

APPLICATION NOTE

Holz – Feuerfest-Prüfung

Cone Calorimeter TCC 918 – Brandverhalten von Holz

Andrea Rahner und Jörg Menzel, Applikationslabor Selb

Einleitung

Moderne Bauvorschriften und Sicherheitsstandards verlangen, dass Baustoffe nicht nur strukturell sicher, sondern auch brandsicher sind. Holz, ein bewährter Baustoff, bietet viele Vorteile, birgt jedoch auch Risiken, da es bereits durch kleine Wärmequellen wie Funken entzündet werden kann und dabei Rauchgase freisetzt.

Da Rauchvergiftungen die häufigste Ursache für Todesfälle bei Bränden sind und dichte Rauchentwicklung die Orientierung und Fluchtmöglichkeiten erheblich erschwert, ist die Analyse des Brandverhaltens und der Rauchfreisetzung von Holz unverzichtbar.

Um die Eignung von Holz als Baustoff unter diesen Gesichtspunkten zu bestätigen, sind umfassende Brandtests und Zertifizierungen notwendig.

Messbedingungen

Zur Untersuchung des Brandverhaltens wurden Fichtenholzproben ($100 \times 100 \times 17 \text{ mm}^3$) im NETZSCH Cone Calorimeter TCC 918 (Abbildung 1) getestet. Dieses Gerät erfasst die Wärmefreisetzungsrate (HRR), den Massenverlust sowie die Dichte und Zusammensetzung der entstehenden Rauchgase.

Die Holzproben wurden auf einem horizontalen Probenhalter positioniert, der auf einer Wägezelle montiert ist, um den Massenverlust während der Messung kontinuierlich zu dokumentieren. Ein elektrischer Heizkegel erwärmte die Proben von oben und löste die Pyrolyse des Holzes aus. Sobald ausreichend Pyrolysegase freigesetzt waren, erfolgte die Zündung durch einen Funkenentzünder. Die entstehenden Verbrennungsgase strömten durch den Heizkegel und wurden durch ein Abluftsystem erfasst.



1 Cone Calorimeter TCC 918

APPLICATIONNOTE Cone Calorimeter TCC 918 – Brandverhalten von Holz

Im Abgassystem wurden Massenstrom, Rauchgastemperatur sowie die Konzentrationen von O_2 , CO_2 und CO kontinuierlich gemessen. Zusätzlich wurde die Rauchdichte durch die Transmission von Laserlicht bestimmt. Das Gasanalysesystem (Siemens Oxymat/Ultrimat) wurde vor den Messungen kalibriert, und der C-Faktor¹ mithilfe eines Methanbrenners überprüft. Die Messbedingungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Nach Aufheizen des Heizkegels wurde der Shutter geschlossen, und der vorbereitete Probenhalter auf der Grundplatte positioniert. Mit dem automatischen Öffnen des Shutters wurde der Messvorgang gestartet und die freigesetzten Gase durch das automatische Zündsystem entzündet. Abbildung 2 zeigt die Probenvorbereitung und den Messaufbau.

Tabelle 1 Messbedingungen

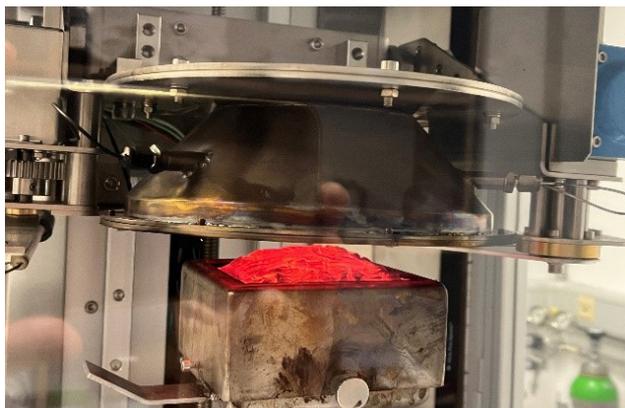
Probenhalter	Horizontal
Wärmefluss	50 kW/m ²
Nominale Durchflussrate	24,0 l/s
Abstand zum Cone-Heizer	25 mm



a)



b)



c)



d)

- 2** Probenvorbereitung und Messaufbau: a) Präparierte Probe im Probenhalter, b) Brennende Probe während des Tests, c) Glühende Probe und d) Erlöschene Probe im Endzustand.

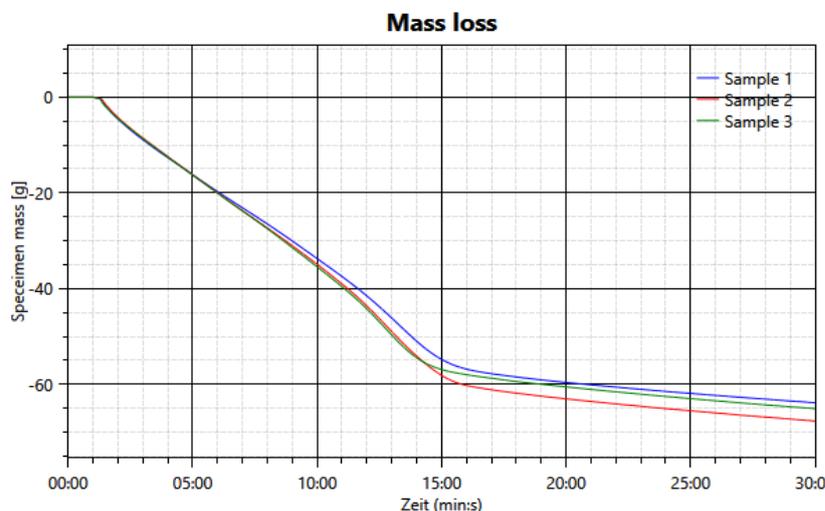
¹Der C-Faktor ist ein zentraler Kalibrierparameter in der Cone Calorimetry, der nach der Norm ISO 5660-1 definiert ist. Er dient als Konstante zur präzisen Bestimmung der Wärmefreisetzungsrate (HRR), indem er die Beziehung zwischen dem Signal des Sauerstoffanalysators und der tatsächlichen freigesetzten Wärmeenergie herstellt.

Messergebnisse

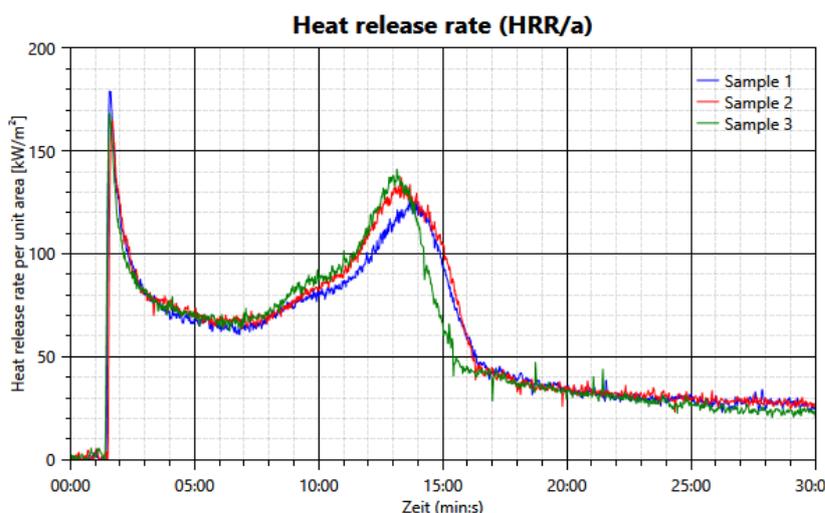
Abbildung 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des Massenverlusts der drei untersuchten Holzproben während der Verbrennung. Direkt nach der Zündung tritt ein rascher Massenverlust auf, der auf die Verbrennung flüchtiger Bestandteile, wie Wasser und leicht brennbarer organischer Substanzen, zurückzuführen ist. Nach dem Erlöschen der Flamme setzt ein langsamer Glimmprozess ein, der zu einem geringeren, kontinuierlichen Massenverlust führt.

Abbildung 4 stellt den Verlauf der Wärmefreisetzungsrates (HRR)² der Proben dar. Unmittelbar nach der Zündung steigt die HRR bei allen Proben stark an und erreicht ein Maximum bei ca. 170 kW/m². Mit dem

Verbrauch der leicht entzündlichen Bestandteile sinkt die HRR deutlich ab, was auf eine weniger intensive Verbrennung hinweist. Dies ist auch ein Hinweis darauf, dass die flüchtigen Stoffe weitgehend verbraucht sind und die Verbrennung der festen Rückstände (Holzkohle) dominiert. Ein erneuter Anstieg der HRR kurz vor dem Erlöschen der Flamme ist typisch für Holz und wird durch das Aufbrechen der Kohleschicht verursacht, wodurch weitere flüchtige Bestandteile freigesetzt und verbrannt werden. Nach etwa 20 Minuten stabilisieren sich die Werte auf einem niedrigeren Niveau. Dies deutet darauf hin, dass der größte Teil des brennbaren Materials verbraucht ist und hauptsächlich verkohlte Rückstände übrig sind. Diese Rückstände brennen langsam und gleichmäßig weiter, was zu einer anhaltenden, aber geringen Wärmefreisetzung führt.

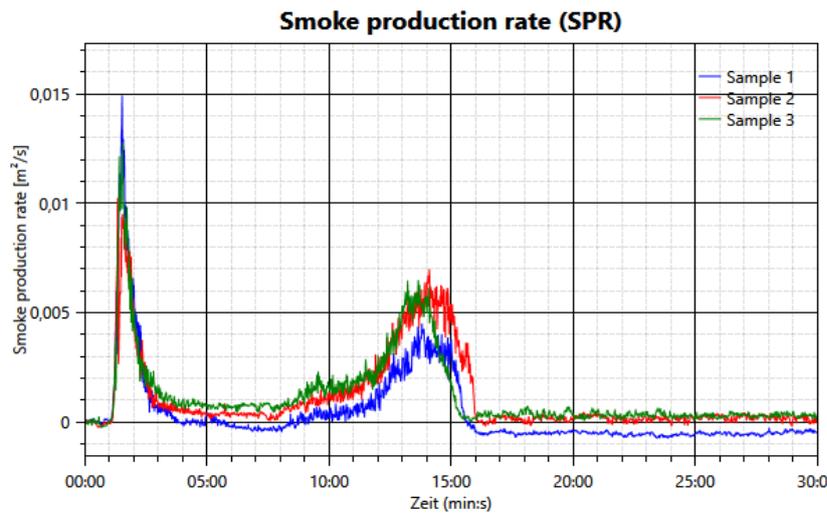


3 Massenverlust der gemessenen Holzproben



4 Wärmefreisetzung der gemessenen Holzproben

²Die Wärmefreisetzungsrates (Heat Release Rate, HRR) ist ein Maß für die Menge an Wärme, die pro Zeiteinheit bei der Verbrennung eines Materials freigesetzt wird. <https://analyzing-testing.netzsch.com/de/produkte/brandpruefung/tcc-918>



5 Rauchentwicklung der gemessenen Holzproben

Ein weiterer zentraler Aspekt der Analyse ist die Rauchentwicklung, die durch die Messung der Transmission erfasst wird. Eine abnehmende Transmission weist auf eine Zunahme der Raumdichte hin. Abbildung 5 veranschaulicht die Rauchmessungen der Proben und verdeutlicht die Korrelation zwischen Rauchentwicklung und Wärmefreisetzung. Zu Beginn zeigt sich ein ausgeprägtes Maximum in der Rauchproduktionsrate (SPR), das auf die rasche Entzündung und die Freisetzung großer Mengen brennbarer Gase und Partikel hindeutet. Dieser erste Peak nimmt jedoch schnell wieder ab, was charakteristisch für die Verbrennung flüchtiger Bestandteile ist, die rasch zur Rauchbildung führen.

Die Ergebnisse bieten wertvolle Einblicke in die komplexen Brandprozesse von Holz, insbesondere hinsichtlich Massenverlust, Wärmefreisetzung und Rauchbildung.

Die Unterschiede zwischen den Proben sind gering und lassen sich durch natürliche Variationen im Holz erklären, etwa durch Unterschiede in Struktur, Feuchtigkeit oder Dichte.

Zusammenfassung

Die Brandresistenz von Holz wird durch die Bildung einer Kohleschicht verbessert, die die innere Holzstruktur isoliert, die Wärmeausbreitung reduziert und die Verbrennung verlangsamt. Diese Schicht trägt zur Formstabilität und Tragfähigkeit von Holzbauteilen bei, wodurch die strukturelle Stabilität von Holzgebäuden bei Bränden länger erhalten bleibt als bei vielen anderen Materialien.

Die geringe Wärmeleitfähigkeit von Holz verstärkt diesen Effekt und erklärt, warum Holzgebäude bei Bränden oft länger intakt bleiben – ein Aspekt, der zum Sprichwort „Holz brennt sicher“ unter Feuerwehrleuten beiträgt. Dennoch ist es wichtig, die Feuerbeständigkeit von Holz weiter zu untersuchen und zu optimieren, um die Sicherheit und Langlebigkeit von Holzbauwerken im modernen Bauwesen zu gewährleisten.