

Die Feuerwehr hätte Besseres verdient

1 Die Problematik

Krebserkrankungen bei Feuerwehrleuten sind in den letzten Jahren zu einem nicht mehr weg zu leugnendem Problem geworden. In manchen Diensten und in einigen Ländern ist sogar bereits die Rede von einer regelrechten Epidemie. Daher werden stets mehr Untersuchungen und Nachforschungen durchgeführt, um herauszufinden, wie die hohe Krebsrate bei Feuerwehrleuten entsteht und was dagegen zu unternehmen ist.

Es gibt offenbar große Unterschiede zwischen den einzelnen Diensten, was die Häufigkeit der Erkrankungen betrifft. Das wirft die Frage nach dem „Warum“ auf. Wie kann es sein, dass in manchen Feuerwehrdiensten eine höhere Krebsrate festgestellt wird, als in anderen? Es ist mittlerweile auch kein Geheimnis mehr, dass manche Krebsarten bei Feuerwehrleuten bedeutend häufiger auftreten, als beim Rest der Bevölkerung. Auch hier tappt man bei der Ursachenforschung immer noch im Dunkeln.

Es bestehen daher eine ganze Reihe von Hypothesen zu dieser Thematik. Eine davon basiert auf der Erkenntnis, dass bei einem Brand zahlreiche gesundheitsschädliche und krebserregende Substanzen produziert werden.

2 Die Feuerwehr hätte Besseres verdient

Die Feuerwehr ist oftmals das Spiegelbild einer sich schnell verändernden Gesellschaft. Es stellt die Feuerwehr jeden Tag aufs Neue vor große Herausforderungen, um mit dieser rasanten Entwicklung Schritt zu halten.

Da sind so viele Dinge, die wir nicht wissen. Aber....die Feuerwehr hätte Besseres verdient! Wir benötigen dringend Aufklärung und ein besseres Verständnis dieser überaus gefährlichen Nebenerscheinungen der Brandbekämpfung. Es sollte diesbezüglich deutlich mehr angepasste Untersuchungen geben und deutlich zielgerichtete Forschung betrieben werden. Es geht sich hierbei nicht nur um Krebserkrankungen bei der Feuerwehr, die Resultate wären auf die gesamte Bevölkerung übertragbar.

Die Krebserkrankungen und die Problematik der Schutzmaßnahmen (Handschuhe, Staubmaske, Dekontamination, CO₂-Reinigung,...) sind nur zwei der vielen Bereiche in denen unabhängige Untersuchungen dringend vonnöten wären.

2.1 Wissenschaftliche Aufarbeitung von Feuerwehreinsätzen

In einigen Ländern werden ausgedehnte Untersuchungen zu operationellen Themen durchgeführt. Das bekannteste Beispiel dafür ist das Underwriters Laboratories Firefighter Safety Research Institute (UL FSRI). Auf deren Webseite, www.ulfirefightersafety.org, lässt sich sehr viel Material zu verwandten Themen finden. In den letzten Jahren investierte das Institut Millionen von Dollar in Forschungsarbeit rund um die Brandbekämpfung. Die Resultate dieser Untersuchungen lassen sich sogar gratis einsehen oder herunterladen.



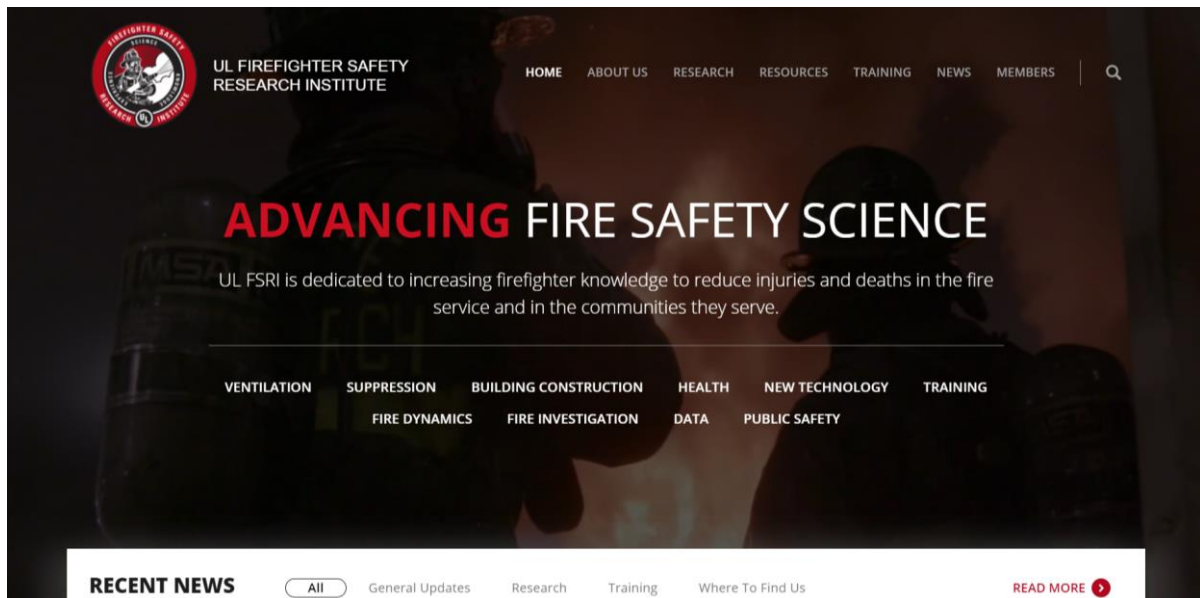


Bild 1 Die Webseite von UL Firefighter Safety Research Institute enthält eine Fülle an interessanter Informationen zur Brandbekämpfung und ihren Begleiterscheinungen (www.ulfirefightersafety.org)

Die Untersuchungen muß man allerdings im nordamerikanischen Kontext sehen. Es gibt tatsächlich große Unterschiede zwischen der amerikanischen und beispielsweise der belgischen Arbeitsweise. Dieser Umstand ist verantwortlich dafür, dass sich die Untersuchungsergebnisse nicht eins zu eins übertragen lassen. Bei einer Anwendung der Resultate auf die belgische Arbeitsweise sollte man daher sehr vorsichtig sein. Man sollte sich genauestens ansehen, wo die belgische von der amerikanischen Methode abweicht und vor allem sollte man darauf achten, ob, und wenn ja, in welchem Maße ein Unterschied Einfluß auf das Resultat der Untersuchung nehmen würde. Es ist bei weitem nicht immer so, dass eine Abweichung der beiden Systeme voneinander ein völlig anderes Untersuchungsergebnis bewirkt.

Einige wichtige Unterschiede:

- Die amerikanischen Kollegen gebrauchen ein altes Helmmodell. Dadurch werden die Unterseite des Kopfes und der Nacken weniger geschützt. Oftmals ist auch kein Hals- und Nackenschutz am Helm vorhanden. In amerikanischen Studien wurde festgestellt, dass oft die Kehlkopfregion von der Krankheit betroffen ist. Es stellt sich die Frage, ob dies auch bei unseren europäischen Helmen mit Hals- und Nackenschutz der Fall wäre.
- In Nordamerika werden sehr hohe Durchflussraten eingesetzt. Ein Innenangriff mit 800 lpm ist dort keine Seltenheit. Welchen Wert haben diese Untersuchungen, wenn man sie auf die belgische Arbeitsweise mit einer 45er Leitung (400 à 500 lpm) oder einer Hochdruckleitung (200 lpm) überträgt?
- Darüber hinaus haben dort viele Strahlrohre einen Arbeitsdruck von 3,5 bar. Das führt zu einer anderen Tröpfchengröße und zu einer anderen Verteilung der Wassertröpfchen (-> Durchmesser des Sprühkegels). Wir wissen jedoch, dass der Durchmesser der Wassertropfen ein einflussreicher Faktor für die Wärmeübertragung ist. Welchen Effekt würde eine andere Tröpfchengröße auf einige dieser Untersuchungen haben?

- Die Rauchgaskühlung ist beinahe unbekannt in den VS, auch wenn dort zurzeit grade erste verhaltene Initiativen zum Anlernen dieser Techniken das Licht der Welt erblicken. Die amerikanischen Kollegen bevorzugen den Vollstrahl, während in Europa auch der Sprühstrahl sehr oft zur Anwendung kommt (indirekter Angriff). Könnte auch dieser Umstand einen gewissen Impact auf die Ergebnisse der Untersuchungen haben?
- In Nordamerika werden die meisten Einfamilienhäuser in Holz gebaut, während in Belgien eher Ziegelsteine und Betonblöcke zum Hausbau verwendet werden. Das führt zu einer stark abweichenden thermischen Trägheit. Welchen Einfluß könnten diese Erkenntnisse auf die Untersuchungen haben und wäre der Einfluß signifikant oder könnte er vernachlässigt werden?

Es besteht also durchaus Bedarf an belgischer (europäischer) Forschung auf diesem Gebiet. Eine solche Forschung würde sich dann auf unsere eigene Arbeitsweise basieren und die Frage nach der Relevanz der Ergebnisse würde sich erübrigen. Angesichts dessen, dass unsere eigene Arbeitsweise die Grundlage der Studien bilden würde, müsste nicht mehr über den Einfluss von Faktoren nachgedacht werden, die in der Realität radikal anders sind, als in den Untersuchungen.

In den Niederlanden betreibt das IFV (Instituut Fysieke Veiligheid) als Partnerorganisation der Feuerwehrawademie ebenfalls Forschung auf diesem Fachgebiet. In den letzten Jahren wurden dort viele feuerwehrelevante Themen erforscht. So wurde beispielsweise der offensive Außenangriff als neue Arbeitsweise entwickelt. Verschiedene Methoden, um diese neue Löschmethode an die Bedürfnisse der Feuerwehroleute anzupassen, wurden miteinander verglichen. Darüber hinaus wurde in die Erforschung der Rauchgaskühlung mit verschiedenen Löschmitteln investiert. Auch theoretische Forschung wurde betrieben. Unlängst präsentierte das IFV die *Erneuerte Sicht auf die Brandbekämpfung (Hernieuwde kijk op brandbestrijding)*, in der die neuesten Erkenntnisse der Brandforschung berücksichtigt und neue Arbeitsmethoden vorgestellt werden.



Bild 2 Die niederländischen Kollegen implementieren neue Erkenntnisse in die bestehende Feuerwehrausbildung. Diese Informationen werden auch an alle bereits aktiven Feuerwehroleute weitergeleitet. (www.ifv.nl)

3 Probleme, die uns in Zukunft erwarten

Wir wissen, dass unsere Gesellschaft sich ständig verändert. Diese Veränderungen bringen neue Gefahren mit sich. Ein Vorgang, der mittlerweile einen hohen Bekanntheitsgrad bei der Feuerwehr genießt, ist der Brandverlauf, der, begünstigt durch das Verbauen von synthetischen Produkten, immer mehr an Geschwindigkeit zulegt. Steve Kerber von den UL hat diese fatale Entwicklung im Detail beschrieben.

Mit der Einführung von Doppelglas kam es zu einer weiteren bedeutenden Veränderung des Brandverhaltens und die unterbelüfteten Brände hielten Einzug in den Feuerwehraltag. Nach mehr als 7000 Jahre belüftetem Brandverlauf sah sich die Feuerwehr plötzlich mit einem völlig anderen Brandverhalten konfrontiert. Die Niederländische Feuerwehrrakademie (einmal mehr!) führte praktische Experimente in Wohnungen in Zutphen durch und beschrieb die Resultate in einem Werk mit dem Titel: *Das Blatt kann sich wenden, eine beschreibende Untersuchung der Brandentwicklung und der Überlebensmöglichkeiten bei Wohnungsbränden (Het kan verkeren, Beschrijvend onderzoek naar brandontwikkeling en overleefbaarheid van woningbranden)*.

Wo aber bleibt Belgien? Welchen wissenschaftlichen Beitrag zur Aufarbeitung von Feuerwehreinsätzen liefert unser Land? Probleme, die auf uns zukommen, gibt es deren mehr als genug :

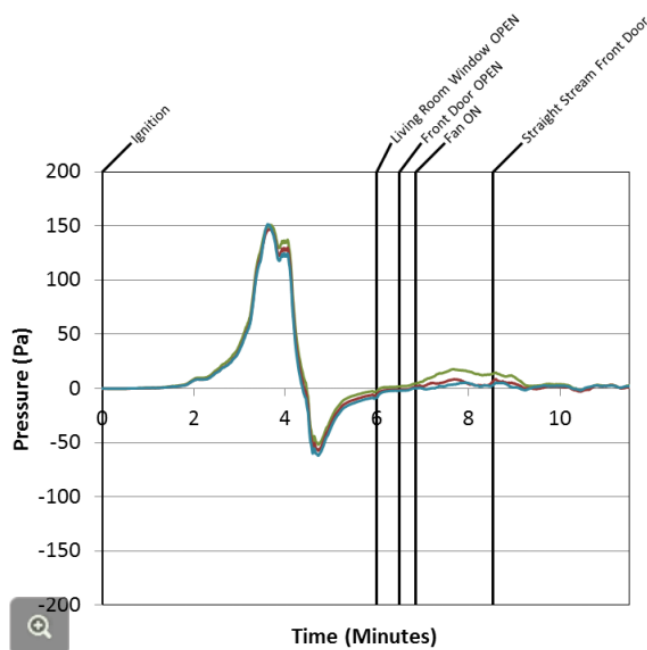


Bild 3 Grafik aus einer Untersuchung der UL, in der die Entwicklung der Druckverhältnisse bei einem Wohnzimmerbrand dargestellt wird. (© Bild: UL FSRI)

Nach der Einführung von Doppelglas wurde daran gearbeitet Wohnungen komplett luftdicht zu machen. Dies führt dazu, dass bereits in der Entstehungsphase eines Feuers ein Überdruck im Raum entsteht. Und da die Verfahren zur Abdichtung von Wohnungen immer ausgereifter werden, tritt auch das Phänomen des Überdrucks immer öfter auf.

Auf Bild 3 ist ein Experiment des UL FSRI zu sehen. Es wird die Druckveränderung in Relation zur Zeit, im Falle eines Sofabrandes in einem Wohnzimmer, wiedergegeben. Alle Türen und Fenster nach draußen sind geschlossen. Im linken Teil der Grafik sieht man das Brandverhalten, vor dem Eingreifen der Feuerwehr. Der Überdruck im Wohnzimmer steigt bis auf 150 Pa an. Wobei Pascal eine relativ

unbekannte Einheit für Druck ist. Eine einfachere Beschreibung wäre 15 kg pro m². Das bedeutet, dass auf einer Türe von 2 m² eine Kraft von 30 kg wirkt. Es gibt in der Tat Berichte, in denen beschrieben wird, dass Menschen während eines Brandes aufwachten und nicht mehr flüchten konnten, da sie die Türen nicht mehr öffnen konnten.

Experimente in Finnland mit vollständig abgedichteten Häusern führten sogar zu Überdrücken von 1600 Pa (oder 160 kg/m²). Diese Kraft reichte irgendwann aus, um ein komplettes Fenster (Rahmen und Glas) herauszudrücken. Es liegt auf der Hand, dass diese Entwicklung der Druckverhältnisse ein großes Risiko für Feuerwehrleute beinhaltet. Mehr Kenntnisse zu den Veränderungen der Druckverhältnisse bei Bränden **in Wohnungen unserer Bauart** wären daher dringend notwendig. Neben Untersuchungen zum Druck wären auch weitere Forschungen zur Reaktion der Konstruktionselemente nötig. Wie verhalten sich beispielsweise unsere Fenster im Vergleich mit denen, die beim Test in Finnland verwendet wurden?

In Belgien werden die Fenster oftmals *per Innenanschlag* montiert. Das bedeutet, dass das Mauerwerk etwa fünf Zentimeter vor dem Fenster steht. Durch diesen Umstand erscheint es eher unwahrscheinlich, dass ein komplettes Fenster herausgedrückt wird. Es sei denn, der Fensterrahmen würde durch die thermische Belastung derart geschwächt, dass er seine Stabilität nicht mehr bewahren könnte. Wie reagieren PVC-Rahmen auf Hitze? Können sie ihre mechanischen Eigenschaften erhalten oder stürzt das Fenster nach außen weg? Ein anderes Szenario nimmt Bezug auf die Glasschichten. Wie verhalten sich die Glasschichten? Auf Bild 3 ist sehr deutlich zu sehen, dass unmittelbar nach dem Überdruck ein Unterdruck entsteht. Dieses Phänomen tritt auch auf, wenn das Feuer ungehindert abbrennt und in die Abklingphase übergeht oder bei einem unterbelüfteten Feuer, dass durch Sauerstoffmangel seine Hitzeabgaberate wieder verringert. Die im Raum anwesenden Rauchgase, die sich vorher im erhitzten Zustand ausgedehnt haben, wodurch ein Überdruck entstand, ziehen sich bei Abkühlung wieder zusammen und schaffen so einen Unterdruck. Wenn die Glasschicht an der Innenseite weggeschmolzen ist, kann dadurch die gesamte Verglasung nach innen stürzen. Ob nun durch Über- oder Unterdruck ist im Ergebnis irrelevant, beide Szenarien bewirken eine drastische Veränderung des Ventilationsprofils, da plötzlich große Öffnungen zur Luftzufuhr entstehen. Der Brand baut in dem Fall erst eine hohe Temperatur auf und sorgt dann selber für die Versorgung mit Frischluft und dies möglicherweise zu einem Zeitpunkt, an dem die Feuerwehr nicht damit rechnet. Alle Elemente für einen katastrophalen Ausgang des Einsatzes sind in diesem Moment vorhanden. Auch im Jahr 2018 hat ein Großteil der Feuerwehrleute immer noch zu wenig Einsicht in die Mechanismen, die solchen Vorgängen zugrunde liegen.

Eine andere Problematik: Berichte über das sehr komplexe Brandverhalten von elektrisch angetriebenen Fahrzeugmotoren machen zurzeit die Runde bei der Feuerwehr. Immer mehr Leute haben auf YouTube eine Filmsequenz gesehen, in der veranschaulicht wird, dass ein solches Feuer nur sehr schwer zu löschen ist. *Audi Vorst* (Brüssel) hat auf seinem Werksgelände dann auch tatsächlich einen Container stehen, der im Bedarfsfall mit Wasser gefüllt werden kann. Wenn ein bereits verbauter Batteriepack in einem Fahrzeug Feuer fängt, wird das gesamte Fahrzeug im Container unter Wasser getaucht.

Tesla ist wahrscheinlich einer der innovativsten Betriebe in der Autoindustrie. Und Betriebe wollen Gewinne erzielen. Daher verlegt Tesla seine Aktivitäten nun auch in den Privatsektor. Ein Produkt, mit dem *Tesla* auf den Markt kommt, ist die Powerwall. Dabei handelt es sich um eine große Batterie (115 x 76 x 16 cm) für den häuslichen Gebrauch. Das Gerät erlaubt es, die mithilfe von Solaranlagen, gewonnene Elektrizität zu speichern. Tagsüber produzieren die Solarzellen sehr viel Elektrizität, wobei während dieser Zeit der Verbrauch eher gering ist. Abends kehrt sich diese Situation um und es wird mehr Energie verbraucht, während die Zellen wenig bis gar nichts mehr produzieren.



Bild 4 Das Unternehmen Tesla bringt eine Reihe von Geräten auf den Markt, die es ermöglichen, zuhause größere Mengen Elektrizität zu speichern. Es ist anzunehmen, dass das Brandverhalten dieser Apparate eine ähnliche Problematik aufweist, wie die Batterien von elektrisch betriebenen Fahrzeugen.

(Foto: www.mcelectrical.com.au)

In vielen Haushalten wird daher abends auf das öffentliche Stromnetz zurückgegriffen, um das Ungleichgewicht zwischen Produktion und Verbrauch auszugleichen. Das ist jedoch mit Kosten verbunden.

Zurzeit ist die Powerwall-Apparatur noch zu teuer und die meisten Menschen, die über eine Photovoltaikanlage verfügen, entscheiden sich für den Anschluss ans Stromnetz. Technologie wird jedoch immer billiger, während sich die Preise der Energieanbieter stetig erhöhen. Das wird auf Dauer zu einem Umdenken bei den Kunden führen und für mehr und mehr Menschen wird die Anschaffung von Systemen, wie die Tesla Powerwall, zur günstigeren Alternative werden. Für die Befürworter der *grünen Energie* ist das sicherlich eine fantastische Innovation. Für die Feuerwehr heißt das, dass sie früher oder später bei einem Wohnungsbrand mit einer solchen Apparatur konfrontiert wird. Wäre es klug und vorausschauend, wenn die Feuerwehrleute erst vor Ort im Einsatz herausfinden müssten, welche Konsequenzen diese Geräte in Bezug auf Einsatztaktik, Effizienz der Strahlrohre oder ganz im Allgemeinen in Bezug auf die Sicherheit und die Gesundheit der Einsatzkräfte haben?

Als weiteres Beispiel böten sich Holzkonstruktionen in Leichtbauweise an. Während diese Bauart in Nordamerika schon seit Langem großen Anklang findet, findet sie auch in unseren Breitengraden immer mehr Befürworter. Auf diese Weise ist es möglich, schnell und billig ein Haus zu errichten. Der 36ste Artikel dieser Serie befasst sich mit der Problematik, die sich daraus für die Feuerwehr ergibt. Die hauptsächliche Gefahr liegt darin, dass die Feuerwehr bei der Ankunft vor Ort nicht erkennen kann, ob es sich bei dem Brandobjekt um eine Konstruktion in Leichtbauweise handelt. Die Feuerwehrleute werden also genauso vorgehen, wie bei einem klassischen Gebäudebrand. Der Feuerwiderstand dieser Holzstrukturen ist jedoch gleich null, was in den USA zu einer Reihe von tödlichen Unfällen im Einsatz geführt hat. Werden wir mit der Bauweise auch die Unfälle importieren oder werden wir darüber nachdenken, wie sich anders und sicherer mit diesen Bränden umgehen lässt?

4 Kenntnisse verbreiten und deren Anwendung durchsetzen

Durch Untersuchungen und Forschung wissenschaftliche Erkenntnisse zu erhalten ist die eine Sache. Etwas anderes - aber genauso wichtig - ist es, diese Erkenntnisse auch zu verbreiten, sodass Jeder die Möglichkeit hat, die Resultate der Untersuchungen einzusehen und diese zu begreifen. Anschließend ist es unerlässlich, dass eventuelle Empfehlungen in den Einsatzablauf einfließen. Denn, auch wenn Jeder sowohl das Problem, wie auch die Lösung begreift, kommen wir keinen Schritt vorwärts, wenn die Hilfeleistungszonen nicht bereit sind, auch in der Praxis auf Veränderungen zu reagieren und das Verhalten im Einsatz den neuen Gegebenheiten anzupassen.

Und genau das ist bei der belgischen Feuerwehr in vielen Fällen ein ernst zu nehmendes Problem. Das folgende Beispiel greift diese Thematik auf und veranschaulicht sehr gut das Dilemma.



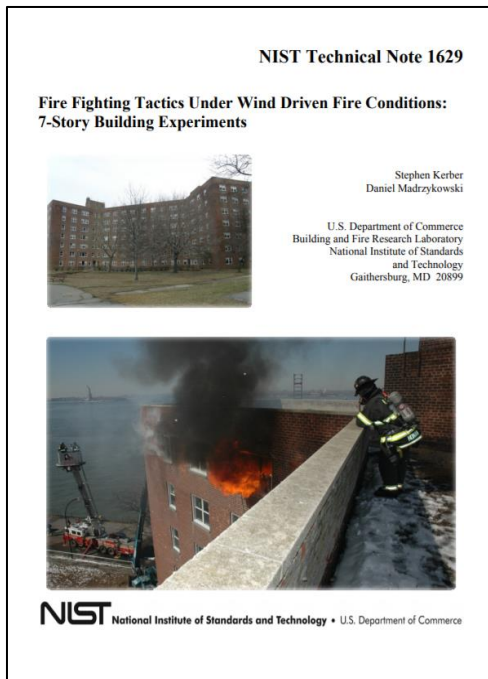


Bild 5 Bericht des NIST über das Verhalten bei Wind Driven Fire (© NIST)

Im Jahr 2009 veröffentlichte das amerikanische NIST einen Bericht, über die Einsatztaktiken bei Wind Driven Fires. Dazu hatte man im Jahr davor etwa ein Dutzend Experimente in einem verlassenen Gebäude in New York durchgeführt. In den Jahren davor hatten Wissenschaftler des NIST herausgefunden, welche fatale Rolle der Wind bei Brandeinsätzen spielen kann. Im Bericht wurden Dinge, wie *Wind control Devices* und *Floor below nozzles* beschrieben.

Diese Lösungsansätze wurden im Jahr 2010 im dritten Artikel dieser Serie, der im gleichen Jahr auch in der Septemerausgabe der Zeitschrift *De Brandweerman* erschien, ausführlich beschrieben. Das gleiche Problem wurde auch im Buch *Brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast*, welches ein Jahr später herausgebracht wurde, thematisiert. Dieses intensive Teilen von Informationen, aus dem Englischen ins Niederländische, hat immer noch nicht ausgereicht, um die Lösungen für die wirkungsvolle Bekämpfung von Wind Driven Fires in einen Referenzrahmen für belgische Einsatzkräfte aufzunehmen.

Gleichwohl treten auch in Belgien hier und da Wind Driven Fires auf. In der letzten Ausgabe von *De Brandweerman/V* erschien erst unlängst diesbezüglich von Geert Phyfferoen und Wim D'haeveloose, ein Artikel, in dem sie ihre Erfahrungen mit einem Wind Driven Fire in Waregem beschreiben. Bart Gielen beschreibt einen ähnlichen Brand in Antwerpen. Dort hat man kürzlich die Rauchstopper eingeführt und während des Wind Driven Fire konnte Bart Gielen diese erfolgreich einsetzen. Beide Brände stellten die Feuerwehr vor einer großen Herausforderung und die Sicherheit der Einsatzkräfte war nicht immer gegeben. Die drei Unteroffiziere, die bei den Bränden anwesend waren und anschließend die Artikel schrieben, sind CFBT- Ausbilder und bekannt als überdurchschnittlich gute Unteroffiziere. Das lässt darauf schließen, dass sie eine gründlichere Kenntnis über Brandverhalten und Brandbekämpfung hatten, als dies bei gewöhnlichen Unteroffizieren der Fall ist. Trotzdem konnten sie wenig ausrichten. Denn, obwohl sie am Brandverhalten erkannt hatten, dass es sich um ein Wind Driven Fire handelte, fehlten ihnen die in 2009 vom NIST getesteten und empfohlenen Mittel zur Bekämpfung dieser Brände. Zehn Jahre nach diesen bahnbrechenden Experimenten hat die belgische Feuerwehr demnach immer noch nicht auf die daraus resultierenden Ergebnisse und Empfehlungen reagiert.

5 Schlussfolgerungen

Es entsteht zurzeit weltweit viel Bewegung auf Gebieten wie Brandverhalten oder Brandbekämpfung. In einigen Ländern hat man verstanden, dass die Dinge sich ändern müssen und dass Wissen und Kenntnisse zu diesen (über)lebenswichtigen Themen wesentlich verbessert werden müssen. Es werden Budgets freigemacht, zu Gunsten von Forschungen über die kritischen Arbeitsbereiche innerhalb der Feuerwehr.

In Belgien tut sich in diese Richtung leider nicht allzu viel. Auch bei uns müssten Budgets für Untersuchungen und Forschungen in Sachen Brandbekämpfung freigeschaltet werden. Die Zuständigkeit hierfür liegt beim Innenministerium und dieser Artikel sollte dann auch als Aufruf an Minister Jambon verstanden werden, um das Nötige zu veranlassen.

All diese weltweit durchgeführten Untersuchungen liefern Resultate. Manche sind sehr gut übertragbar auf die Arbeitsweise der belgischen Feuerwehren, andere müssten genauestens geprüft werden, da die Rahmenbedingungen anders sind als in Belgien. Es ist daher zwingend notwendig, dass sich Leute damit beschäftigen. Die Kenntnisse und Erkenntnisse müssen erst innerhalb der belgischen Feuerwehren bekannt gemacht werden und anschließend sollte genügend Druck auf die Zonen ausgeübt werden, damit diese auch bereit sind mit der Entwicklung Schritt zu halten und die wissenschaftlichen Resultate in die Praxis umzusetzen.

Der Bericht des NIST über die Wind Driven Fires ist ein gutes Beispiel für eine Untersuchung, die sehr viel Geld gekostet hat, deren Resultate problemlos in Belgien umzusetzen wären - aber noch nirgendwo im Land umgesetzt wurden. Auch hierfür wären dringend Initiativen notwendig...

6 Quellennachweis

- [1] Lambert Karel (2015) *Hygiëne bij brand, De Brandweerman*
- [2] Lambert Karel (2014) *Health & hygiene in CFBT*, www.cfbt-be.com
- [3] *Underwriters Laboratories Firefighter Safety Research Institute*, www.ulfirefightersafety.org
- [4] Weewer Ricardo, Baaij Siemco, Huizer Edward & de Witte Lieuwe (2018) *De hernieuwde kijk op brandbestrijding, De brandweeracademie, Nederland*
- [5] Kerber Stephen (2012) *Analysis of changing residential fire dynamics and its implications on firefighter operational timeframes, Fire Technology, Vol 48, 865-891*
- [6] Hazebroek et al. (2015) *Het kan verkeren, Beschrijvend onderzoek naar brandontwikkeling en overleefbaarheid van woningbranden, De brandweeracademie, Nederland*
- [7] Zevotek Robin, Kerber Stephen (2016) *Study of the Effectiveness of Fire Service Positive Pressure Ventilation During Fire Attack in Single Family Homes Incorporating Modern Construction Practices, UL FSRI, VS*
- [8] Rahul Kallada Janardhan (2016), *Fire induced flow in Building Ventilation Systems, master's thesis, Aalto University, Finland*
- [9] www.tesla.com
- [10] Lambert Karel (2017) *Lightweight construction, De BrandweerM/V*
- [11] Kerber Stephen, Madrzykowski Daniel (2009) *Fire Fighting tactics under wind driven fire conditions: 7-story building experiments, NIST Technical note 1629*
- [12] Lambert Karel (2010) *Wind Driven Fires, De Brandweerman*
- [13] Lambert Karel, Baaij Siemco (2011) *Brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast, Sdu, Nederland*
- [14] Phyfferoen Geert, D'haeveloose Wim (2018) *Wind driven fire bij een klassieke woning, De BrandweerM/V*
- [15] Gielen Bart (2018) *Wind driven fire bij een appartementsgebouw, De BrandweerM*

Karel Lambert

