

Ein Feuer kann auch in Atemnot geraten

Im vorigen Artikel haben wir das Branddreieck und den belüfteten Brandverlauf näher betrachtet. Dabei studierten wir die Verhaltensweise eines Brandes, der über relativ viel Luft (Sauerstoff) verfügt. Es ist allerdings so, dass heutzutage anders gebaut wird als noch vor 50 Jahren. Hochisolierende Fenster mit Mehrkammerversglasung werden heute standardmäßig verbaut und auch in den Hohlräumen und im Dach sieht die neuartige Bauweise nahezu eine Verdoppelung der Isolation vor. Das führte dazu, dass in den letzten Jahren beinahe ‚luftdicht‘ gebaut wurde. In den so genannten Passivhäusern und Niedrigenergiewohnungen werden oftmals zusätzlich die Innenwände mit einer luftdichten Folie bekleidet. Bei diesen Häusern gibt es kaum noch Energieverluste nach draußen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass im Brandfall dem Feuer eine bedeutend größere Energiemenge in Form von Temperatur und Rauchgasen erhalten bleibt, es jedoch über viel weniger Sauerstoff verfügt als bei normaler Belüftung. Doppel-, Dreifach-, oder gar Vierfachverglasung bricht natürlich viel später als eine herkömmliche Glasscheibe. Die Feuerwehren müssen sich daher auf einen völlig anderen Brandverlauf einstellen.

4. Der unterbelüftete Brandverlauf

4.1 Der begrenzte Temperaturentwicklung

Ein Brand, der in die belüftungskontrollierte Phase wechselt, noch bevor der Flashover eintritt, wird als unterbelüftet (unterventiliert) bezeichnet. Der so genannte FC/VC Punkt, der Punkt, an dem der Übergang von "Fuel controlled" zu "Ventilation controlled" stattfindet, liegt in diesem Fall auf der Graphik vor dem Flashover. Betrachtet man in Bild 4.1 die rote Kurve in der Entstehungs- und Entwicklungsphase, so sieht man, dass der FC/VC Punkt noch in der Ausbreitungsphase liegt. Der normale (belüftete) Brandverlauf wird hier durch die gestrichelte rote Linie dargestellt. Diesem Verlauf folgt das Feuer jedoch nicht. Nach der Passage des FC/VC Punkt, verhält der Brand sich komplett anders und folgt der grauen Kurve. Daran lässt sich sehr gut erkennen, dass ein Feuer, das nicht ausreichend belüftet wird, seinem normalen Verlauf nicht folgen kann. Die graue Kurve stellt den unterbelüfteten Brandverlauf dar.

Ein anderer wichtiger Aspekt ist, dass die Heat Release Rate (die Hitzeabgaberate) abnimmt, nachdem das Feuer den FC/VC Punkt passiert hat. Man kann also feststellen, dass, wenn der Übergang vom brennstoffkontrollierten Feuer zum sauerstoffkontrollierten Brand noch in der Ausbreitungsphase stattfindet, der Temperaturentwicklung stark begrenzt wird.

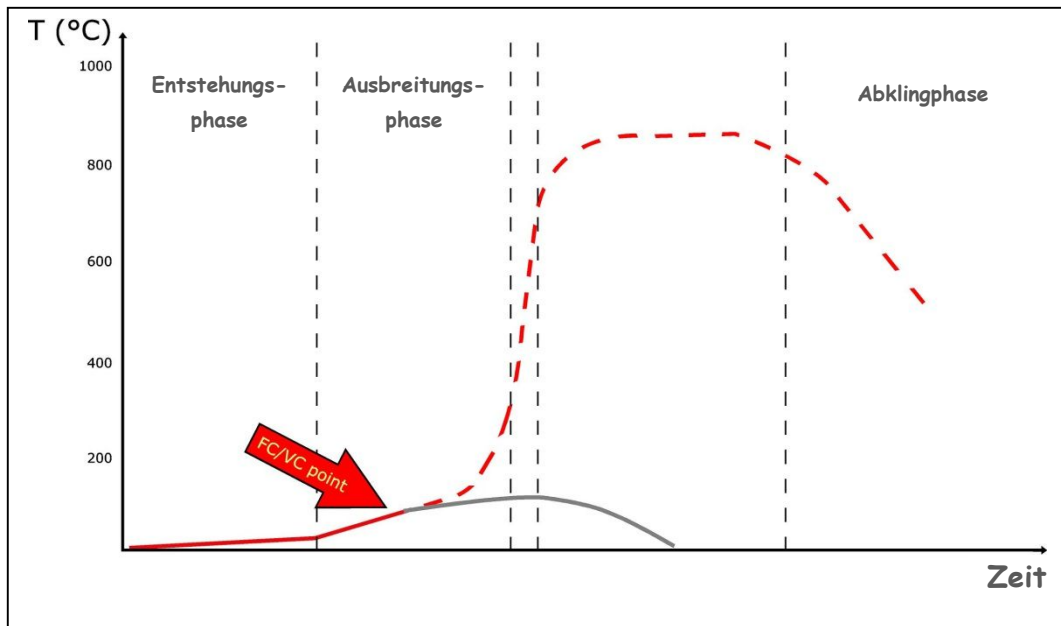


Bild 4.1 Der Brand wird schon sehr früh unterventiliert. Das sorgt dafür, dass nur ein sehr begrenzter Temperaturentwicklung stattfindet.

4.2 Der starke Temperaturentwicklung

Falls das Feuer erst zu einem späteren Zeitpunkt der Entwicklungsphase in den belüftungskontrollierten Verbrennungsablauf übergeht, ist bereits sehr viel Wärme und Energie freigesetzt worden. Die weitere Temperaturentwicklung hängt in diesem Fall von den bauspezifischen Eigenschaften des Brandobjektes ab. Auch im Bild 4.2 wird der unterbelüftete Brandverlauf durch die graue Kurve dargestellt.

Wenn der Raum fast luftdicht ist, wird die Hitzeabgaberate weiter abnehmen. Indes wird die bereits abgegebene Hitze durch die Isolation noch eine Zeit lang im Raum gehalten. Nach einer gewissen Dauer wird auch die Temperatur sinken und wenn es zu keiner Veränderung im Belüftungsprofil kommt, wird der Brand von alleine erlöschen.

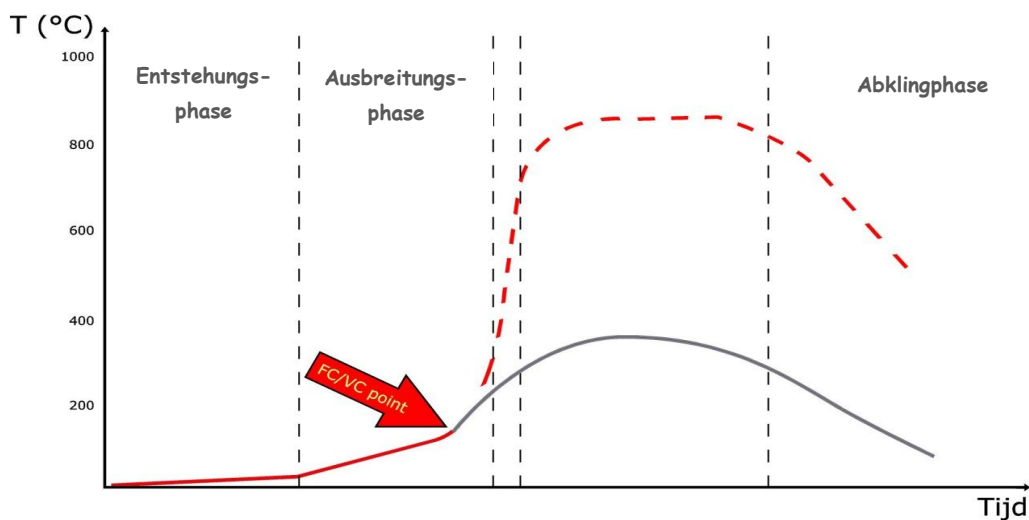


Bild 4.2 Der unterbelüftete Brandverlauf

In dem Zeitraum, in dem der Brand zwar bereits unterbelüftet ist, aber noch über ausreichend Energie verfügt, kann ein Ereignis, das zur Veränderung des Belüftungsprofils führt, desaströse Folgen nach sich ziehen und die Sicherheit des Einsatztrupps in höchstem Maße gefährden

4.3. Der pulsierende Brand

Ein weiterer Typ von unterbelüfteten Feuern betrifft Brände in Räumen, in denen nur eine begrenzte Öffnung für die Zufuhr von Frischluft vorhanden ist. Auch ein solcher Brand wird einigermaßen schnell in die unterbelüftete Phase wechseln. Während der Entwicklungs- und Ausbreitungsphase wird dieses Feuer eine große Menge an Rauchgase produzieren, die teilweise durch die Belüftungsöffnung ausströmen. Durch die zunehmende Produktion an heißer Rauchgase entsteht ein starker Überdruck, wodurch ein immer größerer Teil der Belüftungsöffnung zur Rauchgasabfuhr genutzt wird. Aber auch das ist irgendwann nicht mehr ausreichend um das gesamte Rauchvolumen zu evakuieren. Infolgedessen sinkt im Rauminnern die neutrale Schicht (die Untergrenze der Rauchsicht, wo sich Rauchgase und Frischluft vermischen) immer weiter ab. Ab einem bestimmten Zeitpunkt wird fast die gesamte Belüftungsöffnung für den druckvollen Ausstoß der Rauchgase genutzt und der Nachschub an Frischluft ist nicht mehr ausreichend. Das Leistungsvermögen des Feuers verringert sich und die Hitzeabgaberate lässt nach. Es findet ein Druckausgleich statt, währenddessen noch überschüssiger Rauch ausgestoßen wird. Der Überdruck ist anschließend nicht mehr vorhanden, wodurch der Rauchausstoß fast komplett zum Erliegen kommt. Nach einer gewissen Zeit beginnt die Temperatur im Raum zu sinken und aufgrund des Temperaturabfalls ziehen die Gase sich zusammen. Die neutrale Schicht hebt sich an und es entsteht jetzt ein leichter Unterdruck, der wiederum neue Frischluft durch die Belüftungsöffnung ansaugt.

Der Ablauf beginnt sich zu wiederholen. Aufgrund dessen, dass nun wieder Sauerstoff zur Verfügung steht gewinnt das Feuer beinahe augenblicklich wieder an Kraft und die Hitzeabgaberate steigt dementsprechend wieder an. Die Rauchproduktion kommt wieder in Gang und die Rauchgase werden durch die Belüftungsöffnung abgeführt. Folglich kommt es erneut zur Verringerung der Frischluftzufuhr, bis hin zum fast kompletten Abbruch. Der Verbrennungsprozess wird durch den Luftmangel wieder verlangsamt, die Hitzeabgaberate nimmt ab und die Temperatur fällt. Das hat erneut ein Zusammenziehen der Rauchgase und die Entstehung einer Unterdruckatmosphäre zur Folge. Die Frischluftzufuhr setzt wieder ein.

Auf diese Weise entsteht ein zyklischer Prozess, so wie er in Bild 4.3 dargestellt wird. Dieses Brandverhalten wird ‚pulsierender Brand‘ genannt. In den Niederlanden ist man davon überzeugt, dass ein solches Feuer am 9. Mai 2008 ein tödliches Unglück bei der Bekämpfung eines Brandes im Hangar einer kleinen Bootswerft namens „De Punt“ auslöste.

Mehr Infos über diesen verheerenden Brand finden sich auf www.brandweerkennisnet.nl unter „Verkennd onderzoek over de brand met dodelijkje afloop in De Punt“. Ein ausführlicher Bericht und eine gut gemachte Videoanimation des Brandes findet sich hier:

<https://www.youtube.com/watch?v=4N0BGpPmEWU>

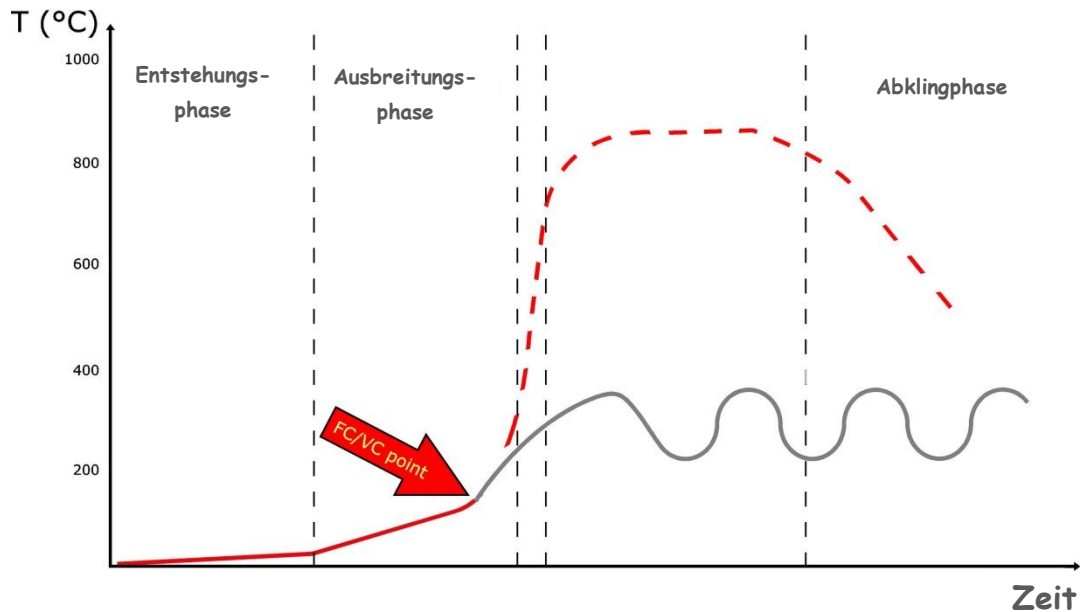


Bild 4.3 Der pulsierende Brand

5. Der Brand im Super Sofa Store in Charleston (US)

Unterbelüftete Brände beinhalten immer ein hohes Risiko. Wenn durch irgendein Ereignis eine Veränderung im Ventilationsprofil ausgelöst wird, steht dem Brand plötzlich mehr Frischluft zur Verfügung. Dies bewirkt eine Erhöhung der Intensität des Feuers. Manchmal geschieht dies allmählich und es bleibt noch ausreichend Zeit um zu reagieren, in anderen Fällen kommt es zu einer plötzlichen schnellen Brandausbreitung und Phänomene, wie der Backdraft oder ein durch Belüftung ausgelöster Flashover setzen unmittelbar nach Veränderung des Ventilationsprofils ein. In der jüngeren Geschichte der Feuerwehr, ist der dramatische Brand von Charleston sicherlich einer der unterbelüfteten Brände, die am meisten Aufsehen erregten.

5.1 Das Gebäude

Der Super Sofa Store war ein Möbelgeschäft in Charleston im US-Bundesstaat South Carolina. Es handelte sich um ein weitläufiges Gebäude mit verschiedenen Unterteilungen und Anbauten. Es gab die ursprünglichen Geschäfts- und Ausstellungsräume mit einer Oberfläche von 1625 m², an die man auf der linken und auf der rechten Seite jeweils einen Flügel von 650 m² angebaut hatte. Hinter dem Komplex war ein Lagerhaus (1500 m²) errichtet worden, dass durch eine überdachte Laderampe mit den ursprünglichen Geschäftsräumen verbunden war (siehe Bild 5.1).

Da es sich um ein Möbelhaus handelte, war eine hohe Brandlast vorhanden. Durch die große Geschäftsfläche und die hohe Brandlast, kann man per Definition davon ausgehen, dass bei einem großen Feuer die Frischluftzufuhr nicht in hinreichendem Maße gegeben war. Es gab zwar mehrere Zugangstüren, die als Belüftungsöffnungen genutzt werden konnten, doch deren Gesamtfläche war bei weitem nicht ausreichend um die enorme Frischluftmenge zu liefern, die das Feuer benötigte um sich zu entwickeln. In einem solchen Gebäude wechselt der Brand bereits in einem sehr frühen Stadium in den unterbelüfteten Verbrennungsmodus. Die Brandausbreitung verlangsamt sich und kann sogar zum Stillstand kommen, sodass das Feuer auf einen Raum begrenzt bleibt. Die Rauchgase breiten sich allerdings im gesamten Gebäude aus.

Wenn der Rauch einen gewissen Abstand zwischen sich und dem Feuer gebracht hat, beginnt er abzukühlen und bis auf Bodennähe abzusinken. Die Sichtverhältnisse werden dadurch stark eingeschränkt, was wiederum die Brandbekämpfung deutlich erschwert.



Bild 5.1 Luftaufnahme des Super Sofa Store (Foto: NIOSH)

5.2 Der Brand

Das Feuer brach am 18. Juni 2007 hinter dem Geschäft an der Laderampe aus. Nach der ersten Meldung wurden zwei Löschfahrzeuge vor Ort geschickt, von denen eines für einen Außenangriff auf das Feuer eingesetzt wurde. Währenddessen führte die Mannschaft des zweiten Fahrzeugs eine erste Erkundung durch, bei der wenig bis gar kein Rauch in den Geschäfts- und Ausstellungsräumen festgestellt wurde. Der Brand wütete jedoch so heftig auf der überdachten Laderampe, dass ein baldiger Brandübergreif auf die Geschäftsräume nicht ausgeschlossen werden konnte. Daraufhin wurde die Einsatzstärke massiv angehoben und rund zwanzig Minuten nach der ersten Meldung waren bereits sieben Löschfahrzeuge und vier Offiziere vor Ort im Einsatz.

Der Brand wurde immer noch von zwei Seiten bekämpft. Der Rettung des Geschäfts- und Ausstellungsraumes hatte man höchste Priorität eingeräumt und die Anstrengungen um das Feuer an der weiteren Ausbreitung zu hindern, waren stark intensiviert worden. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich fünf Teams im Gebäude, die mit mehreren Strahlrohren versuchten, das Feuer unter Kontrolle zu bringen. Während dieser Löscharbeiten füllten sich die Räume langsam aber stetig mit Rauch. Feuerwehrleute, die bei guten Sichtverhältnissen in das Gebäude gegangen waren, mussten sich nunmehr durch die weitläufigen Räume den Weg nach draußen ertasten und einige gerieten dabei in ernsthafte Schwierigkeiten.

Der Einsatzleiter entschloss sich schließlich, die Fensterscheiben der Geschäfts- und Ausstellungsräume einschlagen zu lassen (siehe Bild 5.2). Er erhoffte sich von dieser Maßnahme, bessere Sichtverhältnisse im Inneren des Gebäudes zu erzeugen und somit seinen im Rauch eingeschlossenen Leuten die Gelegenheit zu verschaffen das Gebäude lebend zu verlassen.

Diese Taktik hatte jedoch fatale Folgen. Das Feuer, das sich trotz aller Anstrengungen bis in den Geschäftsraum ausgebreitet hatte, befand sich zu diesem Zeitraum in einer stark unterbelüfteten Phase. Die auf Bild 5.2 deutlich zu erkennenden Rußablagerungen sind ein klares Indiz dafür. Die Fensterscheiben der Geschäfts- und Ausstellungsräume bildeten zusammen eine sehr große Oberfläche und durch das Einschlagen aller Scheiben verfügte das Feuer plötzlich über ein enormes Frischluftvolumen. Es kam zu einer schnellen Brandausbreitung und das Feuer entwickelte sich fast unmittelbar danach zu einem Vollbrand, eine Flammenfront raste durch die Räume und die Temperatur stieg enorm an. Im Inneren des Geschäftes entstand ein wahres Inferno (siehe Bilder 5.3 und 5.4). Die Bilanz wog sehr schwer. Neun Feuerwehrleute schafften es nicht mehr, das Gebäude zu verlassen und kamen in der Flammenhöhle ums Leben.



Bild 5.2 Die Fensterscheiben werden eingeschlagen (Foto: Bill Murton)



Bild 5.3 Nach dem Einschlagen der Fenster entsteht augenblicklich ein starker Ausstrom von heißen Brandgasen und gleichzeitig werden Massen Frischluft in den Raum eingesaugt (Foto: Alexander Fox)



Bild 5.4 Nachdem der Brand über ausreichend Sauerstoff verfügt entwickelt er sich rasend schnell zum Vollbrand (Foto: *Charleston post*)

5.3 Einige kritische Anmerkungen

Der Brand in Charleston geht als eine wahre Tragödie in die Geschichte der amerikanischen Feuerwehren ein. Neun Feuerwehrleute mussten ihr Leben lassen.

Es wäre jedoch zu einfach, die Gründe für den tragischen Verlauf des Einsatzes einzig in der fatalen Entscheidung des Befehlsführers zu suchen. Der Grund für seinen Entschluss die Scheiben einschlagen zu lassen, war die bedrohliche Situation, in der sich einige der Männer im Inneren des Geschäftes bereits befanden. In diesem Sinne war die Belüftung nicht das ursächliche Problem, sondern verschlimmerte lediglich in erheblichem Maße ein bereits bestehendes Problem.

Ein weiteres Element, das ganz erhebliche Mitschuld an diesem Desaster trug, war der Wassermangel. Es mussten teils erhebliche Distanzen zwischen Hydranten und Löschfahrzeuge überwunden werden. Aufgrund von Ausmaß und Heftigkeit des Brandes wurde massiv Verstärkung angefordert. Die zusätzlichen Mannschaften wurden jedoch meistens für die Brandbekämpfung eingesetzt, nicht für die Wasserversorgung. Viele Feuerwehrdienste verfügen über besondere Prozeduren oder spezifisches Material um bei der Wasserversorgung größere Abstände zu überwinden. Es stellt sich die Frage, wie sich Dienste verhalten sollen, die nicht über solche Materialmengen verfügen. Wird der Aufbau einer mittellangen Versorgungsleitung (500 m) ausreichend oft geübt? Wird das vorhandene Material optimal eingesetzt oder sind in diesem Bereich Verbesserungen möglich?

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Katastrophe von Charleston war die Befehlsführung. Wenn Verstärkung abgefordert wird, begeben sich immer mehrere Befehlshaber vor Ort. Wenn sich jedoch ein Schadensereignis auf eine so große Oberfläche verteilt, ist es nicht immer einfach die Gesamtübersicht zu behalten und dafür zu sorgen, dass die einzelnen Teams koordiniert zusammenarbeiten. Die effizienteste Art und Weise, um schon im Vorfeld derartigen Problemen entgegenzutreten, ist eine gute Ausbildung und regelmäßige Übung. Aber wie viele Stunden pro Jahr trainiert sich der gewöhnliche belgische Feuerwehroffizier auf das Leiten von Großschadensereignissen? Und damit ist nicht das Mitwirken im Rahmen der Noteinsatzplanung gemeint, sondern die Arbeit des Offiziers am Einsatzort.

Die Abwesenheit eines Überwachungssystems für Atemschutzträger (Firefighter accountability) war in Charleston dafür verantwortlich, dass nicht adäquat auf die in Not geratenen Feuerwehrleute reagiert werden konnte. In Belgien gibt es eine Anzahl Feuerwehrdienste, die ihre Atemschutzträger überwachen. ABER: Wie viele Dienste gibt es wohl, die draußen eine Rettungsmannschaft in Bereitschaft halten? In wie vielen Diensten wird regelmäßig auf Notsituationen im Atemschutz oder auf die Rettung der eigenen Leute trainiert? Im Fire Department New York hat man ein Mayday-System entwickelt und im Dienst eingeführt. Neue Offiziere erhalten während einer Woche (!) eine Ausbildung um zu lernen, wie sie auf eine Mayday-Meldung reagieren müssen.

Hierdrauf näher einzugehen wäre sicherlich interessant, würde aber den Stoff für einen weiteren Artikel ausmachen...

6. Quellennachweis

- [1] *Hartin Ed, www.cfbt-us.com, persoonlijke gesprekken 2010*
- [2] *McDonough John, New South Wales Fire Brigades, persoonlijke gesprekken, 2009-2010*
- [3] *Raffel Shan, www.cfbt-au.com, persoonlijke gesprekken, 2009-2010*
- [4] *Grimwood Paul, Hartin Ed, McDonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*
- [5] *Grimwood Paul, www.firetactics.com, persoonlijke gesprekken, 2008*
- [6] *Lambert Karel & Desmet Koen, Binnenbrandbestrijding, versie 2008 & versie 2009*
- [7] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*
- [8] *Gaviot-Blanc Franc, www.promesis.fr*
- [9] *NIOSH, 2007-18, Nine career firefighters die in a rapid fire progression at commercial furniture showroom, februari 2009*
- [10] *Healy George, Managing the «MAYDAY», presentatie Ottawa Fire, mei 2010*

Karel Lambert