

NETZSCH

Proven Excellence.



TCC 918 Cone Calorimeter

ISO 5660-1, ASTM E1354
Methode & Messgerät

Analyzing & Testing

TCC 918 Cone Calorimeter

für Brandprüfung und Brandschutztechnik

Das Cone Calorimeter gilt als eines der wichtigsten Messgeräte im Bereich Brandprüfung. Das Messprinzip ist darauf zurückzuführen, dass die Netto-Verbrennungswärme proportional zur Menge des für die Verbrennung benötigten Sauerstoffs ist. Die Proben werden einer sehr hohen Wärmestrahlung ausgesetzt, durch Funken entzündet und dadurch verbrannt. Das Messgerät analysiert die Verbrennungsgase und detektiert den Rauch der thermisch hoch belasteten Probe. Das sogenannte „Sauerstoffverbrauchsprinzip“ gehört zu den Methoden der Kalorimetrie. Aus der Sauerstoffkonzentration lässt sich die freigesetzte Wärme berechnen. Die Genauigkeit lässt sich durch Analyse der Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidkonzentrationen verbessern.

Die Messung schließt ebenso die Aufzeichnung der Durchflussrate im Abluftrohr und den Massenverlust der Probe ein. Die Rauchverdunkelung wird als die Intensität des Laserlichts durch den Rauch im Abzugsrohr gemessen. Der Extinktionskoeffizient wird nach dem Lambert-Beer'schen Gesetz* berechnet. Die Messergebnisse bilden die Grundlage für die Bestimmung der Rauchentwicklung und der Rauchentwicklungsrate.

Das TCC 918 arbeitet gemäß aller etablierten Normen einschließlich ISO 5660-1, ASTM E1354, ASTM E1474; ASTM E1740, ASTM F1550 etc.

* Lambert-Beer'sches Gesetz: Dämpfung eines Lichtstrahls durch ein optisch homogenes (transparentes) Medium, auch Bouguer-Lambert-Beer'sches Gesetz genannt

Entflammbarkeitsparameter in Verbindung mit dem Abbrandverhalten der Probe zur Vorhersage des Echtzeit-Brandverhaltens:

- Entzündungszeit
- Massenverlustrate
- Verbrennungsprodukte
- Wärmefreisetzungsrate
- Rauchentwicklung
- Effektive Verbrennungswärme
- Brandmodellierung
- Vorhersage des realen Brandverhaltens
- Entwicklung neuer Produkte (Pass-/Fail-Tests)

TCC-Tests dienen als Datenquelle für Materialeigenschaften und als Grundlage für Berechnungsmodelle zur Vorhersage des Brandverhaltens.



Messprinzip

Die Probe ($100 \times 100 \times 50 \text{ mm}^3$) wird auf einem Probenhalter positioniert, der in der Wägezelle platziert wird. Die Wägezelle zeichnet die Probenmasse während der Messung auf. Abhängig von der Probe kann der Probenhalter offene oder geschlossene Kanten haben.

Zündsystem und konusförmiger Heizer

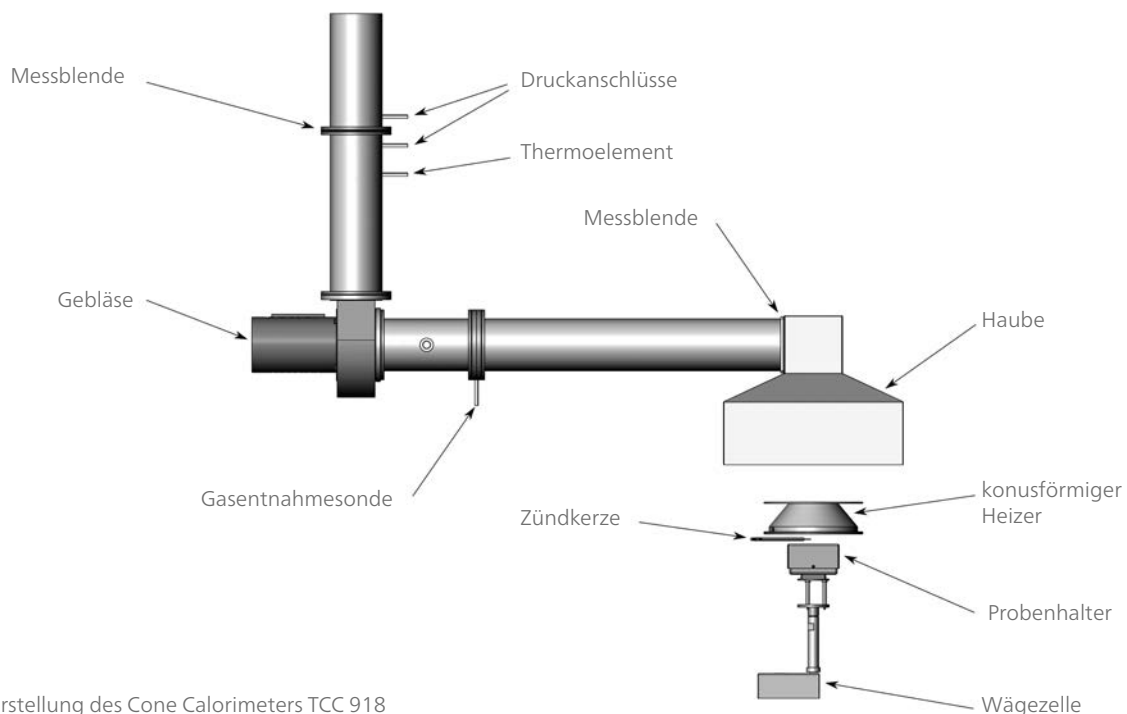
Ein konusförmiger elektrischer Heizer bestrahlt die Probe gleichmäßig von oben. Sind genügend Pyrolyseprodukte erzeugt worden, löst ein elektrischer Funke des automatisch eingeschwenkten Zünders die Verbrennung aus. Die entstehenden Verbrennungsgase strömen durch den Heizkegel und werden von einem Abluftsystem mit Radiallüfter und Haube aufgefangen. Im Rauchgaskanal werden O_2 -, CO - und CO_2 -Konzentrationen und Rauchdichte gemessen. Ein laser-photometrischer Strahl ermöglicht Aussagen über die Menge des entwickelten Rauchs.

Messung der Gaskonzentration

Die Messung der Gaskonzentrationen ermöglicht die Berechnung der Wärmeabgabemenge pro Zeiteinheit. Die Wärmefreisetzungsrate (HRR) wird in $[\text{J/s}]$ oder $[\text{W}]$ ausgedrückt und ist im zeitlichen Verlauf ein wichtiger Parameter zur Beurteilung eines Materials.

Die Analyse der HRR-Kurve über der Zeit und die Messung weiterer Größen erlauben die Charakterisierung von:

- Zeit bis zur Zündung (TOI)
- Zeit der Verbrennung oder des Erlöschens (TOF)
- Massenverlust während der Verbrennung
- CO - und CO_2 -Mengen
- Gesamte Rauchfreisetzung (TSR)



Schematische Darstellung des Cone Calorimeters TCC 918

WAS DIE ENTSCHEIDUNG FÜR DAS TCC 918 SO EINFACH MACHT ...



Effiziente Peltier-Kühlvorrichtung für Gase

Das Probengas wird zur Entfeuchtung durch einen geregelten, geräuschlosen und wartungsfreien Peltier-Kühler auf bis zu -10°C gekühlt. Somit entfällt der üblicherweise verwendete teure Thermostat für Gaskühlung sowie oft zusätzlich notwendige Trockenmittel.

Ethernet für Steuerungsautomatisierung – EtherCAT-Technologie

Das NETZSCH TCC 918 ist mit der neuesten Hardwaretechnologie, einschl. einer neuen EtherCAT-Technologie für die Kommunikation zwischen den verschiedenen Geräten, ausgestattet. Sie verbessert deutlich die Reaktionszeiten zwischen allen elektronischen Komponenten und ermöglicht eine Datenerfassung in Echtzeit sowie eine hervorragende Synchronisation.

Stabiles und robustes Lasersystem zur Messung der Rauchentwicklung

In der Messstrecke des Rauchkanals befindet sich ein optisches Lasermesssystem. Dieses misst die erzeugte Rauchmenge mittels eines HeNe-Laserstrahls. Das optische Gerät verfügt über eine optimierte Elektronik für einen stabilen und sicheren Betrieb bei hoher Empfindlichkeit. Die Stabilisierungszeit ist auf <20 min reduziert.

Umfassende Windows-basierte Software – Kein zusätzlicher PC erforderlich

Das System ist mit einem Single Board Computer (SBC) einschließlich PC und hochmodernem Touchscreen ausgestattet. Die Software ermöglicht die Darstellung aller relevanten Daten und Messergebnisse in Form von Grafiken und Tabellen und steuert sämtliche Prozesse.

Automatische Gaseinstellung

Der Gasbrenner ist mit einem Massendurchflussregler (MFC) speziell für Methan ausgestattet.

Abgassystem für verlängerte Lebensdauer

Abluftventilator mit Kollektor und Messrohr aus Edelstahl sorgen für eine längere Lebensdauer.

Beweglicher Heizer und Probenhalter

Der konusförmige Heizstrahler mit doppelwandigem und isoliertem Strahlungsschild ermöglicht Heizleistungen bis 5 kW. Der Edelstahl-Probenhalter besteht aus einem Halterahmen und CaSi-Platten. Messungen sind nach Norm in horizontaler oder vertikaler Lage möglich. Die Abstände zwischen Heizer und Probe sind außerdem softwareseitig frei einstellbar. Probenhalter und Heizer sind individuell durch motorische Antriebe verschiebbar.

Präzise Wägezelle

Während des Experiments wird die Probenmasse von einer Wägezelle des renommierten Herstellers SARTORIUS erfasst. Sie weist einen Wägebereich von 8,2 kg und eine Genauigkeit von 0,01 g auf.

Ein umfassendes Bild des Brandverhaltens erhalten: Die Kopplung mit FT-IR

Das Verständnis der Wärme-freisetzung allein reicht für eine umfassende Beurteilung des Brandverhaltens nicht aus. Durch die Kopplung des FT-IR-Gas-analysators Bruker OMEGA 5 mit dem Cone Calorimeter TCC 918 ist eine präzise Identifizierung und Quantifizierung der bei Brandversuchen freigesetzten toxischen Gase möglich. Eine Transferleitung mit 200 °C und eine Gaszelle mit 180 °C erlauben einen zuverlässigen Gastransfer. Gleichzeitig sorgt die optische Weglänge von fünf Metern für eine hohe Empfindlichkeit bei Messungen im ppm*-Bereich. Diese Eigenschaften ermöglichen tiefere Einblicke in die Verbrennungsprodukte und unterstützen eine umfassendere Bewertung von Brandgefahren.

* parts-per-million



Bruker OMEGA 5 FT-IR-Toxizitätssystem gekoppelt an ein NETZSCH TCC 918 Cone Calorimeter

Kontinuierlicher Gasanalysator zur HRR-Berechnung

Der Einsatz von optischen Kopplern und optischen Filtern in der IR-Physik führt zu einer Erhöhung der Selektivität. Dies gewährleistet Messungen bei niedrigen Konzentrationen und Nachweisgrenzen. Zu diesem Zweck ist das System mit einem robusten Siemens ULTRAMAT/OXYMAT 6E mit korrosionsbeständigen Materialien im Gaskanal ausgestattet. Er dient zur normgerechten Detektion zweier Infrarot-Komponenten, CO und CO₂ sowie O₂.

OXYMAT

Der einzige Analysator, der zur Durchführung grundlegender Cone Calorimeter-Experimente nötig ist, ist der Sauerstoffanalysator. Zusätzliche Analysatoren (CO, CO₂ usw.) tragen zum besseren Verständnis des Verbrennungsprozesses bei und reduzieren Unsicherheiten in den Testergebnissen.

Die OXYMAT-Physik basiert auf der Sauerstoffmessung mit der paramagnetischen Wecheldruckmethode für hohes Nachweisvermögen. Das System ist vollständig in die TCC 918-Software integriert, was die Handhabung vereinfacht, automatische Abläufe ermöglicht und die Messzeit reduziert.

Kalibrierung des Gasanalysators

Zur einfachen Handhabung sind die Einstellungen vollständig automatisiert: Die Kalibriergase werden durch die Software verwaltet und eingestellt.



Massendurchflussregler speziell für Methan

Der Methangasbrenner ist mit einem piezoelektrischen Zünder ausgestattet. Ein Massendurchflussregler (MFC), speziell für Methan, beinhaltet ein Magnetventil und ein Absperrventil.

Die Performance ist ebenfalls auf die Anforderungen des Kalibrierbrenners abgestimmt. Der Brenner ist durch eine Abdeckung aus Edelstahl geschützt.

Probenhalter

Der Probenhalter aus Edelstahl ist mit Halterrahmen und CaSi-Platten ausgestattet. Er ist oben offen für eine einfache Probenbestückung. Je nach Probe sind Probenhalter mit offenen oder geschlossenen Kanten erhältlich.

In einigen Fällen kann die Probe während der Aufheizung aufquellen und eine schützende Kohleschicht bilden. In diesem Fall kann ein Probenhalter mit Drahtgeflecht verwendet werden, um die Probe während des Aufquellens an Ort und Stelle zu halten.

Kalibrierung des TCC 918

Die Kalibrierung des TCC 918 erfolgt gemäß der Normen ISO 5660-1 und ASTM E1354. Die Software vereinfacht den Kalibrierprozess. Für die Auswertung steht eine EXCEL-Datei zur Verfügung, in die die Kalibrierdaten für weitere normgerechte Berechnungen geladen werden können.

Haube und Abluftventilator

Die Rauchgase von der brennenden Probe werden in der Absaughaube direkt über dem Konusheizer aufgefangen. In der Abgasstrecke ist ein Rauchgasventilator montiert, um den erforderlichen Volumenstrom einzustellen. Der Abluftventilator als auch der Kollektor sind aus Edelstahl gefertigt.

Wärmefreisetzungsrate

Die Rate, bei der ein Brand Energie freisetzt, wird Wärmefreisetzungsrate (engl. heat release rate, HRR) genannt. Sie ist ein bedeutender Parameter bei der Brandmodellierung. Die HRR hat Auswirkungen auf die Sicherheitsaspekte einer entzündbaren Freisetzung oder beim thermisch bedingten Durchgehen (Thermal Runaway). Sie wird aus der Sauerstoffkonzentration in den Rauchgasen (Prozentsatz des bei der Verbrennung verbrauchten Sauerstoffs) berechnet.

Zeit bis zur Entzündung

Die Zeit bis zur Entzündung (engl. time to ignition, TOI) definiert, wie schnell die flammende Verbrennung eines Material erfolgt, wenn es einer Wärmequelle ausgesetzt wird. Zündfähige Gase entstehen, wenn die Oberfläche z. B. eines Verbundwerkstoffs auf die Pyrolysetemperatur der Polymermatrix erhitzt wird, die bei den meisten organischen Harzen typischerweise im Bereich von 250 °C bis 400 °C liegt.

TCC 918 Cone Calorimeter

Messverfahren	ISO 5660-1 und ASTM E 1354
Heizeinheit	▪ Doppelwandige Ausführung, Edelstahl mit Mineralwolle-Isolierung ▪ Elektrisches Heizelement 5,0 kW ▪ Abmessungen: Ø = 197 mm, H = 65 mm
Wägezelle	▪ Wägezelle mit Halterung, Edelstahl ▪ Wägebereich: 0 – 8,2 kg ▪ Wägeauflösung/-genauigkeit: 0,01 g / ± 0,01 g
Abzugshaube	Mit Kollektor aus Edelstahl und Abmessungen von 400 x 400 x 330 mm ³
Brenner	▪ Robuster Methangasbrenner für Kalibrierung ▪ Massendurchflussregler für Methan ▪ Softwaregeregeltes Magnetventil ▪ Zentrieradapter für sichere und anwenderfreundliche Bedienung
Zünder	▪ Robuster und schneller pneumatischer Mechanismus (softwaregesteuert) ▪ Elektrischer Funke zur präzisen Zündung der Verbrennungsgase ▪ Variable Pulsbreite und -dauer, einstellbar durch die Software zur Untersuchung des Zündverhaltens einer Probe
Messrohr	▪ Edelstahl, Ø 114 mit Gasentnahmesonde ▪ 2 Thermoelemente und Blendenanordnung für Differenzdruck ▪ Adapter für optische Messtrecke und FT-IR-Kopplung ▪ Spezielle Konstruktion für einfache Montage im Wartungsfall
Probenhalter	▪ Edelstahl, Rahmen zur Probenjustierung für definierten Abstand zum Cone-Heizelement ▪ Abmessungen innen (W x T x H): 100 x 100 x 50 mm³
Kühlfalle für Prüfgas	▪ Effektiver Peltier-Kühler für Gaskühlung ohne mechanische Teile ▪ Abkühlung bis -10 °C für effektive Trocknung ohne giftige Trockenmittel
Lichtmesssystem	▪ Schutzfenster mit verringerten Kondensationseffekten durch Luftstrom (Druckluft) ▪ He-Ne-Laser-Lichtquelle (0,5 mW) und strahlungsgehärtetem Gehäuse (Laserklasse 2) ▪ Silizium-Fotodetektor mit Aluminiumgehäuse und Montageflansch, schwarz eloxiert ▪ Datenerfassungssystem mit zwei separaten und synchronisierten ADC-Kanälen für schnelle Betriebsbereitschaft und hohe Stabilität
Gas-aufbereitung	▪ 2 Partikelfilter, Hauptfilter für 2 µm und zweiter Filter für Partikelgröße 0,1 µm ▪ Automatische, softwaregesteuerte Kondensatpumpe
Gasanalysator	▪ SIEMENS ULTRAMAT/OXYMAT 6E ▪ Messkomponenten: CO₂, O₂, CO ▪ Messbereich: 0 – 100 % für O₂ ▪ Automatische Kalibrierung des Gasanalysators durch softwaregesteuerte Gasventile ▪ Völlige Integration in das TCC-Rechnersystem und Bedienung über TCC-Touchpanel
Software/Hardware	▪ Integriertes Rechnersystem mit Touchpanel für Parameterdefinition und Visualisierung (19") ▪ Zweites Touchpanel für digitale Schalter und Parameteranzeige (10") ▪ TCC-Software für einfache Menüführung und Gasanalysatorkontrolle mittels digitaler Schnittstellen ▪ Verschiebbarer Tastaturbereich, optionale Bedienung über Netzwerk (WiFi oder LAN) durch zusätzlichen Windows-PC
Geräte-abmessungen	▪ Industrieschrank (B x T x H): 1550 x 620 x 2700 mm³ ▪ Gewicht: ca. 450 kg
Stromversorgung	380/400 V, 50/60 Hz, 32 A

Technische Spezifikation

Einfluss von Flammenschutzmittel auf das Brandverhalten elektrischer Bauteile

Flammenschutzmittel (FR) in Kunststoffen stehen für Brandschutz. Typ und Menge hängen von der Applikation und den Anforderungen der Norm für Entflammbarkeit ab. Wünschenswert sind kleine Mengen, um die Materialeigenschaften und das Verarbeitungsverhalten so wenig wie möglich zu beeinflussen. Da bereits ein kleiner Brand dichten Rauch entwickeln kann, der die visuelle Orientierung erschwert oder die Flucht einer eingeschlossenen Person behindert, und der Rauch zudem für die Brandopfer giftig sein kann, sollten spezielle nichthalogenierte Flammenschutzmittel oder Flammenschutzmittel auf Graftbasis verwendet werden.

Der Einfluss verschiedener Flammenschutzmittel auf das Brandverhalten von PA 6-Proben wurde im TCC 918 an PA-Platten von 100 x 100 x 4 mm³ (Spritzguss) unter-

sucht. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse an reinem PA 6 und die Visualisierung in der TCC-Software.

In Abbildung 2 sind die Messergebnisse hinsichtlich Massenverlust, Wärmefreisetzungsrate und Transmission in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Die Probe mit Flammenschutzmittel auf Graftbasis (rot) zeigt den geringsten Massenverlust, die geringste Wärme- und Rauchfreisetzung (geringste Reduktion der Transmission). Die Probe mit dem nichthalogenierten Flammenschutzmittel (grün) verhält sich ähnlich wie reines PA 6 (blau), mit der Ausnahme, dass die Werte für die Wärmefreisetzungsrate niedriger sind und das Ende schneller erreicht wird. Im Fall der Transmission ist die Rauchentwicklung wesentlich höher als bei reinem PA 6.

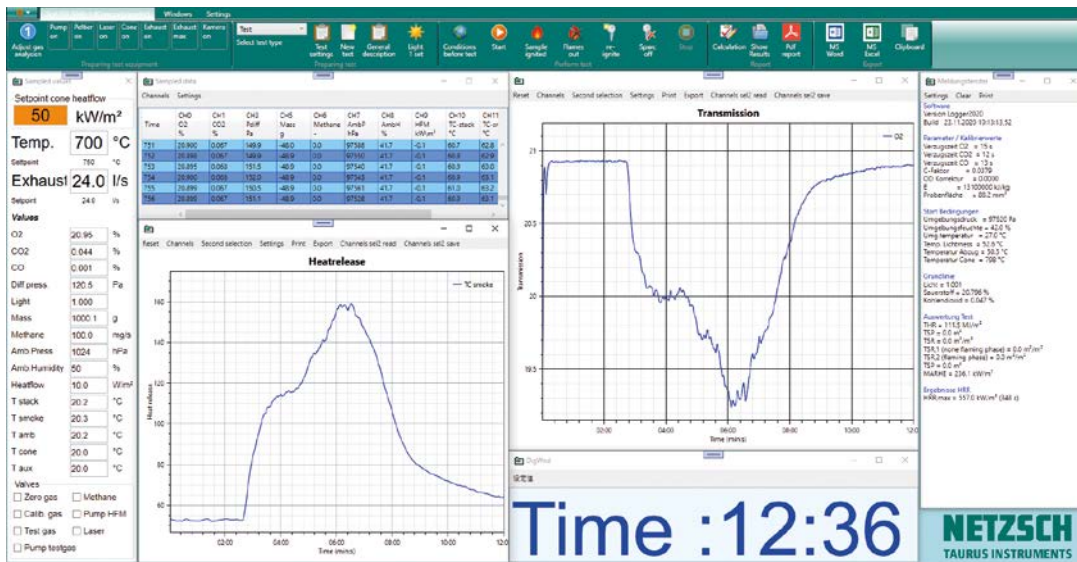


Abbildung 1: Überblick über die TCC-Messungen an reinem PA6 in der TCC-Software: Messeingabedaten (linke Spalte), Messwerte von 751 s bis 756 s und zwei exemplarische Messkurven (mittlere Spalten), Übersicht über die Analysewerte (rechte Spalte).

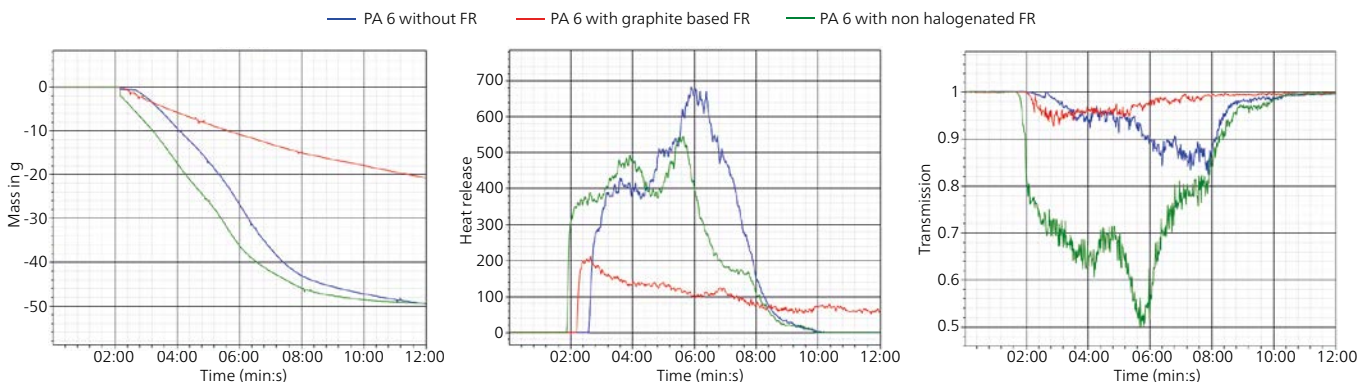


Abbildung 2: Reines PA 6 (blau), PA 6 mit Flammenschutzmittel auf Graftbasis (rot) und PA 6 mit nichthalogeniertem Flammenschutzmittel (grün)
a) Massenverlust b) Wärmefreisetzungsrate c) Transmission (Quelle: BPI)

Eine Windows-Software, die keine



Anzeige aller relevanten Daten und Messergebnisse in Form von Grafiken und Tabellen

- Frei konfigurierbare Anzeige in Form von Tabellen, Diagrammen, Text oder Grafiken
- Möglichkeit zur freien Konfiguration von 16 Bildschirmfenstern pro Anzeigetyp
- Möglichkeit zur Anzeige von Messwerten auf separaten Monitoren

Benutzergeführte Versuchssteuerung

- Grafischer Ablaufplan zur Versuchsdurchführung
- Dialog mit anlagenspezifischen Benutzerhinweisen
- Dialog zum Eintragen aller relevanten Daten/Information gemäß Norm
- Dialog zur automatisierten Durchführung der Justierung der Gasanalyse
- Aufzeichnung der Daten des Vortest (300 s)
- Automatisiertes Ansteuern der Ventile und des Brenners
- Überwachung des Tests bezüglich HRR und Übertemperatur im Abzug
- Online-Berechnung aller testspezifischen Daten:
 - Heizleistung
 - Wärmefluss
 - Wärmefreisetzung
 - effektive Verbrennungswärme
 - Massenverlust
 - spezifischer Extinktionsbereich
 - Rauchentwicklung
 - Gaskonzentration
- Berechnung und Anzeige aller Messergebnisse gemäß Norm
- Speichern in EXCEL-Datei

Messpunktkonfiguration

- Zuordnung von Name, Messbereich und Korrekturfaktoren für jeden Kanal
- Zuordnung und Auswertung von Grenzwerten für jeden Kanal
- Anzeige aller berechneten Daten gemäß Norm

Kalibrierung Gasanalyse

- Der Ablauf der Justierung ist vollständig automatisiert: Kalibriergase werden durch die Software verwaltet, und die vollständige Überwachung und Kommunikation erfolgt über die digitale Schnittstelle.

Wünsche offen lässt ...

Kalibrierung Prüfgerät gemäß Norm

- Vereinfachte automatisierte Prozesse für die Kalibrierung
- EXCEL-Datei für Auswertung der Berechnungen verfügbar
- Dokumentation für verwendete Sensoren

Protokoll

- Eingabefenster für alle testspezifischen Daten gemäß Norm
- Protokolldruck gemäß ISO 5660 und ASTM E 1354 mit grafischer und numerischer Darstellung
- Darstellung der aktuellen Kalibrierdaten als Teil des Protokolls
- Protokoll-Konvertierung in PDF
- Kopieren der Protokolldaten (Texte/Grafiken) in die Zwischenablage
- Anzeige von Protokolldaten in Textdatei möglich

Zusätzliche Merkmale

- Überwachung des Messgeräts mit Anzeige relevanter Meldungen mit Abschaltung bei kritischen Überschreitung von Einzelwerten
- Speicherung aller Versuchsdaten im Rohdaten-Format (binär) mit Schnittstelle zu EXCEL oder WORD über Zwischenablage
- Datenspeicherung im CSV-Format

Firmware TCC 2020_SBC

- Hardware-Steuerung über SBC (Intel Atom)
- 10"-Anzeige mit PCAP und hoher Auflösung für Anzeige und Bedienung
- Steuerung aller Hardware-Komponenten wie Ventile, Gasanalysator, Lichtmessstrecke und Massendurchflussregler

**DARSTELLUNG ALLER
RELEVANTEN DATEN**

**BENUTZERGEFÜHRTE
VERSUCHSSTEUERUNG**

**MESSPUNKT-
KONFIGURATION**

**VEREINFACHTE
KALIBRIERROUTINEN**

HRR-ÜBERWACHUNG

**ONLINE-BERECHNUNG
DER MESSDATEN**

PROTOKOLL

**HOCHAUFLÖSENDER
TOUCH-PC**

**GEMÄß ISO 5660
UND ASTM E1354**

Die inhabergeführte NETZSCH Gruppe ist ein weltweit führendes Technologieunternehmen, das sich auf den Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau spezialisiert hat.

Unter der Führung der Erich NETZSCH B.V. & Co. Holding KG besteht das Unternehmen aus den drei Geschäftsbereichen Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme, die branchen- und produktorientiert ausgerichtet sind. Ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleistet Kundennähe und kompetenten Service seit 1873.

NETZSCH Technologie ist weltweit führend im Bereich der Thermischen Charakterisierung von annähernd allen Werkstoffen. Wir bieten Komplettlösungen für die Thermische Analyse, die Kalorimetrie (adiabatische und Reaktionskalorimetrie), die Bestimmung thermophysikalischer Eigenschaften, die Rheologie und die Brandprüfung. Basierend auf mehr als 60 Jahren Applikationserfahrung, einer breiten Produktpalette auf dem neuesten Stand der Technik und umfassenden Serviceleistungen erarbeiten wir für Sie Lösungen und Gerätekonfigurationen, die Ihren täglichen Anforderungen mehr als gerecht werden.

Proven Excellence.■

NETZSCH-Gerätebau GmbH
Wittelsbacherstraße 42
95100 Selb, Deutschland
Tel.: +49 9287 881-0
Fax: +49 9287 881-505
at@netzsch.com
<https://analyzing-testing.netzsch.com>



NETZSCH®

www.netzsch.com