

## Simulationsrechnungen zur Optimierung von Prüföfen für Feuerwiderstandsprüfungen

*In einer Kooperation des Institut für Wärmetechnik der TU-Graz und des Institut für Brandschutztechnik (IBS) wurden mit Simulationsrechnungen die Vorgänge im Inneren eines Brandprüfofens untersucht. Mit den erzielten Ergebnissen wird es zukünftig möglich sein eine höhere Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen in verschiedenen europäischen Prüfinstituten sicherzustellen.*

### Der Prüfofen

Das Institut für Brandschutztechnik (IBS) betreibt zur Durchführung von Feuerwiderstandsprüfungen seit 2012 einen Vertikalprüfofen mit einer Höhe von 9 m und einer Breite von 4 m (bzw. erweiterbar auf eine Breite von 6 m bei eingeschränkter Höhe). Damit ist es für Kunden des IBS möglich sehr große Bauprodukte wie Fassadenelemente, Rolltore, Feuerschutzverglasungen, Ständerwände, Schachtwände aber auch Sonderkonstruktionen in Originalgröße entsprechend EN 1363 zu prüfen und die geforderten Brandschutzeigenschaften gesichert nachzuweisen. Der Prüfstand ist in Abbildung 1 ohne angebauten Prüfkörper dargestellt.

Bei einer Feuerwiderstandsprüfung wird der Prüfkörper (das zu prüfende Bauprodukt) an der Vorderseite des Prüfofens angebracht und die Temperatur im Inneren des Prüfofens wird im zeitlichen Verlauf entsprechend der normativ vorgegebenen Einheitstemperaturzeitkurve geregelt. Die Regelung geschieht im gegenständlichen Fall durch maximal 10 Gasbrenner, welche seitlich am Prüfofen angebracht sind, um die Soll-Temperatur einzustellen, sowie durch Plattenthermometer im Inneren des Ofens, um die Ist-Temperatur zu erfassen.

Auch der Druck im Ofen unterliegt normativer Vorgaben und wird an zwei Positionen im Ofeninnenraum gemessen. Die Druckmessgeräte sind im Nahbereich der Ofenrückwand 0,5 m über dem Boden und 0,3 m unter der Decke angeordnet.

Die produzierten Rauchgase werden über Öffnungen an der Rückwand des Ofens abgeführt und einem Rauchgaswäschesystem zugeführt.

### Welches Verbesserungspotential und welche Fragen gibt es?

Der effiziente Betrieb eines Prüfofens bringt insbesondere bei derart großen Abmessungen Herausforderungen mit sich. Dabei geht es zum Beispiel um das Ziel, im gesamten Volumen des Prüfofens für homogene Bedingungen hinsichtlich der Temperatur zu sorgen. Dadurch soll sichergestellt werden, dass zum Beispiel bei Feuerschutzabschlüssen, welche in den Prüfraumen eingebaut werden, das Prüfergebnis nicht von der Position des Einbaus abhängt. Dies ist von Bedeutung, damit eine hohe Reproduzierbarkeit des Prüfergebnisses gewährleistet wird und die Sicherheitsanforderungen an die geprüften Bauteile eingehalten werden können.

In der Prüfnorm EN 1363 Teil 1 sind nur punktuelle Temperaturmessungen im Ofeninneren vorgegeben. Die genaue örtliche Temperaturverteilung ist nicht direkt messbar.

Für das IBS gab es daher die Fragestellungen, ob es möglich ist die Temperaturverteilung im Inneren des Ofens realitätsnah zu ermitteln und ob man die örtliche Temperaturverteilung beeinflussen kann, um gegebenenfalls ein Temperaturfeld mit verbesserter Homogenität zu erzielen.

### **Wie kann man die Vorgänge im Inneren des Prüfofens untersuchen?**

Eine Möglichkeit, wie man die Temperaturverteilung im Ofeninneren genauer bestimmen kann, ist zusätzliche Plattenthermoelemente zur Temperaturmessung im Ofen einzubauen. Aber aufgrund der hohen Temperaturen im Ofeninneren müssen diese an massiven Metallkonstruktionen montiert werden. Das würde aber infolge der thermischen Eigenschaften des Ofens und die Strömungsverhältnisse verfälschen und somit wären die Ergebnisse nicht brauchbar.

Aus diesem Grund wurde eine Kooperation mit dem Institut für Wärmetechnik (IWT) eingegangen um den Vorgängen im Inneren unseres Prüfofens mittels Simulationsrechnungen auf den Grund zu gehen. Dazu wurden Strömungssimulationen, sogenannte computational fluid dynamics (CFD) Simulationen, durchgeführt. Mit diesen konnten die Verbrennung des Gas-Luft-Gemisches, die Form und Länge der Flammen und die Strömung der heißen verbrennungsgase realitätsnah nachgebildet werden.

Zur Kontrolle der Validität der Simulationsergebnisse wurden die punktuellen Temperaturmessungen, welche bei jedem realen Brandversuch durchgeführt werden, herangezogen. Da die Temperaturen an diesen Punkten gut mit den Simulationsergebnissen übereingestimmt haben, kann man davon ausgehen, dass die Simulationsergebnisse auch im restlichen Ofeninnenraum mit hoher Genauigkeit die Realität abbilden.

Zudem wurde der Wärmetransport und somit die Durchwärmung durch die Umfassungsbauteile mittels der Finiten Elemente Methode (FEM) simuliert. Damit lassen sich die Temperaturen an der Außenseite des Probekörpers, welcher an der Vorderseite des Ofens angebracht wird, nachrechnen. Auch in diesem Fall wurde eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und realen Messergebnissen erzielt.

Die gewonnenen Daten zeigten, dass die erstellten Simulationsmodelle und die verwendeten Methoden vertrauenswürdige Ergebnisse liefern.

### **Die Schlussfolgerungen und Erkenntnisse**

Als nächster Schritt wurde untersucht, wie sich die Temperaturverteilung im Ofen beeinflussen lässt. Dazu wurden in den Simulationsrechnungen verschiedene geometrische Änderungen im Ofeninnenraum untersucht. Beispielfähig werden nachfolgend zwei Parameter mit Einfluss auf die Homogenität der Ofentemperatur vorgestellt.

Als erster Punkt wurden Ablenkbleche, welche vor den Brennern montiert sind, um die Flammen zu beeinflussen, in der Simulation virtuell verändert. Das heißt, es wurden verschiedene vertikale Einbauwinkel untersucht und die Ergebnisse wurden dahingehend analysiert, welche Konfiguration die gleichmäßigste Temperaturverteilung am Probekörper

liefert. Die Erkenntnis aus diesen Untersuchungen ist, dass bei den unteren beiden Brennern ein hoher Umlenkwinkel zu verwenden ist und bei den oberen Brennern ein Umlenklech mit einer geringen Ablenkung der Flammen.

Als weiterer Parameter, mit potentielltem Einfluss auf die Homogenität der Temperaturverteilung, wurde die Tiefe des Ofens in der Simulation variiert.

Das Ergebnis aus dieser Teilstudie war, dass der Ofen nach Möglichkeit mit einer hohen Tiefe konzipiert werden sollte, da dies zu einer homogenen Temperatur an der Probekörperoberfläche führt. Der Hintergrund dieser Ergebnisse ist, dass dann die Flamme weiter von der Probekörperoberfläche entfernt ist und dass der Einfluss der Wärmestrahlung aus der direkten Verbrennungszone geringer ausfällt. Obgleich angemerkt werden muss, dass diesem Grundsatz natürlich praktische Grenzen entgegenstehen. Wenn der Ofen zu tief wird, muss nämlich die Menge des eingesetzten Brennstoffes erhöht werden um die nach ÖN EN 834 geforderten Temperaturen zu erzielen.

Die Ofentiefe lässt sich bei einem bestehenden Prüföfen nicht einfach verändern und die Erkenntnisse haben daher keinen Einfluss auf die aktuell genutzten Prüföfen des IBS, aber die Ergebnisse lieferten wertvolle Hinweise, was bei zukünftigen Neukonzeptionen von Prüföfen zu beachten ist. Daher ist geplant die Erkenntnisse im relevanten Normengremium auf europäischer Ebene einzubringen und somit einen Beitrag zu einer hohen Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen im gesamten europäischen Binnenmarkt zu leisten.

Die im hier vorgestellten Forschungsprojekt für den 9 m Prüföfen des IBS erarbeiteten Methoden können auf andere ähnliche Prüföfen übertragen werden. Somit haben wir nun ein Werkzeug zur Verfügung um einerseits bestehende Prüfeinrichtungen des IBS zu optimieren und andererseits in der Zukunft einen neuen Prüföfen virtuell zu testen bevor dieser errichtet wird.

## **Projektinformation**

Projektpartner:

Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH, Petzoldstraße 45, 4020 Linz

Institut für Wärmetechnik, TU Graz, Inffeldgasse 25, 8010 Graz

Ansprechperson:

DI(FH), MBA Markus Eichhorn-Gruber, Petzoldstraße 45, 4020 Linz

Dauer des Projektes:

01.07.2016 bis 30.06.2017

Förderung:

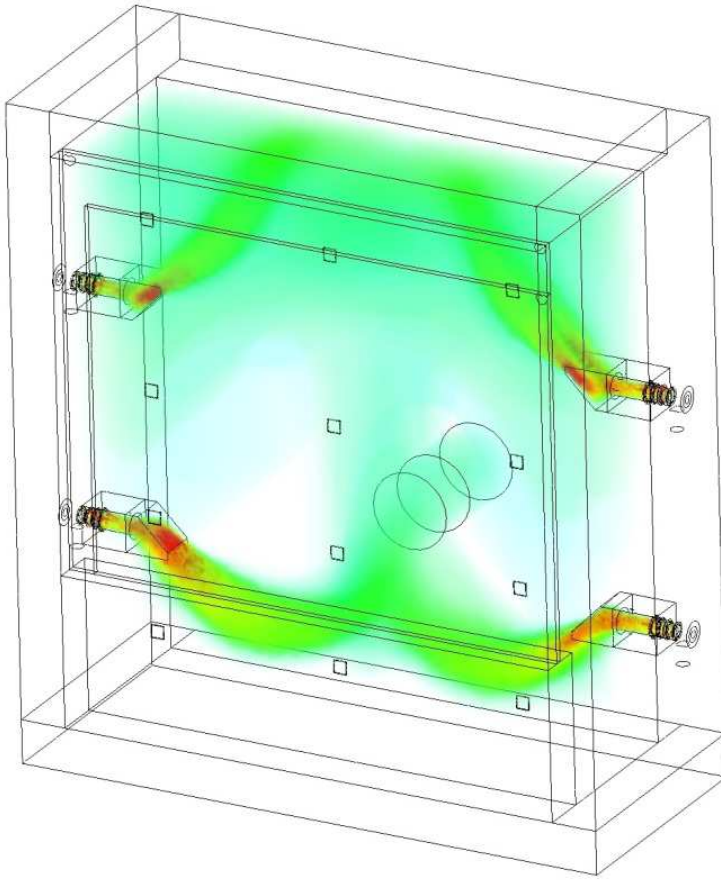
Basisprogramm der FFG

## Bilder



**Abbildung 1:** Der Prüfofen mit einer Höhe von 9 m und einer Breite von 4 m wird dazu verwendet um besonders große Bauprodukte bezüglich ihrer Feuerwiderstandsfähigkeit zu testen. Dazu wird das jeweilige Produkt (z.B. eine Verglasung, eine Wand, ein Tor, ...) an der hier offenen Vorderseite angebracht und im Ofen werden Temperaturen entsprechend der Einheitstemperaturkurve mittels Gasbrennern erzeugt. Dies bedeutet eine Temperatur von 842 °C nach 30 Minuten, 945°C nach 60 Minuten und 1006 °C nach 90 Minuten. Die Befuerung erfolgt mittels maximal 2 x 5 Gasbrenner an den Seitenflächen mit einer summierten Maximalleistung von bis zu 8.000 kW.

Copyright: Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung



**Abbildung 2:** Ergebnisse, welche die Strömungsverhältnisse im Prüfofen darstellen, wurden mittels CFD-Simulationen ermittelt. Mit derartigen Strömungsbildern lassen sich die Form der Flammen und damit die Temperaturverteilung im Ofen analysieren. Es zeigte sich, dass die Form der Strömungen sich im zeitlichen Verlauf des Versuchs ändert und stark davon abhängt, ob die Wände bereits erwärmt wurden.

In diesem Fall wurde in der Simulation eine Zwischendecke in einer Höhe von 4,5 m angenommen und 4 Brenner simuliert.

Copyright: Institut für Wärmetechnik