



## Fire Simulator

### WHFF-CH 2022.04 Schlussbericht

Datum	15.8.2023
Fördergeber	Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH), BAFU
Adressen der Projektpartner	<sup>1)</sup> ETH Zürich Inst. f. Baustatik und Konstruktion Stefano-Franscini-Platz 5 CH-8093 Zürich <a href="http://www.ethz.ch">www.ethz.ch</a>
Verfasser	Prof. Dr. Andrea Frangi <sup>1)</sup>

## 1. Projektbeschreibung

Mit der Schliessung des Brandlabors an der Empa in Dübendorf gab es in der Schweiz keine Infrastruktur mehr für die notwendige Grundlagen- und Angewandteforschung im Bereich Brandschutz. Für den ganzen Bereich Holz und Brand waren somit die Forschungsmöglichkeiten und damit das Innovationspotential sehr stark eingeschränkt. Aus diesem Grund hat die ETH Zürich entschieden, einen Forschungssofen (Fire Simulator) für das Institut für Baustatik und Konstruktion auf dem Campus Hönggerberg zu beschaffen.

Der neue Forschungssofen erlaubt die experimentelle Forschung im Bereich Brandschutz und Holzbau weiterzuführen und damit die Innovationskraft und Konkurrenzfähigkeit der Wirtschaft im Bereich Brandschutz und Holzbau sicherzustellen. Mit dem durch das Leitungsgremium der WHFF-CH am 30.3.2022 genehmigten Projekt «Fire Simulator» wurde die Anschaffung und Inbetriebnahme des Forschungssofens finanziell unterstützt.

## 2. Projektorganisation und -ablauf

Das Projekt wurde durch ein umfassendes Planungsteam mit Spezialisten in verschiedenen Bereichen erarbeitet (vgl. Tabelle 1). Zoran Spehar hat das Bauprojekt für die ETH Immobilien geleitet und Martin Viertel war der Vertreter des Instituts für Baustatik und Konstruktion im Planungsteam.

*Tabelle 1 Organisation des Planungsteams für das Projekt Fire Simulator*

Name	Kürzel	Firma/Funktion
Zoran Spehar	ZSP	ETH Immobilien / PL
Martin Viertel	MVI	ETH Institut / Nutzer
Stefan Kollischan	SKO	ETH Betrieb
Thomas Stadelmann	TSm	ETH Betrieb
Michael Weber	MWE	ETH Betrieb
Andreas Sidler	ASI	ETH / SGU
Franco Huber	FHU	SGS / Architektur
Stefan Moser	SMO	SGS / Architektur
Amela Tanusaj	ATa	SGS / Architektur
Joachim Holdener	JHO	MB / Elektroplanung
Dubach Rolf	RDu	MB / Elektroplanung
Ulf Müller	UMU	BSP / Brandschutz
Fredy Beuchat	FBE	RMB / GP
Thomas John	TJo	RMB / MSRL
Conradin Volkmer	CVO	RMB / PL / HLKS
Heinz Rüger	HRU	RMB / GP / HLKS

Für das Projekt wurde Mitte April 2022 ein Pflichtenheft mit allen bau- und betrieblichen Anforderungen und Randbedingungen für den Forschungssofen erstellt und genehmigt. Alle wesentlichen Grundlagen zu Statik, Gebäudetechnik, Brandschutz und Sicherheit für das Bauprojekt wurden erarbeitet und die Planungsphase wurde Ende Juni 2022 erfolgreich abgeschlossen. Aufgrund der vielen Schnittstellen war die Komplexität des Projektes sehr gross. Die Abbildung 1 zeigt zum Beispiel eine 3-D Visualisierung des Forschungssofens mit allen vorgesehenen Komponenten.



*Abbildung 1 Visualisierung des neuartigen Forschungs-ofens an der ETH Zürich*

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Umbauarbeiten für den gewählten Raum in der Heizzentrale des Campus Höggerberg konnte die beauftragte Firma E-therm den Forschungs-ofen mit mehreren Transporten im Oktober 2022 liefern (vgl. Abbildung 2).



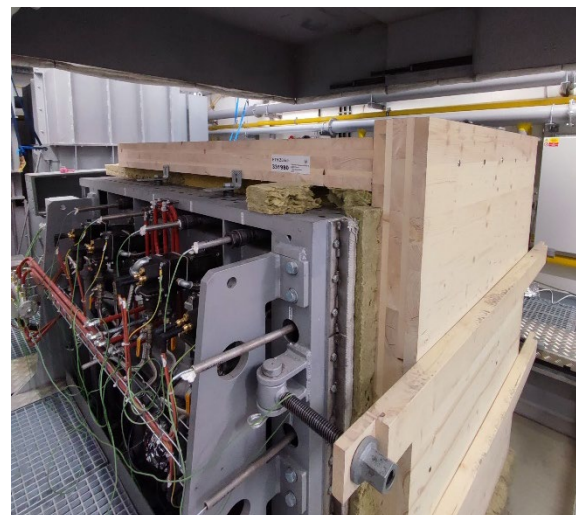
*Abbildung 2 Entladung des neuartigen Forschungs-ofens an der ETH Zürich*



Die Installation des Forschungsofens in der Heizzentrale des Campus Höggerberg erfolgte gemäss Planung, so dass zwischen Januar und März 2023 mehrere Brandversuche («Commissioning Tests») erfolgreich durchgeführt wurden, um die Funktionen und die Leistung des Forschungsofens zu testen (vgl. Tabelle 2 und Abbildung 3).

**Tabelle 2** Durchgeführte Brandversuche für die Prüfung der Funktionen und der Leistung des Forschungsofens

Datum	Test	Beschreibung	Zweck
Woche von 16.01.2023	S1, S2	Steel beam	At ambient condition, check 500 kN max force for furnace (total, 250 kN per support), push up/down load
27.02.2023	C	Glulam beam	Loaded beam exposed to ISO fire Constant push up load
01.03.2023	B	Initially protected CLT panel	Fall-off of gypsum plasterboard (self), extreme cases of 1400°C and 700°C/min, cooling through air
03.03.2023	A	CLT floor + CLT wall	First check of furnace following a defined temperature curve



**Abbildung 3** Durchgeführte Brandversuche für die Prüfung der Funktionen und der Leistung des Forschungsofens: links mit belastetem BSH Balken (Test C), rechts mit Wand- und Deckenelement aus Brettsperrholz (Test A)

Nach dem positiven Abschluss der Commissioning Tests wurde der Forschungs-ofen ab Mai 2023 für die experimentelle Forschung in Betrieb gesetzt und mehrere Brandversuche wurden in der Zwischenzeit schon erfolgreich durchgeführt (vgl. Abbildung 6).

### 3. Eröffnungsfeier des ForschungsOfens

Der ForschungsOfen wurde den Medien am 8. Juni 2023 vorgestellt (vgl. Abbildung 4 und ETH Medienmitteilung im Anhang). Mehr als 80 Gäste konnten den ForschungsOfen bei der offiziellen Eröffnungsfeier am 14. Juni 2023 besichtigen (vgl. Abbildung 5). Das Interesse an dem ForschungsOfen ist sehr hoch.



Abbildung 4 Medienspiegel über den ForschungsOfen



Abbildung 5 Offizielle Eröffnungsfeier des ForschungsOfen am 14. Juni 2023 an der ETH Zürich

## 4. Charakteristiken des Forschungsofens

Die wesentlichen Charakteristiken des Forschungsofens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Modular Ofen: 1 m x 1.67m x 1 m
- Vertikale und/oder horizontale Versuchskörper
- Belastung bis zu 500kN
- Regelung der Temperatur durch 10 Gasbrenner & Plattenthermoelemente
- Regelung des Sauerstoffs
- Regelung von Kühlphasen durch Stickstoff
- Kontinuierliche Messung der Gaskomposition ( $O_2$ , CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>)
- Gewichtsmessrahmen für horizontale Versuchskörper
- Hybrid control
- 100 Kanal Thermoelemente DAQ

Gerade die Möglichkeit, die Temperatur und den Sauerstoffgehalt im Ofen sehr genau zu regulieren, stellt ein Alleinstellungsmerkmal des Forschungsofens dar. Somit können reale Brände simuliert werden.



Abbildung 6 Brandversuch an einer Brettsperrholzplatte



## 5. Danksagung

Es gilt unseren Dank allen Projektbeteiligten und allen Partnern (vgl. folgende Liste), die die Anschaffung des Forschungsofens finanziell unterstützt haben.

- Baertschi Partner Bauingenieure AG
- Berner Fachhochschule
- Blumer-Lehmann AG
- Erne AG Holzbau
- Flumroc AG
- Henkel & Cie. AG
- Implenia Schweiz AG
- Isofloc AG
- Saint-Gobain Isover SA
- James Hardie Europe GmbH Schweiz
- Pirmin Jung Schweiz AG
- Josef Kolb AG
- Lignatur AG
- Lignum - Holzwirtschaft Schweiz
- Makiol Wiederkehr AG
- Rigips AG
- Schilliger Holz AG
- Sika Technology AG
- Strüby Holzbau AG
- Synaxis AG
- Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH), BAFU
- Zostera Brandschutzplanung GmbH

## 6. Links

Offizielle ETH Medienmitteilung mit Video

<https://baug.ethz.ch/news-und-veranstaltungen/news/2023/06/ein-ofen-fuer-sichere-holz-bauten.html>

Bauen mit Holz ist im Trend, 28.06.2023, SRF 1, Schweiz aktuell

<https://www.srf.ch/play/tv/schweiz-aktuell/video/bauen-mit-holz-ist-im-trend?urn=urn:srf:video:208eca95-9715-47a6-b943-d5269ab80ca3>

Ein erstes Holzhochhaus wächst in den Zürcher Himmel, 14.06.2023, NZZ

<https://www.nzz.ch/zuerich/holzhochhaeuser-in-zuerich-profitieren-vom-brandsimulator-der-eth-ld.1741915?reduced=true>

Neuer Brandsimulator soll helfen, Leben zu retten, 09.06.2023, ZüriToday

<https://www.zueritoday.ch/zuerich/neuer-eth-brand-simulator-soll-helfen-leben-zu-retten-151932120>

ETH Zürich will mit neuem Ofen herausfinden, wie Holzbauteile brennen, 08.06.2023, Tagesanzeiger

<https://www.tagesanzeiger.ch/eth-zuerich-will-mit-neuem-ofen-herausfinden-wie-holzbau-teile-brennen-266379564835>

# Medienmitteilung

Neuer Brandsimulator

## Ein Ofen für sichere Holzbauten

Zürich, 8. Juni 2023

Der Holzbau erlebt in der Schweiz eine Renaissance. Mit einem Brandsimulator testen ETH-Forschende auf dem Höggerberg Holzbauteile für den Bau von Gebäuden jeder Grösse. Der massgefertigte Ofen erlaubt die Simulation realistischer Brandverläufe.

Ein Hausbrand verläuft nicht immer gleich. Der brennbare Stoff fängt Feuer, die Temperatur nimmt zu, der Brand wächst und breitet sich aus. Das vorhandene Raumvolumen, die Brandlast, die Temperatur und die Sauerstoffkonzentration im Brandraum beeinflussen dessen Verlauf. Wie sich Holzstrukturen in verschiedenen Brandszenarien verhalten, soll die jüngste Anschaffung des Instituts für Baustatik und Konstruktion am Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETH Zürich zeigen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden wiederum dabei helfen, die Einsatzmöglichkeiten des sicheren und nachhaltigen Baustoffes Holz zu erweitern.

### **Brandverläufe präzise simulieren**

Der speziell für Brandsimulationen entwickelte Ofen kostete inklusive Umbaumassnahmen rund 2,5 Mio. Franken, sieht robust aus und ist in der Heizzentrale des Campus Höggerberg untergebracht. Es handelt sich um einen mit Stahlträgern verstärkten Metallkubus mit einer Brennkammer, die einen Meter hoch, einen Meter breit und knapp 1,7 Meter lang ist. Befeuert wird sie von 10 Gasbrennern, die je zur Hälfte auf den beiden Längsseiten angebracht sind. Sie können den Ofen auf über 1'400 Grad aufheizen. Mit mehreren Kameras ausserhalb der Brennkammer werden die Tests aufgezeichnet und auch die Zusammensetzung der Brandgase lässt sich analysieren.

«Wir können die Temperatur im Ofen und ebenso den Sauerstoffgehalt genau einstellen», erklärt Andrea Frangi stolz. Ausserdem können die Holzbauteile oder andere gängige Baumaterialien während der Tests mit bis zu 50 Tonnen belastet werden. Der Professor für Holzbau hat die Beschaffung des Brandsimulators initiiert und dessen Spezifikationen mitbestimmt. «Der Ofen erlaubt es uns, verschiedene Brandverläufe zu simulieren und deren Auswirkung auf die Holzstrukturen zu testen.»



### **Holz als Baustoff ist nachhaltig und sicher**

Der Holzbau boomt in der Schweiz. Und die Gebäude wachsen. In Regensdorf, Zug, Winterthur und Zürich werden derzeit Holzhochhäuser mit einer Höhe von 75 bis 108 Metern geplant oder befinden sich bereits im Bau. Dass dies überhaupt möglich ist, liegt auch an jahrzehntelanger Forschungsarbeit, wie sie Frangis Gruppe im Brandsimulator betreibt. Neue Bauprodukte und Technologien zur Verbindung von Holzbauteilen ermöglichen zudem immer grössere und ausgefalleneren Konstruktionen.

Bis 2004 waren hierzulande lediglich ein- bis zweistöckige Gebäude mit einer Tragstruktur aus Holz erlaubt. Ab 2005 lag die Grenze bei sechs Stockwerken und seit 2015 gibt es faktisch keine Obergrenze mehr. «Bei den geplanten Hochhäusern handelt es sich sicher um Leuchtturmprojekte», sagt Frangi. «Aber bei mittelhohen Bauten hat sich Holz als Baumaterial längst etabliert und überzeugt durch ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, Nachhaltigkeit und Sicherheit». Letzteres mag erstaunen, aber während sich Stahlträger im Brandfall verformen können und dadurch instabil werden, können Holzkonstruktionen länger ihre strukturelle Integrität behalten.

Die Tragfähigkeit eines Holzbalkens im Brandfall wird im Wesentlichen durch seine Grösse bestimmt. Brennt der Balken, werden auf den Seiten, die dem Feuer ausgesetzt sind, pro Stunde rund vier Zentimeter des Holzes in Holzkohle umgewandelt. Mögliche Schwachstellen sind Verbindungselemente und konstruktive Details. Um die Einsatzmöglichkeiten des modernen Holzbaus zu erweitern, will Andrea Frangi mit seinem Team das Abbrandverhalten von Holzbauteilen und Verbindungen unter realistischen Bedingungen weiter erforschen. «Der Bausektor verursacht einen grossen Teil der klimaschädlichen Emissionen. Mit unserer Forschung können wir dazu beitragen, dass noch mehr der nachwachsenden und CO<sub>2</sub>-speichernden Ressource Holz als Baumaterial verwendet wird.», ist Frangi überzeugt.

### **Weitere Informationen**

ETH Zürich  
Markus Gross  
Medienstelle  
Telefon: +41 79 885 76 99  
[markus.gross@hk.ethz.ch](mailto:markus.gross@hk.ethz.ch)

## Press release

New fire simulator

# A furnace for safe timber buildings

Zurich, 8 June 2023

Timber construction is undergoing a renaissance in Switzerland. ETH researchers at the Hönggerberg campus are using a fire simulator to test timber components for the construction of buildings of all sizes. The custom-built oven permits simulations of realistic fire scenarios.

Not all building fires develop in the same way. The flammable material catches fire, the temperature rises, and the fire grows and spreads. The compartment size and properties, the fire load, the temperature, and the oxygen concentration in the burning room influence its development. The most recent acquisition of the Institute of Structural Engineering in the Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering at ETH Zurich is intended to show how timber structures behave in different fire scenarios. The insights gained from this will help to expand the potential applications of timber as a safe and sustainable construction material.

### **Precisely simulating fire scenarios**

Including building renovation measures, the oven developed especially for fire simulations costs around CHF 2.5 million, looks robust, and is housed in the heating building of the Hönggerberg campus. It comprises a metal cube reinforced with steel girders with a combustion chamber that is one metre high, one metre wide, and almost 1.7 metres long. The fire simulator is controlled by ten gas burners attached in equal halves to the two long sides. They can heat the oven up to over 1,400 degrees Celsius. The tests are recorded with several cameras outside the combustion chamber, and the composition of the combustion gases can also be analysed.

“We can program the oven’s temperature precisely to three degrees and do the same with the oxygen in the furnace,” explains Andrea Frangi proudly. The timber components and other common construction materials can also be encumbered with up to 50 tonnes during the test. The Professor for Timber Structures initiated the procurement of the fire simulator and was involved in determining its specifications. “The furnace allows us to simulate various fire scenarios and study their impact on the timber structures.”

### **Timber is a sustainable and safe construction material**

Timber construction is booming in Switzerland, and the buildings are growing. Timber high-rise buildings ranging from 75 to 108 metres in height are currently planned or already under construction in Regensdorf, Zug, Winterthur, and Zurich. The fact that this is at all possible is also due to research work spanning decades, such as that carried out by Frangi's group with the fire simulator. New construction products and technologies for connecting timber components also facilitate increasingly larger and unusual constructions.

Prior to 2004, only two-story buildings with timber structures were permitted in Switzerland. From 2005 the threshold was raised to six stories, and since 2015 there has effectively no longer been an upper limit. "The planned high-rise buildings are undoubtedly flagship projects," says Frangi. "However, timber has long established itself as a construction material for buildings of medium height and is attractive due to its good price-performance ratio, sustainability, and safety." The latter may come as a surprise, but while steel beams can deform and accordingly become unstable in the event of a fire, timber constructions can retain their structural integrity for longer.

The load-bearing capacity of a timber beam in the event of a fire is fundamentally determined by its size. If the beam burns, around four centimetres per hour, are converted from wood to charcoal on the sides exposed to the fire. Potential weak points are connecting elements and constructional details. To expand the potential applications of modern timber construction, Andrea Frangi and his team wish to investigate further the combustion behaviour of structural timber elements and connections under realistic conditions. "The construction sector causes a large share of climate-damaging emissions. With our research, we can help to ensure that even more of the renewable and CO<sub>2</sub>-saving resource timber is used as a construction material," says Frangi.

### **Further information**

ETH Zurich  
Markus Gross  
Media Relations  
Telephone: +41 79 885 76 99  
[markus.gross@hk.ethz.ch](mailto:markus.gross@hk.ethz.ch)