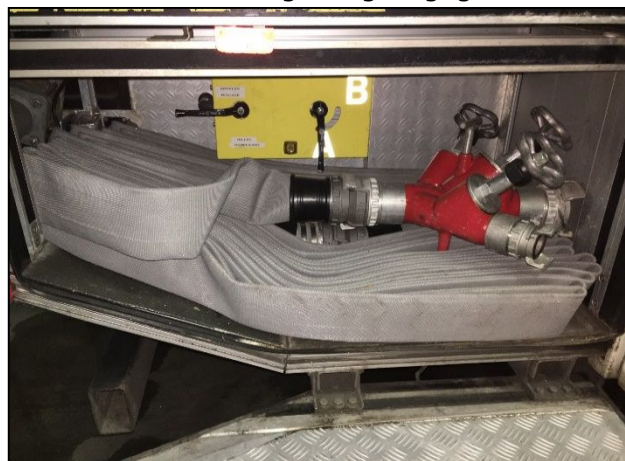
In einer Situation in der eine Hochdruckleitung an ihre Grenzen stößt, ist eine Niederdruckleitung erst bei der Hälfte ihres gewöhnlichen Leistungsvermögens.

Den Feuerwehrleuten steht damit die doppelte Menge Wasser zur Verfügung. Dadurch entsteht ein Ermessensspielraum in Sachen Sicherheit, den es bei den Hochdrucksystemen in der Form nicht gibt. Natürlich muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass eine Niederdruckleitung nicht die Patentlösung für alle Probleme ist. Auch die Kühlkapazität eines Niederdruckstrahlrohrs ist irgendwo bei einem Wert zwischen 15 und 20 MW limitiert.

Schlauchbündel und Kassetten machen darüber hinaus den Aufbau einer Niederdruckleitung bedeutend einfacher. Die Beweglichkeit einer 45 mm Leitung ist zwar immer noch weitaus geringer als bei einer Hochdruckleitung, aber die Geschwindigkeit des Aufbaus hat sich durch die Schlauchbündel und Kassetten stark gesteigert gegenüber dem alten System mit den aufgerollten Schläuchen. Ein wichtiger Punkt dabei ist, dass die 70 mm Leitung in einem Zickzackmuster gefaltet und bereits am Verteiler angeschlossen, im Fahrzeug mitgeführt wird. Der (Unter)Offizier platziert den Verteiler an der Stelle wo er/sie die Schlauchbündel oder Kassetten angeschlossen haben möchte. Besonders der Einsatz von Kassetten im Gebäudeinneren ermöglicht ein schnelleres Vorrücken als beim Ausziehen einer Hochdruckleitung. Denn bei einem Schlauch, der von einer Hochdruckhaspel gezogen wird, steigern sich die Reibungskräfte immer mehr, je weiter sich der Strahlrohrführer von der Haspel entfernt.



**Bild 6** Die verschiedenen Komponenten der Schlauchbündel- und Kassettsysteme. Die 70 mm Leitung ist an einen Drei-Wege-Verteiler gekuppelt. Das Bild zeigt, wie der, in der Kassette geschichtete Schlauch, an den Verteiler angeschlossen wird. Am Angriffspunkt wird später ein gelbes Schlauchbündel an den Schlauch aus der Kassette gekuppelt. (Foto: Karel Lambert )



**Bild 7** Ein 70 mm Schlauch, in engen Buchten gefaltet und an einen 3-Wege-Verteiler angeschlossen, steht für eine bedeutende taktische Verbesserung, die auf einfache Weise, ohne das Fahrzeug umzurüsten, erzielt werden kann. (Foto: Steve Viaene)

Beim Ablegen des Schlauches aus einer Kasette entstehen keine Reibungskräfte. Im Gegenteil: Das Gewicht der Kasette vermindert sich, je weiter der Trupp vorrückt. Überdies muss der Angriffstrupp beim Einsatz einer Hochdruckleitung am Angriffspunkt eine Schlauchreserve vorsehen, damit der anschließende Innenangriff ohne Unterbrechung durchgeführt werden kann und nicht aufgrund von fehlender Schlauchlänge ins Stocken kommt. Dieses letzte Stück wird sehr schwer zu bewältigen sein, denn dann sind die Reibungskräfte am Höchsten. In den neuartigen Niederdrucksystemen werden am Angriffspunkt die gelben Schlauchbündel an den Schlauch aus der Kasette gekuppelt, sodass unverzüglich 20 bis 40 Meter zusätzliche Schlauchlänge zur Verfügung stehen. Der Angriffstrupp braucht die Bündel nur dort abzulegen, wo sie angeschlossen werden sollen.

### 3.2 38 mm

Die Beweglichkeit der Schläuche könnte noch erhöht werden. In Belgien wurde irgendwann die Entscheidung getroffen, zwei Durchmesser als Standardmaße für die Niederdruckleitungen zu verwenden: 45 und 70 mm. Andere Länder verwenden andere Maße. In Großbritannien beispielsweise wird oftmals mit 52 mm Leitungen gearbeitet. Australische Feuerwehren wiederum bevorzugen einen Durchmesser von 38 mm für die Erstangriffsleitung.

Die Frage, die sich stellt, ist: *"Welchen Durchmesser brauchen wir?"*

Der benötigte Durchmesser hängt in der Regel von verschiedenen Parametern ab:

- Die Länge, die ausgelegt werden soll
- Die Durchflussrate, die erreicht werden soll
- Die Leistung der Pumpe

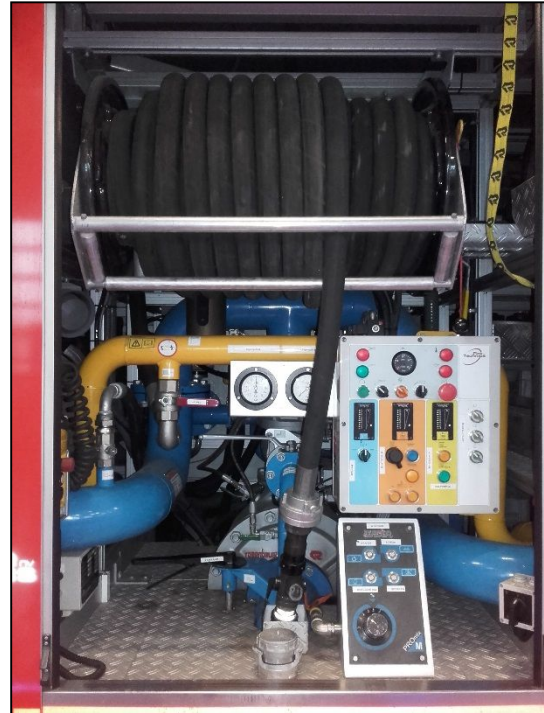
Die Pumpe muss nicht nur in der Lage sein, die benötigte Durchflussrate zu liefern, sondern dies auch mit einem Druck, der ausreichend hoch ist, um die Reibungskräfte in der Leitung zu kompensieren und einen akzeptablen Arbeitsdruck am Ausgang des Strahlrohrs zu gewährleisten. Die Durchflussrate bei 45 mm Leitungen liegt irgendwo zwischen 400 und 500 Liter per Minute.

Eine 38 mm Leitung kann diese Durchflussmengen auch erbringen. Die Druckverluste sind allerdings etwas höher, wobei dieser Nachteil durch einen höheren Ausgangsdruck an der Pumpe wieder ausgeglichen werden kann. Die Zielsetzung ist weiterhin der vorrangige Einsatz von 70 mm Leitungen, um den größten Teil der Entfernung zwischen Pumpe und Feuer zu überwinden. Diese Arbeitsweise begrenzt die Druckverluste auf ein Minimum.

Obwohl sie die gleiche Durchflussrate erreicht, wiegt die 38 mm Schlauchleitung nur 71% des Gewichts einer 45er Leitung. Da der Schlauch dünner und leichter ist, ist er auch ein wenig beweglicher. Eine solche Leitung lässt sich ähnlich wie eine Hochdruckleitung handhaben. Ein Niederdrucksystem, welches 38 mm Leitungen verwendet, bietet daher das Optimum aus beiden Verfahren: Die Beweglichkeit eines Hochdruckschlauches und die Durchflussrate einer Niederdruckleitung.

### 3.3 Niederdruckhaspel

Die Einfachheit und Leichtigkeit, mit der sich eine Schlauchleitung von einer Haspel abrollen lässt, bleibt ein wertvoller Vorteil bei Fahrzeug- oder Abfallbränden. Bei Außenbränden und über kurze Distanzen bleibt der Hochdruck somit die schnellere Variante, auch wenn für den Aufbau der Niederdruckleitung Bündel und Kassetten benutzt werden. Dies ist ein Vorteil, den wir nicht aus den Augen verlieren sollten, bei der fortwährenden Suche nach besseren Mitteln und Wegen zur Brandbekämpfung. Der größte Vorzug des Hochdrucks ist, dass eine Schlauch von einer Haspel sehr schnell abgerollt und zu und einer geraden Leitung ausgezogen werden kann. Diese Taktik wird oft bei Außenbränden angewandt. Besonders über kurze Distanzen bietet eine Haspel große Vorteile. Wenn es sich jedoch um größere Entfernungen geht (40 bis 80 Meter), fallen diese Vorteile den einsetzenden Reibungskräften zum Opfer.



**Bild 8** Niederdruckhaspel hinten im Fahrzeug (Foto: Jean-Claude Vantorre)

Aufgrund der schnellen Verfügbarkeit bei Außenbränden, haben verschiedene Feuerwehren beschlossen, Niederdruckhaspeln in ihre Fahrzeuge einzubauen. Dazu wurde eine halbstarre Schlauchleitung mit einem Durchmesser von 38 mm auf eine Haspel montiert. Es handelt sich um das gleiche Prinzip wie bei der Hochdruckleitung, nur dass der Durchmesser des Schlauchs größer ist. Allerdings ist die Schlauchlänge mit nur 40 Metern sehr viel kürzer als beim Hochdruck. Das erlaubt das schnelle Eingreifen beispielsweise bei einem Autobrand – was jedoch auch mit der Hochdruckleitung möglich wäre. Der Unterschied ist, dass durch den größeren Durchmesser eine höhere Durchflussrate von bis zu 400 Liter pro Minute erreicht werden kann. Auch in diesem Fall wurde also die bestmögliche Kombination aus beiden Methoden gewählt: Hohe Durchflussrate und schnelle Einsatzmöglichkeit.

## 4 Schlussgedanken

Die Welt um uns herum verändert sich immer schneller. Diese Veränderungen verursachen regelmäßig Probleme. Dann obliegt es der Feuerwehr um auszurücken und Lösungen für diese Probleme zu finden. Im Laufe der Zeit wurde die Feuerwehr daher sehr geschickt in der Lösungsfindung. Aufgrund der schnellen Entwicklung sind jedoch gute Lösungen der Vergangenheit nicht länger geeignet um Probleme der Zukunft zu bewältigen

In diesem Artikel wurde erklärt, wie es dazu kommen konnte, dass der Hochdruck so geschätzt wird. Es wurden aber auch Situationen beschrieben, in denen die niedrige Durchflussrate eben jenes Systems zur Gefahr für den Angriffstrup werden kann.

In naher Zukunft werden die Feuerwehrdienste sicherlich wieder mit neuen Problemen zur Brandbekämpfung konfrontiert werden. Und wie immer wird die Feuerwehr die richtigen Antworten auf alle Fragen liefern. Vielleicht kommen einige der in diesem Artikel beschriebenen Methoden als gute Lösungsansätze in Betracht, vielleicht werden aber auch völlig neue und bislang unbekannte Wege beschritten. Wichtig ist, dass alle Lösungen und Konzepte schnell, effektiv und vor allem sicher sind...

## 5 Quellennachweis

- [1] *Grimwood Paul (2015) A study of 5401 UK building fires 2009-2012 comparing firefighting water deployments against resulting building fire damage, PhD dissertation, Glasgow Caledonian University*
- [2] *Rahul Kallada Janardhan (2016), Fire induced flow in Building Ventilation Systems, Master's thesis, Aalto University, Finland*
- [3] *Madrzykowski Daniel & Kerber Steven (2009), Evaluating firefighting tactics under wind driven conditions, NIST*
- [4] *Lambert Karel (2010) Wind Driven Fires, De brandweerman*
- [5] *Jean-Claude Vantorre, innovator at the fire service, personal communication, 2009-2016*