

# Brandanalyse eines polymeren Referenzmaterials und modifizierter Varianten im Cone Calorimeter TCC 918

Andrea Rahner, Applications Laboratory, und Kiran Chukka, R&D Project Engineer



1 Cone Calorimeter TCC 918

## Einleitung

Brandprüfungen spielen eine entscheidende Rolle, um die Sicherheit von Personen zu gewährleisten, gesetzliche Anforderungen zu erfüllen und mögliche Sachschäden zu minimieren, indem das Verhalten von Materialien und Systemen unter Brandbedingungen bewertet wird. Durch kontrollierte Tests wird überprüft, ob Produkte Hitze standhalten, die Ausbreitung von Feuer begrenzen und sicherstellen, dass wichtige Gebäudesysteme, wie Brandmelde- und Löschanlagen, im Notfall zuverlässig funktionieren.

Brandprüfungen bestätigen zudem die Einhaltung nationaler und internationaler Brandschutzstandards, was eine wesentliche Voraussetzung für Bauzulassungen und Produktzertifizierungen ist. Gleichzeitig wird die tatsächliche Leistungsfähigkeit von Materialien und Schutzsystemen bewertet, um sicherzustellen, dass sie im Brandfall ausreichend Zeit für eine sichere Evakuierung bieten und die Auswirkungen eines Feuers begrenzen.

## TCC-Methode

Untersucht wurde ein polymerbasiertes Referenzmaterial. Im Rahmen eines Entwicklungsprojekts wurden mehrere Varianten mit gezielten materialeitigen Modifikationen hergestellt, um deren Einfluss auf zentrale Brandkennwerte systematisch zu analysieren.

Im Fokus stand die Frage, inwieweit sich einzelne brandrelevante Kenngrößen gegenüber dem Referenzmaterial verändern und welche Zusammenhänge zwischen diesen Parametern bestehen.

Zur experimentellen Untersuchung wurde das Cone Calorimeter TCC 918 (Abbildung 1) eingesetzt. Die Methode ermöglicht die simultane Bestimmung mehrerer brandrelevanter Kenngrößen, darunter:

- Zündzeit (Time to Ignition, TOI)
- maximale Wärmefreisetzungsrate ( $HHR_{max}$ )
- Gesamt-Rauchfreisetzung (Total Smoke Release, TSR)
- Massenverlust während der Verbrennung

Die Cone-Kalorimetrie ermöglicht somit eine umfassende Charakterisierung des Brandverhaltens polymerbasierter Materialien unter definierten und reproduzierbaren Brandbedingungen.

Die Bestimmung der Wärmefreisetzungsrate basiert auf dem Sauerstoffverbrauchsprinzip, bei dem die freigesetzte Wärme aus dem gemessenen Sauerstoffverbrauch der Verbrennungsgase berechnet wird.

## APPLICATIONNOTE Brandanalyse eines polymeren Referenzmaterials und modifizierter Varianten im Cone Calorimeter TCC 918

### Messbedingungen

Die Messungen wurden mit dem NETZSCH Cone Calorimeter TCC 918 gemäß ISO 5660-1 durchgeführt. Die Messparameter sind in Tabelle 1 aufgeführt.

**Tabelle 1** Messbedingungen

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

Die Proben wurden horizontal im Probenhalter positioniert und mit einer konstanten Wärmeflussdichte von 50 kW/m<sup>2</sup> beaufschlagt. Diese thermische Belastung entspricht einem mittleren Brandszenario und ermöglicht eine praxisnahe Bewertung des Brandverhaltens.

Während der Messung wurden die Wärmefreisetzungsrate, die Rauchentwicklung und der Massenverlust kontinuierlich erfasst.

Die Messserie umfasste folgende Materialien:

- Standardmaterial
- Entwicklungsvarianten A, B, C und D

Bei allen Proben handelt es sich um polymerbasierte Materialien mit folgenden geometrischen Eigenschaften:

- Fläche: 100 x 100 mm
- Dicke: 3,3 - 3,9 mm
- Masse: 53 - 62 g

Die Materialbasis ist in allen Fällen vergleichbar, während die Varianten gezielt modifiziert wurden.

Abbildung 2 zeigt die Proben im Probenhalter vor Beginn der Messung.



**2** Proben vor der Messung im Probenhalter

## Messergebnisse

### Zündverhalten – Verzögerung als Entwicklungsziel

Die gemessenen Zündzeiten (TOI<sup>1</sup>) lagen zwischen 69 s und 86 s.

Variante A zeigte mit 86 s die längste Zündzeit, während das Standardmaterial im mittleren Bereich der untersuchten Materialien lag.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch gezielte Modifikationen eine erhöhte Zündbeständigkeit erreicht werden kann. Eine längere Zündzeit bedeutet, dass das Material unter identischer thermischer Belastung später in eine selbstständige Verbrennung übergeht.

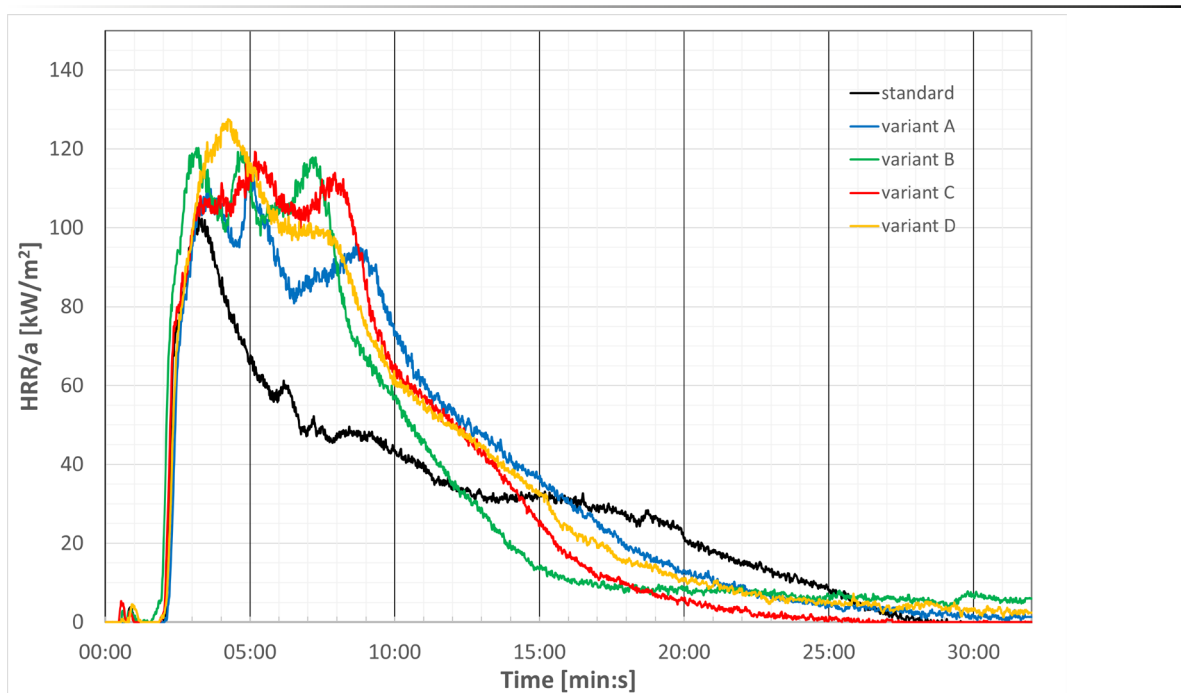
### Wärmefreisetzung – Standard bleibt Benchmark

Die maximalen Wärmefreisetzungsraten ( $HRR_{max}^2$ ) lagen zwischen 102 und 128 kW/m<sup>2</sup> (siehe Abbildung 3).

Das Standardmaterial zeigte die niedrigste maximale Wärmefreisetzungsraten, während die Entwicklungsvarianten A bis D vergleichbare oder leicht höhere HRR<sub>max</sub>-Werte aufwiesen.

Eine zusätzliche Reduktion der maximalen Wärmefreisetzungsraten gegenüber dem Referenzmaterial konnte nicht beobachtet werden. Hinsichtlich der maximalen Wärmefreisetzung bleibt das Standardmaterial daher weiterhin Benchmark.

Während sich beim Zündverhalten und bei der maximalen Wärmefreisetzung nur moderate Unterschiede zeigen, treten bei der Rauchentwicklung deutlichere Differenzierungen zwischen den Materialien auf.



3 Wärmefreisetzungsraten (HRR) der untersuchten Materialien

<sup>1</sup>TOI (Time to Ignition): Zeitspanne vom Beginn der Wärmefreisetzung bis zur Entzündung der Probe

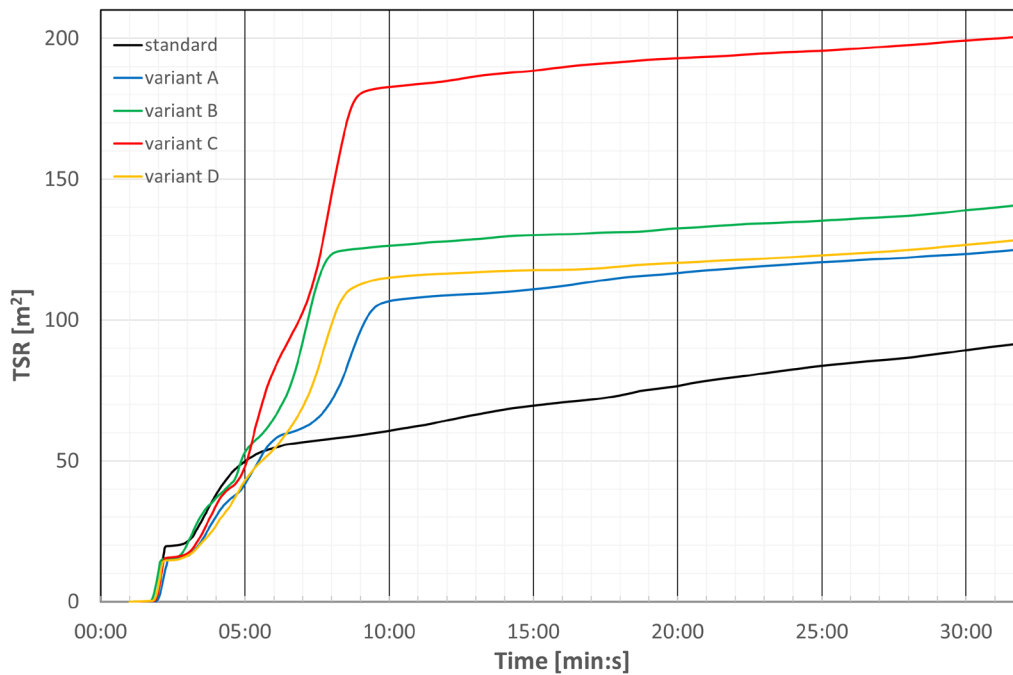
<sup>2</sup>HRR<sub>max</sub>: Maximale Wärmefreisetzungsraten; höchster gemessener Wert der HRR während der Prüfung und Kennwert für die maximale Brandintensität

### Rauchentwicklung – Deutliche Differenzierung

Die größten Unterschiede zwischen den Materialien zeigen sich bei der Rauchentwicklung, dargestellt in Abbildung 4.

Das Standardmaterial weist die geringste Gesamt-Rauchfreisetzung (TSR<sup>3</sup>) auf. Variante C zeigt die höchste Rauchentwicklung, während die Varianten A, B und D im mittleren Bereich liegen.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass eine Verbesserung einzelner Parameter, beispielsweise der Zündzeit, nicht zwangsläufig mit einer Reduktion der Rauchfreisetzung einhergeht. Das Brandverhalten polymerer Materialien stellt somit ein mehrdimensionales Optimierungsproblem dar, bei dem Änderungen der Materialzusammensetzung unterschiedliche Effekte auf Zündverhalten, Wärmefreisetzung und Rauchentwicklung haben können.



4 Gesamt-Rauchfreisetzung (TSR) über der Zeit

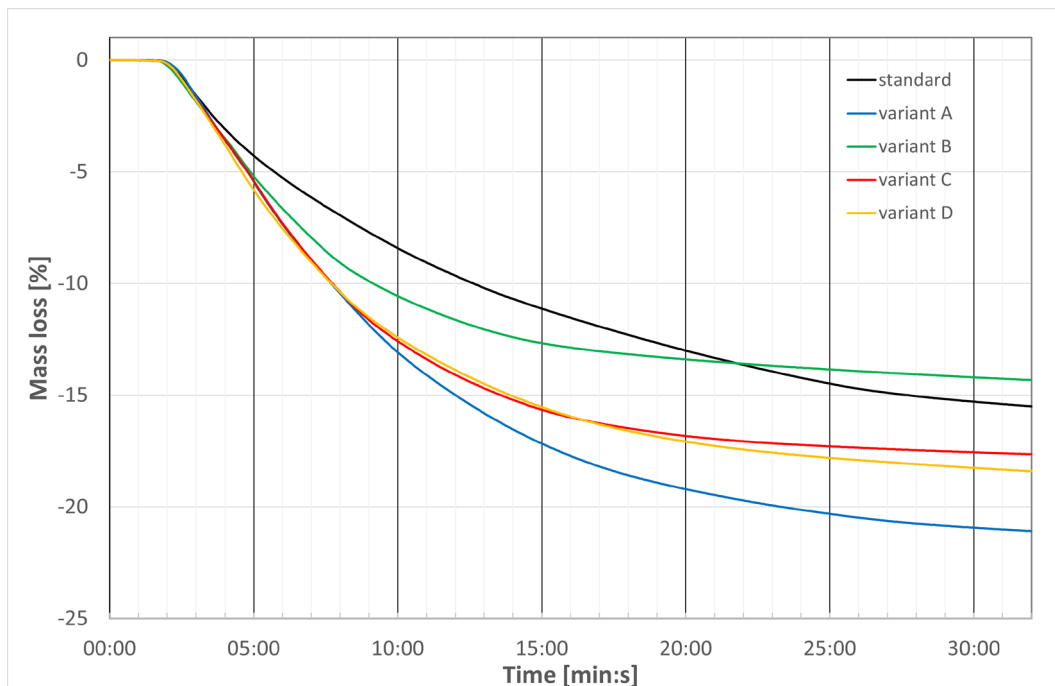
<sup>3</sup>TSR (Total Smoke Release): Gesamte freigesetzte Rauchmenge während der Prüfung; integraler Kennwert zur quantitativen Bewertung der Rauchentwicklung über die gesamte Branddauer.

**Massenverlust – Vergleichbare Abbaumechanismen**

Der relative Massenverlust während der Messung lag zwischen 14 und 21 % (siehe Abbildung 5). Die Darstellung als relativer Massenverlust ermöglicht einen direkten Vergleich der Abbauläufe unabhängig von geringfügigen Unterschieden in der Probenmasse. Zwischen den untersuchten Varianten zeigen sich nur geringe Unterschiede im zeitlichen Verlauf des Materialabbaus. Die ähnlichen Kurvenverläufe deuten darauf hin, dass alle Materialien einem vergleichbaren thermischen Zersetzungs- und Abbrandmechanismus folgen. Das Standardmaterial zeigt zu Beginn der Verbrennung einen etwas geringeren Massenverlust, während sich die Kurven im weiteren Verlauf annähern.

**Zustand der Proben nach der Messung**

Nach Abschluss der Messungen zeigten alle Materialien eine ausgeprägte Rückstandsbildung (Abbildung 6). Unterschiede in Struktur, Integrität und Oberflächencharakteristik der Rückstände korrelieren mit den beobachteten Abweichungen im Brandverlauf.



5 Relativer Massenverlust der untersuchten Materialien



6 Proben nach der Messung im TCC 918

## APPLICATIONNOTE Brandanalyse eines polymeren Referenzmaterials und modifizierter Varianten im Cone Calorimeter TCC 918

### Zusammenfassung

Die Cone-Kalorimetrie mit dem NETZSCH TCC 918 ermöglicht die simultane Erfassung von Wärmefreisetzung, Rauchentwicklung und Massenverlust und liefert damit eine umfassende experimentelle Grundlage zur Bewertung und Optimierung polymerer Materialien hinsichtlich ihres Brandverhaltens.

Die Untersuchung der Entwicklungsvarianten eines polymerbasierten Referenzmaterials zeigt deutliche Unterschiede in einzelnen brandrelevanten Kenngrößen.

Variante A erreicht mit 86 s die längste Zündzeit und weist damit die höchste Zündbeständigkeit unter den untersuchten Materialien auf.

Hinsichtlich der maximalen Wärmefreisetzungsrate bleibt jedoch das Standardmaterial Benchmark, da es die geringste  $HRR_{max}$  zeigt.

Auch bei der Rauchentwicklung zeigt das Standardmaterial die günstigsten Eigenschaften mit der niedrigsten gesamten Rauchfreisetzung, während Variante C die höchste Rauchproduktion aufweist.

Der relative Massenverlust liegt für alle Materialien in einem ähnlichen Bereich zwischen 14 und 21 %, was auf vergleichbare thermische Zersetzungsmechanismen hinweist.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine gleichzeitige Optimierung aller brandrelevanten Kenngrößen nicht ohne Weiteres erreichbar ist. Verbesserungen einzelner Parameter können mit Veränderungen anderer Brandkennwerte einhergehen.

Die Cone-Kalorimetrie ermöglicht dabei eine sensitive Differenzierung selbst eng verwandter Materialformulierungen.