



Fraunhofer
IGCV

Fraunhofer-Institut für
Gießerei-, Composite- und
Verarbeitungstechnik IGCV

Portfolio Prüftechnik

**Standardisierte und individuelle
Material- und Bauteilanalyse**

Inhalt

Unser Portfolio	3
Thermoanalyse	6
Mechanische Prüfung	10
Optische Analyse	16
Chemische Analyse	21
Physikalisch-Technologische Prüfungen	23
Probenherstellung und Probenvorbereitung	25
Angebotsüberblick	27
Impressum	30



Unser Portfolio

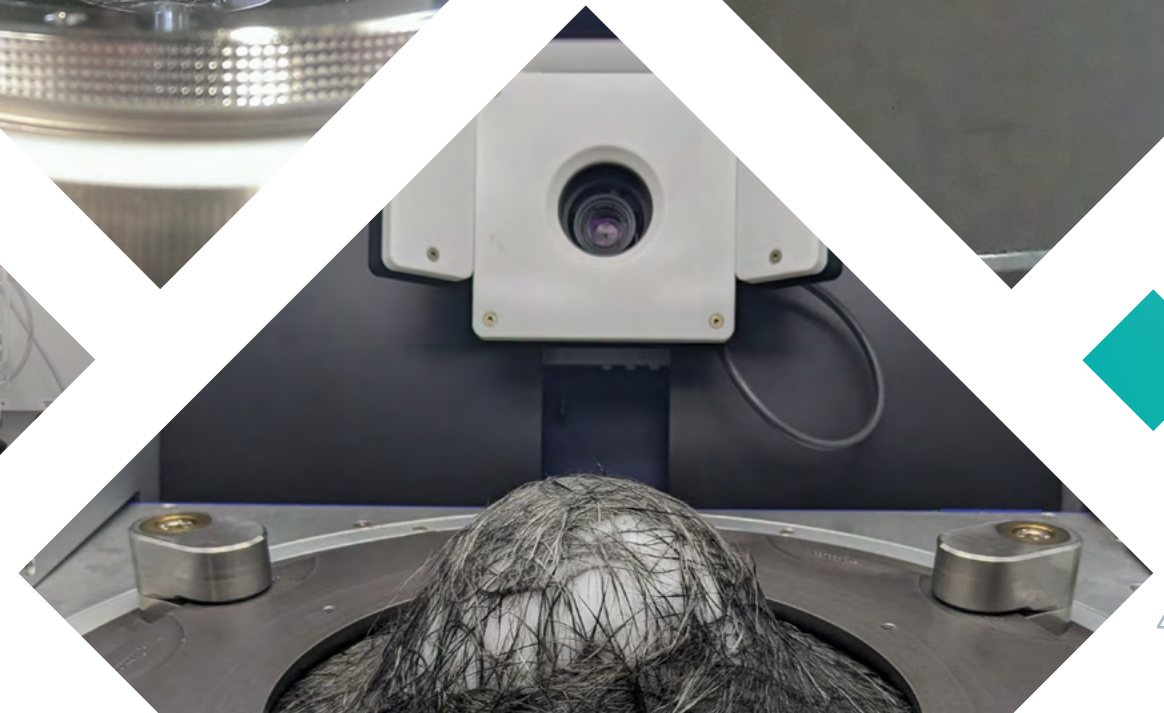
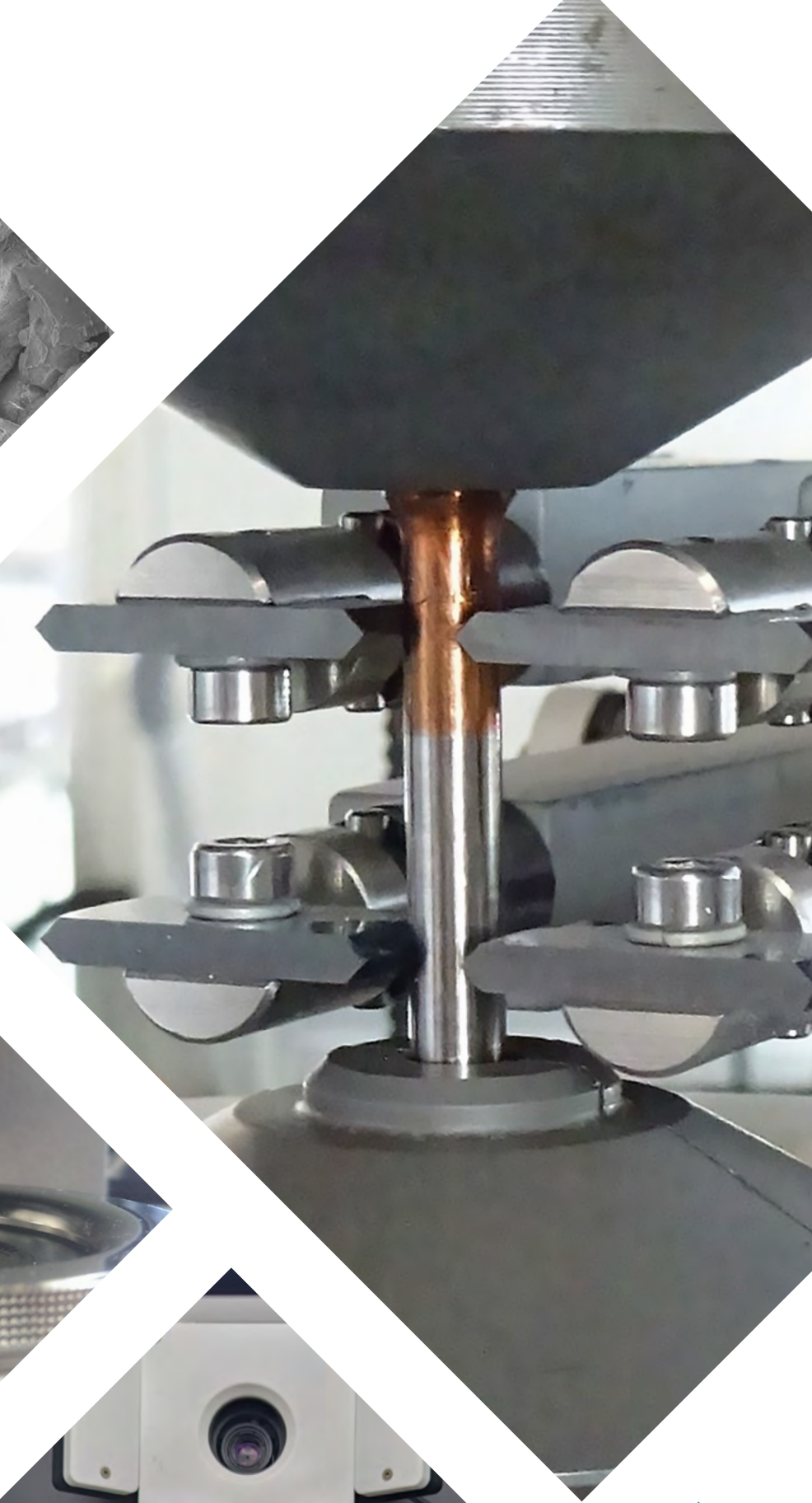
Unsere Leistungen

Die Schwerpunkte der Prüftechnik am IGCV liegen auf der Identifizierung, Charakterisierung und wissenschaftlichen Analyse von Halbzeugen und Bauteilen aus diversen Herstellungsprozessen sowie den dabei eingesetzten Materialien. Die Ausstattung und Kompetenz wurde und wird ständig auf weitere Themenfelder ausgeweitet, wie beispielsweise technische Sauberkeit oder die Untersuchung von Multimaterialsystemen, Metalllegierungen und Kernmaterialien für den Sand- und Kokillenguss bzw. in der additiven Fertigung genutzte Werkstoffe. Für die Untersuchung der Materialien sowie der resultierenden Bauteile stehen zahlreiche Prüfgeräte und -methoden zur Verfügung. Die gewonnenen Materialdaten können

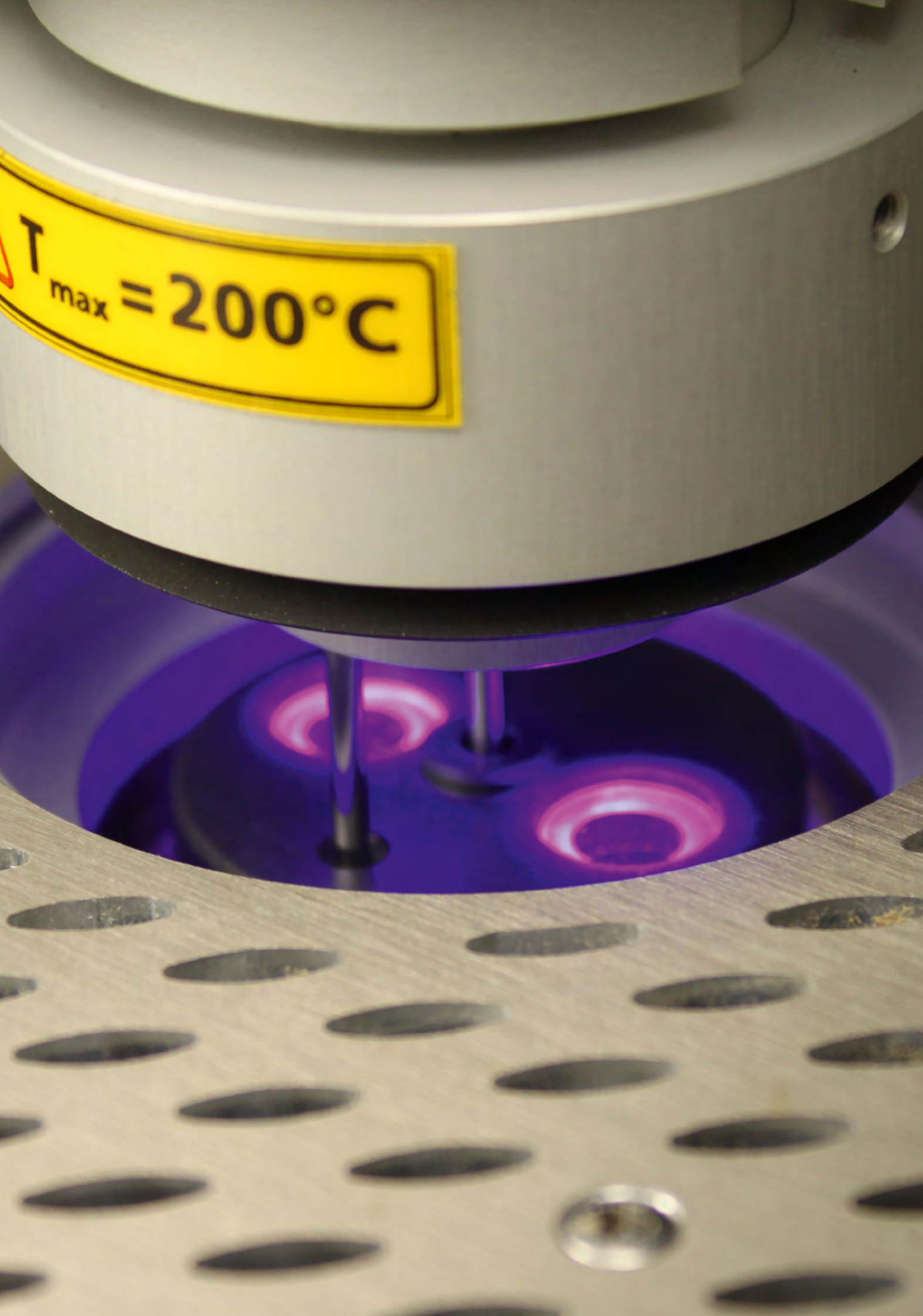
- zur grundlegenden Beurteilung der Materialeignung,
- für die Bewertung und Optimierung von Prozessen und Prozessparametern sowie
- zur Entwicklung neuer Prozesse,
- als Bewertung des fertigen Bauteils und
- als Eingangsgröße für numerische Simulationen

herangezogen werden.

Im Folgenden wird die prüftechnische Ausstattung am Fraunhofer IGCV anhand der einzelnen Anlagen und den Spezifikationen sowie deren Einsatzmöglichkeiten vorgestellt.



Thermoanalyse



Während der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung der verschiedenen Werkstoffe werden diese oftmals temperaturabhängigen Strukturänderungen ausgesetzt. Zu deren Charakterisierung werden unterschiedliche Verfahren eingesetzt. Je nach Methode können z. B. thermische Umwandlungen (DSC, DMA), Änderung der mechanischen Performance (DMA) oder chemische Reaktionen und Zersetzungen (TG, DSC, DEA, FTIR) sowie Viskositätsänderungen (Rheometer, DEA) in Abhängigkeit von Temperatur, Heiz- und Kühlrate, Deformation und Atmosphäre gemessen werden.

Dielektrische Analyse DEA (Netzsch DEA 288 Epsilon)

- Temperaturbereich von -140 bis 400°C
- Frequenzbereich: 1 MHz bis 1 MHz
- Simultane Messung von acht Sensoren möglich
- Stickstoff- oder Luftatmosphäre

Mittels DEA werden die dielektrischen Eigenschaften wie Permittivität, Verlustfaktor und Ionenviskosität eines Materials bestimmt. Im Bereich der polymeren Werkstoffe können dadurch die Aushärtung von Duroplasten oder auch Phasenübergänge in Thermoplasten und Elastomeren bis in den hochsensitiven Bereich diffusionsgesteuerter Vorgänge zur Materialcharakterisierung verfolgt werden. Durch eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren können die Untersuchungen im Labormaßstab oder auch im Bereich des Online-Process-Monitorings über einen sehr großen Frequenz- und Temperaturbereich erfolgen. Die Kombination von geeigneter Sensorik mit einer hohen Datenaufzeichnungsrate ermöglicht es zudem, schnell härtende UV-Systeme und Kohlenstofffaserverbunde in Labor und Prozess zu charakterisieren.

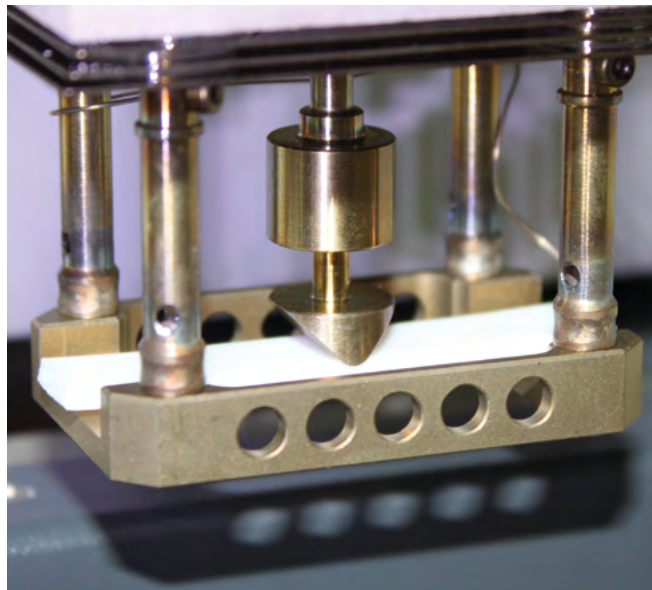
Dynamische Differenzkalorimetrie DSC (Netzsch DSC 204 F1 Phoenix und DSC 214 Polyma)

- Wärmestromdifferenzprinzip
- Temperaturbereich von -180 bis 600°C mit bis zu 500 K/min
- Autosampler für bis zu 64 Proben
- Stickstoff- oder Luftatmosphäre
- Temperaturmodulierte Messungen

Durch die DSC können thermophysikalische und chemische Charakterisierungsgrößen wie Übergangstemperaturen und Schmelz-, Kristallisations- und Reaktionsenthalpien ermittelt werden. Darüber hinaus können Kristallisations- und Aushärtegrade bestimmt sowie die thermische Vorgeschichte von Materialien aufgeklärt werden. Zur Unterscheidung von reversiblen und nicht reversiblen Effekten vor allem in Abhängigkeit der thermischen Vorgeschichte kann die DSC auch temperaturmoduliert betrieben werden (TMDSC). Eine Besonderheit stellt eine zweite DSC Anlage dar, die mit Heiz- und Kühlraten von bis zu 500 K/min betrieben werden kann. Somit können reale Arbeitsbedingungen, wie beispielsweise Spritzgussprozesse simuliert werden. Mittels eines UV-Aufsatzes können sowohl thermisch als auch photonisch induzierte Aushärtereaktionen untersucht werden. Hierfür steht eine Hochdruck-Quecksilberlampe mit einem Wellenlängenbereich zwischen 320 und 500 nm zur Verfügung, mit welcher bis zu 10 W/cm^2 in die Proben eingebracht werden können. Diese Prüfmethode stellt einen wichtigen Zugang zur Untersuchung der UV-basierten Aushärtung von Reaktivharzen dar.

Auch kann über eine kinetische Modellierung beispielsweise der Aushärtungsprozess von Harzsystemen optimiert werden.

Bild links: Dynamische Differenzkalorimetrie (DSC)



Dynamisch-mechanische Analyse (DMA)

Thermogravimetrische Analyse TGA (Netzsch TG 209 F1 Libra)

- Temperaturbereich von RT bis 1100 °C
- Autosampler für bis zu 64 Proben
- Stickstoff- oder Luftatmosphäre (während Messung wechselbar)

Die Thermogravimetrie findet vor allem bei der Untersuchung des Zersetzungsverhaltens von Materialsystemen Anwendung. Dabei kann der Gewichtsverlust als Funktion der Temperatur und Zeit bestimmt werden. Die Temperaturführung ermöglicht sowohl dynamische als auch isotherme Segmente, wodurch sich Prozesse abbilden lassen und Rückschlüsse auf die thermische Beständigkeit der Proben möglich sind. Auch kann mittels der TGA der Faservolumengehalt von faserverstärkten Kunststoffen bestimmt werden.

Dynamisch Mechanische Analyse DMA (Netzsch DMA 242E Artemis)

- Temperaturbereich von –170 bis 600 °C
- Frequenzbereich: 10 mHz bis 100 Hz
- Maximalkraft 24 N

Die DMA wird zur Messung viskoelastischer Materialeigenschaften wie beispielsweise Speicher- und Verlustmodul sowie des Verlustfaktors $\tan(\delta)$ genutzt. Dies geschieht in Abhängigkeit von Frequenz und Temperatur unter diversen Belastungsmodi. Aus den Messgrößen können Übergangstemperaturen, welche das viskoelastische Verhalten charakterisieren, die Dämpfung eines Systems sowie das Aushärteverhalten von Harzen charakterisiert werden.

Rheometer (Anton Paar MCR 302)

- Temperaturbereich von –10 bis 450 °C
- Frequenzbereich: 10^{-8} bis 100 Hz
- Min. Drehmoment: Oszillation 0,5 nNm, Rotation 1 nNm
- Max. Drehmoment: 200 mNm

Auch mittels des Rheometers können viskoelastische Materialeigenschaften bestimmt werden, jedoch liegt hier der Schwerpunkt im Vergleich zur DMA auf Reinharzproben sowie einer Belastung in Scherrichtung. Somit kann auch die Scherviskosität in Abhängigkeit von Temperatur und Frequenz gemessen werden. Über eine Kopplung zur DEA können weitergehende Aussagen zum Aushärteverhalten von Matrixsystemen getroffen werden. Ebenso ermöglicht die Kopplung zum FTIR eine Aussage über chemische Bindungsänderungen bspw. während einer Harzaushärtung und deren Auswirkung auf die viskoelastischen Eigenschaften des Materials.

Thermomechanische Analyse TMA (Netzsch TMA 402 F1 Hyperion)

- Temperaturbereich von –150 bis 1000 °C
- Digitale Kraftauflösung <0,01 mN
- Messungen im Vakuum oder hochreiner Atmosphäre
- Modulation des Kraftsignals möglich

Die thermomechanische Analyse wird für die Ermittlung der Ausdehnungsänderung von Feststoffen, Flüssigkeiten oder pastösen Materialien als Funktion der Zeit und Temperatur eingesetzt. Mit ihr lassen sich darüber hinaus auch Aussagen zum Kriechverhalten von Stoffen treffen. Häufige Anwendungsfälle sind die Bestimmung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten, CTE, sowie die Berechnung der temperaturabhängigen Dichte. Die TMA ist für sämtliche Werkstoffklassen geeignet.

Laser Flash Analyse LFA (Netzsch LFA 457)

- Temperaturbereich von –125 bis 1100 °C
- Messbereich: 0,01 bis 1000 mm²/s
- Laserpulsenergie bis 18 J/Puls

Zur Messung der Temperaturleitfähigkeit wird bei der Laser-Flash-Analyse Energie in Form eines Laserpulses in eine Probe eingebracht. Mit einem Infrarotdetektor wird der an der Schattenseite resultierende Temperaturanstieg gemessen und somit die Temperaturleitfähigkeit ermittelt. Sind die spezifische Wärmekapazität, das Ausdehnungsverhalten und die Dichte bekannt, kann die Wärmeleitfähigkeit berechnet werden. Sämtliche der genannten Daten können im Haus bestimmt werden.

Simultane thermische Analyse (Netzsch STA 449 F3 Jupiter)

- Temperaturbereich von RT bis 1500 °C
- Heiz-/Kühlraten von 0,001 bis 50 K/min
- Atmosphären: Vakuum, inert, oxidierend
- Temperaturauflösung 0,001 K
- Masseauflösung: 0,1 µg
- DSC-Enthalpiegenauigkeit: ±2 %

Die STA ermöglicht eine parallele Messung von Thermogravimetrie und dynamischer Differenz-Kalorimetrie. Durch den im Vergleich zur gängigen DSC größeren Temperaturbereich bis 1500 °C werden weitere thermische Effekte beobachtbar. Über die parallele TG-Analyse können auch Masseänderungen während den Reaktionen der DSC-Kurve zugeordnet werden.

Thermoanalyse/Dichte-Index (mk – ALSP highline-2G)

- Erstellung von Dichte-Index-Proben (ca. 80 g) aus Al-Schmelze unter definiertem Vakuum (80 mbar)
- Dichte-Index-Messung nach archimedischem Prinzip
- Vorwärmung der Tiegel auf 200 °C

Mit dem mobilen Gerät können Abkühlkurven von Schmelzen aufgenommen sowie spezifische Kennwerte zur Beurteilung der Schmelzequalität von AlSi-Legierungen ermittelt werden. Zur Bestimmung des Dichte-Index erstarrt eine Probe an Luft und die andere unter Vakuum, der sich ergebende Dichteunterschied beider Proben ist ein Maß für die Reinheit der Schmelze. Zusätzlich kann mit Hilfe der Thermoanalyse die Kornfeinung, der H₂-Gehalt und die Veredelung sowie das Temperaturprofil während der Erstarrung erfasst werden.

Simultane thermische Analyse



Mechanische Prüfung

Um festzustellen, ob ein bestimmtes Material geeignet ist, um Prozessparameter zu definieren oder Materialdaten für die Simulation zu erstellen: in allen Fällen bleibt die zerstörende Prüfung von Werkstoffen unerlässlich. Die mechanische Werkstoffprüfung umfasst verschiedene Prüfverfahren, mit denen das Verhalten und die Werkstoffkenngrößen von normierten Werkstoffproben (Materialanalytik) oder fertigen Bauteilen (Bauteilprüfung) unter mechanischen (und thermischen) Beanspruchungen ermittelt werden. Das Fraunhofer IGCV bietet ein umfangreiches Angebot an mechanischen Prüfungen an Formmassen, Halbzeugen, und Produkten aus Kunststoff, Faserverbund und Metall sowie aus unterschiedlichen Materialkombinationen. Diverse Anlagen dienen hierbei der quasi-statischen und der dynamischen Untersuchung. Neben standardisierten (genormten) Prüfungen konzipiert das Prüftechnikteam zudem Vorrichtungen für spezielle Untersuchungen und setzt diese ein. Somit können direkt anwendungsnahe Rahmenbedingungen bei der Untersuchung des Werkstoffverhaltens berücksichtigt werden.

Universalprüfmaschine 250 kN (Hegewald und Peschke)

- Kraftmessdosen: 10 kN, 250 kN
- Prüfgeschwindigkeiten: 0,002 bis 450 mm/min
- Prüftemperatur: –40 bis 200 °C
- Zugversuch
- Druckversuch (CLC, OHC, CAI, HCCF)
- Biegeversuch 3- und 4-Punkt-Biegung
- Schubversuch nach DIN EN ISO 20337

Für die Ermittlung mechanischer Kennwerte bei Normklima sowie bei unterschiedlichen Temperaturen im hohen Kraftbereich kommt eine 250 kN Universalprüfmaschine zum Einsatz. Die Dehnung kann sowohl mit Dehnmessstreifen als auch mittels optischer Verfahren wie Videoextensiomter oder digitaler Bildkorrelation gemessen werden. Somit kann auch die Querkontraktion während der mechanischen Belastung ermittelt werden.

Universalprüfmaschine 100 kN (Zwick/Roell)

- Kraftmessdosen: 100 kN, 10 kN, 5 kN, 100 N
- Hydraulisches Kurzspannzeug (max. 70 kN)
- Prüfgeschwindigkeiten: 0,0005 bis 1000 mm/min
- Zugversuch
- Scherversuch
- Biegeversuch 3- und 4-Punkt-Biegung
- Druckversuch
- ILSS (interlaminare Scherfestigkeit)
- Schälversuche

Bei Raumtemperatur können mit dieser Universalprüfmaschine diverse quasi-statische Prüfungen durchgeführt werden, um mechanische Kennwerte zu ermitteln. Die Dehnungsaufnahme erfolgt über optische Messsysteme.

Universalprüfmaschine 50 kN (Zwick/Roell)

- Kraftmessdosen: 50 kN, 10 kN, 1 kN, 100 N
- Prüfgeschwindigkeiten: 0,0005 bis 600 mm/min
- Prüftemperatur: –40 bis 250 °C
- Zugversuch
- Biegeversuch 3- und 4-Punkt-Biegung
- Schubversuch (Iosipescu)
- ILSS (interlaminare Scherfestigkeit)
- GIC und GIIC

Eine höhere Messgenauigkeit bei niedrigen Kraftbereichen kann anhand der 50-kN-Universalprüfmaschine erreicht werden. Auch hier lassen sich durch den Einsatz einer Temperierkammer mechanische Prüfungen im Temperaturbereich von –80 bis 250 °C durchführen. Darüber hinaus können Dehnmessstreifen und optische Messsysteme zur Dehnungsaufnahme sowie der Einsatz von taktilen Extensometern implementiert werden.

Bild links: Dauerschwingversuch

Universalprüfmaschine 20 kN RetroLine (Zwick/Roell)

- Kraftmessdose: 20 kN
- Prüfgeschwindigkeiten: 0,001 bis 750 mm/min
- Zugversuch
- 3-Punkt-Biegung
- Druckversuch

Mit der Universalprüfmaschine des Typs 20 kN RetroLine können mechanische Eigenschaften von Formstoffen bestimmt werden. Dabei sind insbesondere Biege- als auch Druckprüfungen von Interesse. Biegefestigkeiten von Formstoffen werden oftmals mittels 3-Punkt-Prüfungen an Biegeiegeln und Druckfestigkeiten über eine uniaxiale Druckprüfung an zylindrischen Prüfkörpern aufgenommen. Die Adaption optischer Messsysteme zur Dehnungsaufnahme sowie die Implementierung von taktilen Extensometern ist nach einer Nachrüstung möglich.

Servohydraulische Prüfmaschine (Instron)

- Kraft: 100 kN oder 10 kN
- Temperaturbereich: –70 bis 300 °C
- Kolbenhub: ±125 mm
- Mechanisches und hydraulisches Keilspannzeug

Bei zyklischen (dynamischen) Prüfungen wird die Last in bestimmten Zeitintervallen variiert. Hierbei wird der Einfluss der Belastung auf die Materialermüdung simuliert. Um die Dauerfestigkeit von Bauteilen zu ermitteln oder sogenannte Wöhlerkurven zu erstellen, steht dem Prüflabor eine servohydraulische Prüfmaschine zur Verfügung. Es können zyklische Belastungen in Zug- und Druckrichtung sowie Biegeschwellbelastungen auf die Probe aufgebracht werden. Die Dehnungsmessung kann über ein Video-Extensometer, mechanische Dehnungsaufnehmer oder Dehnmessstreifen erfolgen. Alle Versuche sind auch unter Temperatureinfluss von –70 bis 300 °C möglich.

Härteprüfgerät (Zwick Roell ZHU 2,5)

- Härteprüfungen durch Ermittlung der Eindringtiefe
- Härtertermittlung durch optische Vermessung des Eindruckdurchmessers
- Vickers-, Brinell-Härte
- Kugeldruckhärte (Kunststoffe)
- Martens-Härte (DIN EN ISO 14577-1)

Zur Bestimmung der Materialhärte wird eine Eindringprüfung durchgeführt. Neben den klassischen Härteprüfverfahren nach Brinell, Vickers sowie der Kugeldruckhärte kann auch die

Martens-Härte bestimmt werden. Mittels Kleinlast-Härteprüfung ist es beispielsweise möglich Einsatzhärtungstiefe bzw. die Nitrierhärte zu bestimmen. Auch zyklische Versuche mit variablen Parametern können abgebildet werden.

Härteprüfgerät (NEXUS 8103)

- Härteprüfungen durch Ermittlung der Eindringtiefe
- Härtertermittlung durch optische Vermessung des Eindruckdurchmessers
- Rockwell-, Vickers-, Brinell-Härte
- Lastbereich 5 bis 3000 kg

Zur normgerechten Bestimmung der Härte metallischer Werkstoffe wird eine Eindringprüfung durchgeführt. Dabei wird die Härte mittels der Methoden Rockwell, Vickers oder Brinell bestimmt. Der Lastbereich dieser Härteprüfmaschine liegt bei 5 bis 3000 kg.

Einzelfaser-Zugprüfung (Textechno Favimat+)

- Kraft: 220 cN
- Auflösung: 0,0001 cN
- Faserlänge: mind. 3 mm
- Automatisierte Kalibrierung

Um die Zugfestigkeit und Bruchdehnung sowie die Bruchspannung von Einzelfasern zu berechnen, wird der Textechno Favimat eingesetzt. Des Weiteren kann auch der E-Modul von Einzelfasern bestimmt werden. Durch die Messung der Resonanzfrequenz der Fasern kann deren Durchmesser ermittelt werden. Darüber hinaus lässt sich mit dem Gerät den Reibungskoeffizienten der Faser bestimmen.

Einzelfaser-Pull-Out-Tester (Textechno Fimabond)

- Thermoplastische und duromere Systeme möglich
- Ausrichtung der Faser in Matrix über Kamera
- Einbetttiegel bis 400 °C heizbar
- N₂- oder Luft-Atmosphäre während Einbettung

Eine der entscheidenden Eigenschaften für ein Faserverbundmaterial ist die Faser-Matrix-Haftung. Diese kann unter anderem durch einen Pull-Out-Test klassifiziert werden. Mittels einer teilautomatisierten Einbettanlage wird hierbei eine Faser mit einer einstellbaren Tiefe in das entsprechende Matrixmaterial eingebettet. Nach dem Aushärten und optionalem Tempern wird die Faser aus der Matrix herausgezogen und die dafür benötigte Kraft kontinuierlich gemessen und aufgezeichnet.



Härteprüfung

Impact-Prüfstand (Instron CEAST 9350)

- Fallkörper mit max. 30 kg Masse
- Fallgeschwindigkeit bis 24 m/s
- Energiebereich: 1,47 bis 1347 J
- Temperaturbereich: –70 bis +150 °C
- Normgerechte CAI-Vorschädigung

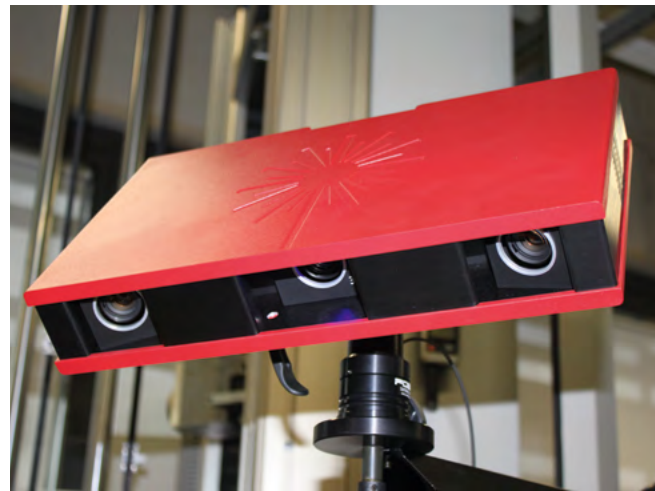
Der Fallturm dient der Untersuchung des Energieabsorptionsverhaltens an Werkstoffen, Bauweisen, Komponenten und Strukturen. Die grundlegende Funktion des Fallturms ist es, ein definiertes Gewicht auf ein Höhenniveau zu befördern, dort kontrolliert freizugeben bzw. zu beschleunigen und entlang einer Linearführung auf einen Prüfkörper fallen zu lassen. Durch den hierbei entstehenden Kurzzeitimpact lässt sich beurteilen, wie Energie am Prüfkörper beispielsweise im Falle eines Crashes absorbiert wird und welche Crashsignale entstehen. Das System ist für Impact-Tests an Kunststoffen, Verbundwerkstoffen und diversen anderen Materialien geeignet. Zudem lassen sich mit dem Prüfstand Vorschädigungen für

Compression-after-Impact-Messungen erzeugen. Für weitere Impactversuche stehen eine Charpy-Vorrichtung sowie ein Nutentisch zur Verfügung.

Drapierprüfstand (Textechno Drapetest)

- runde Proben mit dmax = 330 mm
- Kolbenhub max. 100 mm
- verschiedene Verformgeometrien

Zur Prüfung des Umformverhaltens von trockenen Textil-Halbzügen dient ein Drapierprüfstand. Hierzu wird eine Druckkalotte von unten gegen ein fixiertes Textil gefahren, um die dabei auftretenden Umformphänomene zu beobachten. So können Faltenbildung und -stärken, Knicke und Knicklinien, Dünn- und Dickstellen sowie Scherung nachgestellt werden. Dies ermöglicht einen Informationsgewinn über die benötigten Umformkräfte während des Drapierprozesses und hilft, die Orientierung der Einzellagen zu optimieren.



Linien Scanner GOM ATOS (zur Vermessung von Bauteilen)

Optisches Messsystem zur Bauteildigitalisierung (GOM ATOS)

- Auflösung: 2×5 MP
- Messbereich: ca. 300×230 mm, erweiterbar durch überlappende Aufnahmen
- Selbstüberwachend in Bezug auf Kalibrierfehler und Referenzen
- Vermessung von Bauteilen

Zur 3D-Digitalisierung und Inspektion von kleinen bis mittelgroßen Bauteilen dient ein GOM-ATOS-Messsystem. Dieses ermöglicht sowohl den Abgleich zum CAD-Modell als auch das Überprüfen der Maßhaltigkeit von Probekörpern. Durch das hochgenaue optische Koordinatenmessgerät wird bei Messungen bei einfachem Messfeld eine Ortsauflösung im μm -Bereich erreicht.

Digitale Bildkorrelation (GOM ARAMIS)

- Kamerasystem mit 2×12 MP
- Bildrate 58 Hz (Vollbild) bis 464 Hz (reduzierte Auflösung)
- Diverse Schnittstellen zur Anbindung an externe Geräte

Für die Aufzeichnung von Verschiebungen, Dehnungen und Scherungen in drei Dimensionen steht ein optisches Messsystem (GOM ARAMIS) zur Verfügung. Hiermit können einzelne Bildpunkte oder ein stochastisches Muster auf der Prüfkörperoberfläche während der Verformung verfolgt werden. Durch die optische Betrachtung können DMS und mechanische Längenänderungsaufnehmer bei vielen mechanischen Prüfungen ersetzt werden.

High-Speed-Kamera (Photron SA-Z)

- Max. Auflösung 1024×1024 Pixel
- Bildrate von 20.000 (volle Auflösung) bis 2.000.000 FPS (reduzierte Auflösung)
- 128 GB interner Speicher
- Messvideos als .avi oder Einzelbilder

Für einen erweiterten Erkenntnisgewinn beim Bruchverhalten dient die Hochgeschwindigkeitskamera, welche in Kombination mit dem ARAMIS-System auch als Hochgeschwindigkeits-Extensometer einsetzbar ist. Durch die mobile Bauweise können hiermit an allen Prüfständen Untersuchungen von hochdynamischen Vorgängen, wie beispielsweise dem Schwingverhalten von Probekörpern kurz vor dem Bruch, vorgenommen werden.



Highspeedkamera

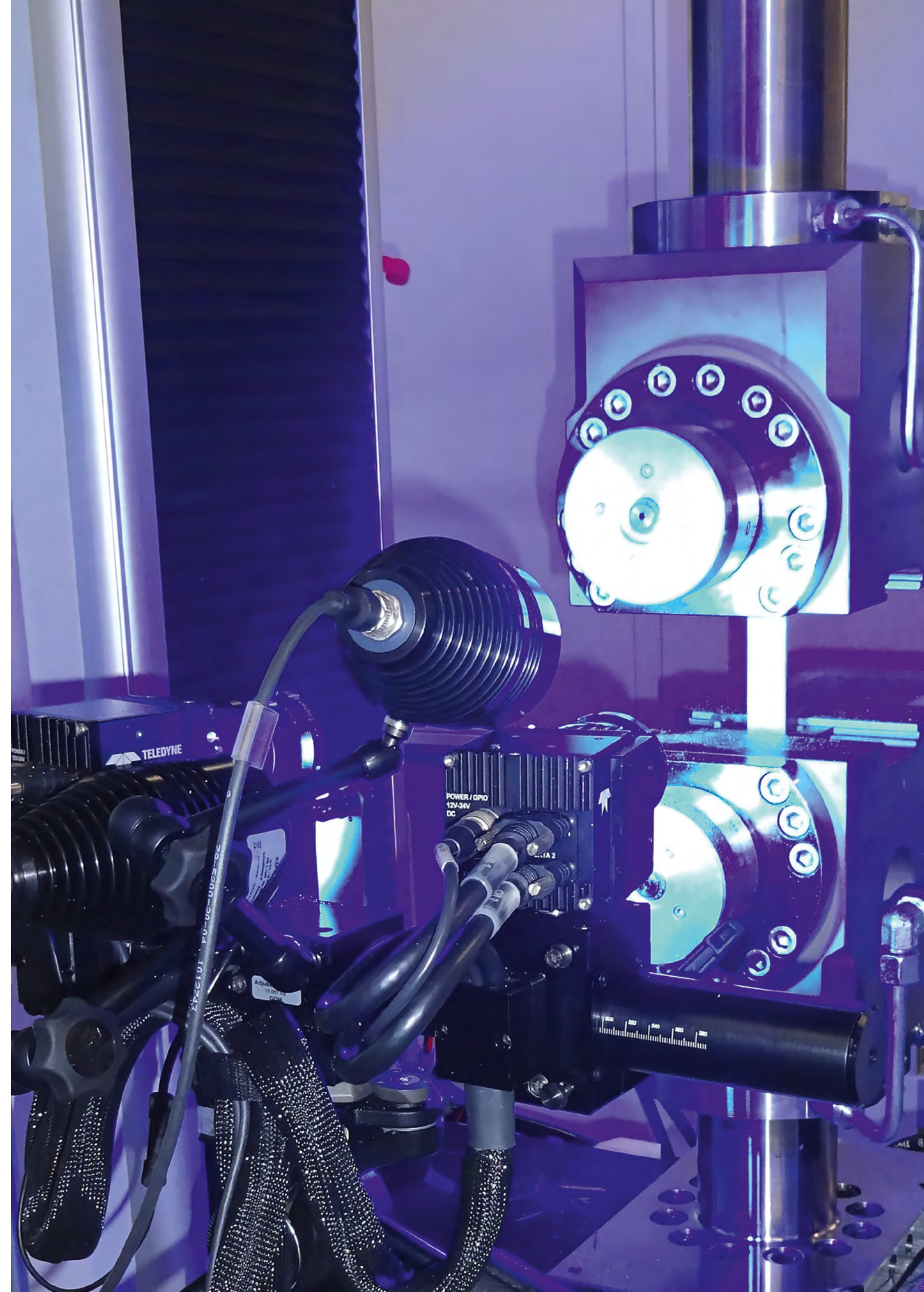


Bild rechts: Dehnungsmessung im Zugversuch mittels digitalem Bildkorrelationssystem GOM ARAMIS

Optische Analyse

Für mikroskopische und makroskopische Untersuchungen stehen zahlreiche Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Von der reinen Bauteilfotografie über Stereo-, Durchlicht- und Auflichtmikroskopie bis hin zu Laser- und Rasterkraftmikroskopie sind Vergrößerungen bis auf die Nanometerskala möglich.

Rasterelektronenmikroskop (REM) (Hitachi TM3030Plus) mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) (Bruker Scan Generator, Bruker XFlash MIN SVE)

- Vergrößerung: 15 bis 60.000-fach
- Betrachtung: 5 kV / 15 kV / EDX
- Sekundärelektronen (Oberflächenmorphologie) und Rückstreuielektronen (Phasenunterscheidung)
- Untersuchen von Bauteilen und Pulverwerkstoffen

Das Rasterelektronenmikroskop (REM, oder engl. scanning electron microscope, SEM) wird eingesetzt, um mithilfe von Elektronenstrahlen Oberflächenmorphologien oder Phasen von Probekörpern zu untersuchen. Dabei ergeben sich hohe Schärfentiefen bis 35 µm, so dass sich räumliche Strukturen erkennen lassen. Das ist beispielsweise bei Aufnahmen von Pulverpartikeln, Bruchflächen oder Gefügen essentiell. Bei einer Untersuchung der Oberfläche des Probekörpers wird vornehmlich auf Sekundärelektronen, also die aus der belichteten Probe freigesetzten Elektronen, zurückgegriffen, da deren Austrittswahrscheinlichkeit von der Morphologie des Probekörpers abhängt. Die Rückstreuielektronen (reflektierte Primärstrahlelektronen) dagegen ermöglichen die Unterscheidung von Phasen durch unterschiedliche Helligkeiten, die mit steigender Ordnungszahl zunehmen.

Das Gerät beinhaltet außerdem eine Apparatur zur energiedispersiven Röntgenanalyse (engl. energy dispersive X-ray spectroscopy, EDX). Die durch das EDX gemessene Intensität der Röntgenstrahlung ermöglicht durch die Überprüfung der jeweiligen Wellenlängen den Schluss auf die Anteile und Verteilung von chemischen Elementen im untersuchten Punkt. Somit können auf diesem Weg z. B. Schiffe,

Pulverpartikel oder Bauteiloberflächen untersucht und auf die chemische Zusammensetzung überprüft werden.

Rasterkraftmikroskop/AFM (Bruker Dimension Icon)

- Atomare Auflösung im Contact Mode
- Auflösung im Tapping Mode bis 30 nm
- Analyse verschiedenster Proben durch eine große Auswahl an Cantilever und Modi
- Einfache und schnelle Probenpräparation und -analyse

Für eine mikroskopische Untersuchung bis auf Nanometer-Ebene befindet sich ein Rasterkraftmikroskop im Einsatz. Mit diesem ist eine Oberflächentopographie deutlich detailreicher möglich als mit den herkömmlichen Mikroskopen. Auch eine lokale Steifigkeits- und Härtebestimmung ist über Kraft-Dehnungskurven möglich. Die Empfindlichkeit des AFM reicht auch aus um eine Phasendetektion durchzuführen sowie Adhäsionskoeffizienten zu berechnen.

Partikelmikroskopie (Jomesa HFD4)

- Zoom-Stereomikroskopie
- 18-fache optische Vergrößerung
- Auflösungsbereich 8 µm/pxl bis kleiner 1 µm/pxl
- LED-Ringlichtbeleuchtung mit Polarisationsseinheit
- Motorisierter Kreutztisch
- Auswertung gemäß ISO16232 und VDA Bd. 19

Das Mikroskop wurde speziell für die Anforderungen der Sauberkeitsprüfung entwickelt und bietet die Möglichkeit, Partikelanalysen schnell und präzise durchzuführen. Zudem lassen sich metallische und nicht-metallische Partikel auf Filtermembranen erkennen und automatisiert nach diversen Standards auswerten. Des Weiteren ist es möglich, transparente Filtermembranen zu analysieren, wodurch auch weiße Partikel (bspw. Keramik) erfasst werden können.

Bild links: REM-Aufnahme von Sand mit Glasfasern



Querschliff durch eine Probe aus CFK

Laserscanner zur Fluoreszenzanalyse (Fraunhofer IPM)

- Bildgebende Messung der Fluoreszenz von filmischen Verunreinigungen
- Laserspot/Auflösung ca. 300 µm
- Messfläche 50 × 50 cm
- Messung von Schichtdicken
- Lokalisierung von Verunreinigungen
- Schichtdickenmessung bis ca. 1 µm

Organische Verunreinigungen wie Öle oder Fette auf der Oberfläche von Bauteilen fluoreszieren bei der Anregung mittels UV-Licht. Dieses Verhalten nutzt der Laserscanner aus, um entsprechende Verunreinigungen auf der Oberfläche von Bauteilen zu messen. Der UV-Laser scannt die gesamte Oberfläche von Bauteilen und die emittierte Fluoreszenz wird in Echtzeit detektiert. So können Schichtdicke und Lokalität von Verunreinigungen erfasst werden.

Aktive Thermografie (Edevis GmbH)

- Detektion von oberflächennahen Ungängen bzw. Defekten
- Detektion von partikulären und filmischen Verunreinigungen
- Zerstörungsfreie Bauteilprüfung
- Verschiedene Anregungsquellen (z. B. Blitz-, Halogenlampen, Ultraschall, Laser) für Impuls- bzw. Lock-in Thermografie
- Maximale Auflösung 10 µm (abhängig vom Prüfaufbau)

Zerstörungsfreie Prüfung von Bauteilen auf oberflächennahe

Ungängen bzw. Defekte. Je nach Anregungsform lassen sich unterschiedliche Bauteilfehler detektieren. Beispielhafte Anwendungen sind die Detektion von Impact-Schäden oder Delaminationen bei CFK-Bauteilen oder die Partikel-Detektion auf Batterieelektroden.

Lichtmikroskopie (Leica M80 und Leica DM 4000M)

- Auf-/Durchlichtmikroskop: bis 1000-fache Vergrößerung, mit Kameraaufsatz, motorisierter Fokus, LED-Beleuchtung
- Stereomikroskop: bis 60-fache Vergrößerung, Kameraaufsatz, acht Zoomstufen

Zur Verfügung stehen ein Durch- und Auflichtmikroskop sowie ein Stereomikroskop. Beide dienen zur Untersuchung von Schliffbildern, in welchen Materialgefüge, Elementverteilung und Sphärolitgrößen ermittelt werden können. Darüber hinaus können Aussagen zu Porengehalt, Lagenaufbauten und Schichtdicken getroffen werden.

Digitalmikroskop (Keyence VHX-6000)

- Partikelanalyse nach VDA 19 bzw. ISO 16232
- Seitliche Betrachtung von komplexen Geometrien durch schwenkbare Objektiv
- 3D-Betrachtung von Partikelgrößen und -morphologie
- Auflösung bis 1 µm
- Auf-/Durchlichtmikroskop: bis 1000-fache Vergrößerung, motorisierter Fokus

- Motorisierte X-, Y- und Z- Achse zur zusammengesetzten 3D-Aufnahme
- Hell-/Dunkelfeldbeleuchtung, Polarisationsfiltration, Streiflicht
- Abnehmbares Objektiv zur Analyse auf großen Bauteilen

Das Mikroskop bietet neben der senkrechten Betrachtung die Möglichkeit, Objekte durch ein schwenkbare Objektiv auch von der Seite zu untersuchen. Besonders bei komplexen Bauteilen bietet das Gerät dadurch einen großen Vorteil. Außerdem können damit Partikel hinsichtlich ihrer Art, Größe und Verteilung auf Analysenmembranen automatisch klassifiziert werden.

Lichtmikroskop motorisiert (Olympus BX53M)

- Hellfeld, Dunkelfeld, DICpol, Durchlicht, Polarisation
- Verfügbare Vergrößerungen: 25-, 50-, 100-, 200-, 1000-fach
- 200-fach mit größerem Arbeitsabstand zur Verwendung mit Heizkammer
- Zusammengesetzte Aufnahmen in x-y-Richtung
- Aufnahmen mit Tiefenschärfe und Höhenprofil
- Kombinierte Aufnahmen in x-y-Richtung mit Tiefenschärfe und Höhenprofil
- »Zählen-und-Messen«-Modul
- Automatische Analysemodule für Schichtdicken, Korngrößen und Phasen

Mittels des motorisierten Lichtmikroskops werden vorwiegend metallographische und materialwissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt. Dabei sind bis zu 1000-fache Vergrößerungen möglich, wodurch auch feine Ausscheidungen und Strukturen in der Ebene aufgelöst und untersucht werden können. Durch die Motorisierung in alle Achsenrichtungen ist die Erstellung von zusammengesetzten Aufnahmen in x-y-Richtung und zu einem gewissen Grad auch mit Tiefenschärfe und qualitativem Höhenprofil möglich. Die zugehörige Software enthält neben den standardmäßigen Bedienelementen zusätzliche Auswertemodule. Das integrierte »Zählen-und-Messen«-Modul eröffnet vielfältige Auswertungsmöglichkeiten (z. B. Partikelgrößenverteilung, Anzahl, Form). Zusätzlich sind Module zur effizienten Analyse von Schichtdicken, Korngrößen und Phasenverteilung implementiert.

Confocal Laser Scanning Microscopy/LSM (Olympus LEXT OLS 4100)

- Höhenauflösung 10 nm
- Flankensteilheiten bis 85° artefaktfrei messbar
- Automatisierter Objektrevolver

Mit Hilfe des Laser-Scanning-Mikroskops können Oberflächen bis auf 10 nm aufgelöst werden. Neben der Abbildung der Oberflächentopographie lassen sich aufgrund des 4-µm-Fokuspunkts des Laserstrahls mit diesen Mikroprofilmessungen Werte für die Rauheit sehr genau ermitteln. Zudem sind auch Partikel- und Oberflächenmessungen möglich.

3D Laserscanning-Mikroskop (Keyence VK-X3000)

- Sichtfeld: 11 bis 7398 µm
- Gesamtvergrößerung: 42 bis 28800-fach

Mittels automatischer Rauheitsanalyse können mit diesem Laser-Mikroskop Oberflächen- und Linienrauheitsmessungen nach unterschiedlichen Standards durchgeführt werden. Außerdem bietet das Gerät die Möglichkeit, Oberflächentopologien verschiedenster Materialien hochpräzise abzubilden.



Kontaktwinkelmessgerät

Mikroskop-Heizkammer (Linkam TS-1500)

- Verwendung mit Lichtmikroskop Olympus BX53M
- Wassergekühlte Heizkammer bis 1500 °C
- Maße Ofeninnenraum: D = 7 mm, h = 6 mm
- Zufuhr von (Schutz-)Gas möglich

Die Heizkammer zusammen mit der zugehörigen Peripherie dient als Erweiterung zum Lichtmikroskop Olympus BX53M. Sie ermöglicht die mikroskopische Betrachtung von kleinen Proben unter Temperaturen bis zu 1500 °C. Hierzu wird im Lichtmikroskop ein spezielles Objektiv und ein Lichtfilter bei hohen Temperaturen verwendet. Somit können z. B. metallische Proben während einer Wärmebehandlung im kleinen Maßstab oder Binderproben unter hoher Temperatureinwirkung analysiert werden. Zusätzlich kann die Heizkammer auch unter Schutzgasatmosphäre betrieben werden.

Kontaktwinkelmessgerät (Dataphysics)

- Temperaturbereich von RT bis 400 °C
- Hochgeschwindigkeitskamera mit 200FPS und Auflösung von 780 × 120 Pixeln
- Messbereich Oberflächen-/Grenzflächenspannung: 0,001 bis 2000 mN/m

Zur zerstörungsfreien Bestimmung der Benetzbarkeit von Fasern und deren Halbzeugen mit unterschiedlichen Matrixsystemen kommt ein Kontaktwinkelmessgerät zum Einsatz. Dabei werden Messungen der Kontaktwinkel von liegenden Tropfen und Konturanalysen von hängenden Tropfen durchgeführt. Somit lassen sich Ober- und Grenzflächenspannungen sowie Spreizungskoeffizienten berechnen. Diese spielen unter anderem bei Infiltrationsprozessen eine große Rolle. Darüber hinaus lassen sich Oberflächenrauheit sowie des Relaxationsverhalten an Phasengrenzen analysieren. Um diese Eigenschaften unter prozessähnlichen Randbedingungen ermitteln zu können, ist es möglich, die zu berücksichtigenden Materialien in einer Temperierkammer auf bis zu 400 °C aufzuheizen.

Mobil einsetzbarer Kontaktwinkelmesser (Krüss Mobile Surface Analyzer)

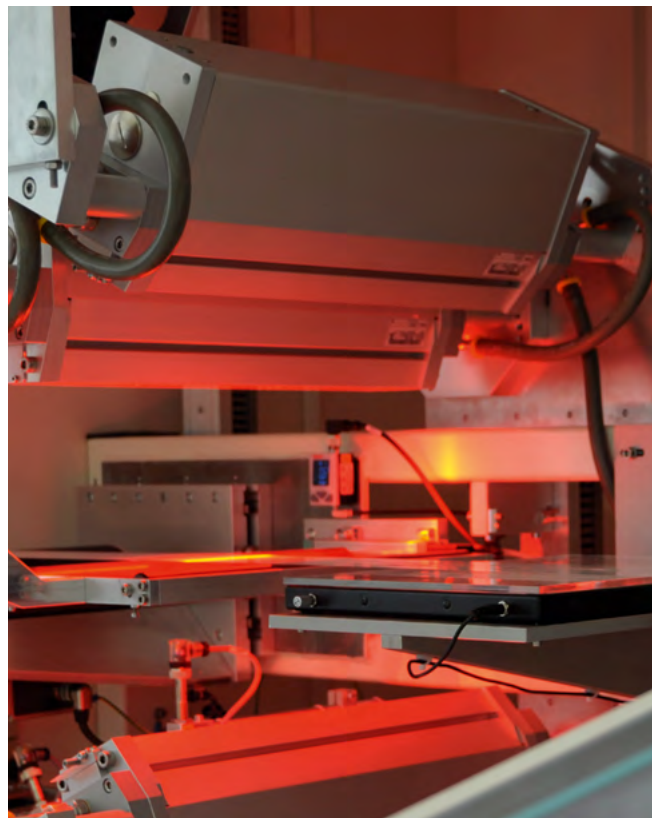
- Analyse der Benetzbarkeit von Bauteilen
- Schneller Nachweis der Oberflächensauberkeit
- Mobiler und schneller Einsatz beim Kunden
- Berechnung der freien Oberflächenenergie
- Ermittlung der Polarität von Oberflächen

Der Mobile Surface Analyzer (MSA) ist durch sein geringes Gewicht und die Bedienbarkeit über ein mobiles Notebook geeignet, um eine zerstörungsfreie Qualitätskontrolle direkt an der Linie durchzuführen. Die Messung kann dabei sogar über Kopf stattfinden und eignet sich daher auch für große Bauteile, welche nicht bewegt werden können.

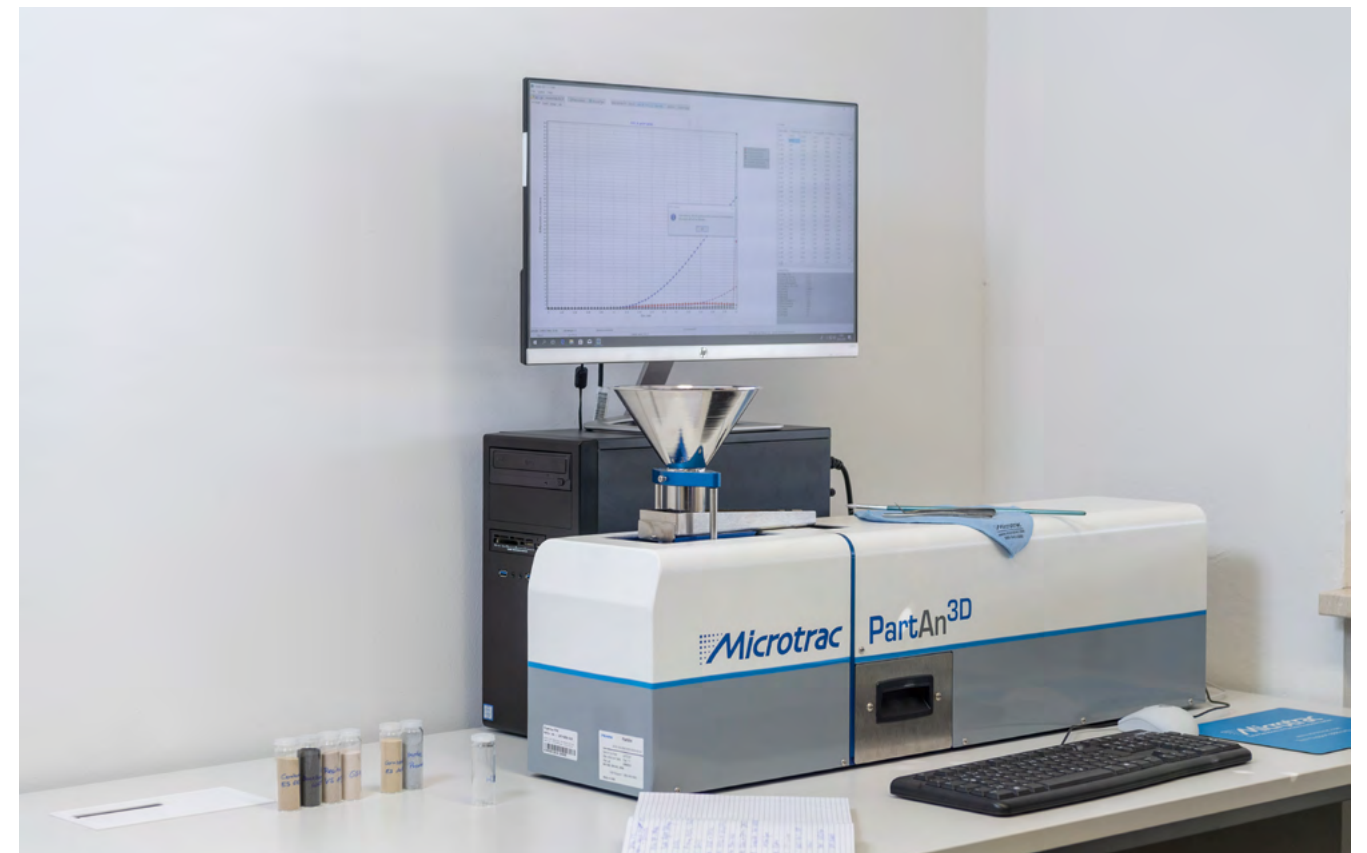
Separatorenprüfung (Dr. Schenk)

- Prüfung von Separatoren mittels hochauflösender Zeilenkamera
- Rolle-zu-Rolle-Verfahren zur ganzheitlichen Kontrolle der Eingangsqualität
- Simultane Aufzeichnung von vier Beleuchtungskonfigurationen für eine bestmögliche Datengrundlage
- Qualitätsbewertung/Benchmark von Batterieseparatoren als Zukaufteil

Mit diesem Prüfstand können Batterieseparatoren über indirekte Sichtprüfung auf Zeilenkamera-Basis hinsichtlich Produktionsfehler geprüft werden. Vier Beleuchtungskonfigurationen sorgen für eine bestmögliche Datengrundlage zur Bewertung der gefundenen Ungenzen mittels Online-Klassifikation auf Basis von Verfahren des Maschinellen Lernens.



Separatorenprüfung



Partikelmessgerät

Laserbeugungs-Partikelgrößenanalyse-Messgerät (Malvern Panalytical Mastersizer 3000E)

- Partikelgrößen: 0,1 bis 1000 µm
- Messgenauigkeit besser als 0,6 %
- Nassmessung in verschiedenen Medien möglich

Die Partikelgrößenverteilung (oder engl. particle size distribution, PSD) beeinflusst die Pulvereigenschaften und damit die Verarbeitbarkeit von Pulverwerkstoffen in pulverbettbasierten additiven Fertigungsverfahren in hohem Maße: Von der PSD können unter anderem Fließeigenschaften, Pulverbettdichte, Agglomeration und die Neigung zur Bildung von Aerosolen abhängen. Deshalb wird die Partikelgrößenverteilung zum Beispiel vor dem Einsatz eines neuen Pulverwerkstoffs untersucht. Als Messprinzip wird die Laserlichtstreuung herangezogen: Hierbei trifft ein Laserstrahl auf ein Partikel, wonach die dabei auftretende, winkelabhängige Streulichtintensität gemessen wird. Aus den winkelabhängigen Streulichtdaten lässt sich die Partikelgrößenverteilung berechnen. Somit können z. B. verschiedene Pulverchargen verglichen oder Sonderverdünnungen auf Ihre PSD überprüft werden. Im Bereich der technischen Sauberkeit werden auf diese Weise partikuläre Verunreinigungen analysiert und charakterisiert.

Partikelmessgerät (Microtrac PartAn 3D)

- High-Speed-Kamera mit 100FPS
- Partikelgrößen von 30 µm bis 35 mm
- Messung von mehr als 30 morphologischen Parametern

Mittels einer kontaktlosen Messung trockener Parameter können eine Vielzahl an morphologischen Parametern analysiert werden. Dies beinhaltet eine 3D-Darstellung dieser Parameter. Durch eine hochauflösende High-Speed-Kamera können Größen-, Form-, Oberflächenrauigkeitsparameter, Oberflächenspannung und Transparenz in einer Analyse gemessen werden. Dies ermöglicht eine schnelle und sichere Aussage über die Produktqualität. Das Gerät ist am besten für fließfähige Granulate/Pulver >50 µm geeignet.

Chemische Analyse

Vor allem zur Untersuchung des ökologischen Einflusses ist es von essentieller Bedeutung, die Emissionen sowie Zersetzungsrückstände von Werkstoffen zu analysieren. Hierzu wird vor allem die Thermogravimetrie zur thermischen Zersetzung genutzt, wobei die entstehenden Gase an eine Infrarotspektroskopie zur Analyse weitergeleitet werden. Darüber hinaus können die Umwelteinflüsse von Prozessen sowie Prozessparametern ermittelt und Verunreinigungen analysiert werden.

Infrarotspektroskopie FTIR (Bruker Vertex 70)

- Wellenzahlbereich: 8000 bis 600 cm⁻¹
- Bis zu 15 Spektren pro Sekunde
- Temperaturbereich: RT bis 300 °C

Die Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie wird zur qualitativen Elementanalyse genutzt. Dabei können die Proben entweder als Flüssigkeit oder Festkörper vorliegen. Mit einer Kopplung zur Thermogravimetrischen Analyse ist auch die Analyse von gasförmigen Proben möglich. Es können so Untersuchungen zu chemischen Bindungszuständen und deren Änderungen unter reaktiven chemisch oder thermisch bedingten Einwirkungen durchgeführt werden. Zudem ist eine Beobachtung von Vorgängen bei physikalischen Zustandsänderungen in der Rheologie, thermophysikalischen Analyse oder mechanischen Prüfung denkbar. Zudem können die Bindungs-Zustandsänderungen vernetzender Systeme nachverfolgt werden.

ON/H Performance Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffanalysator (Bruker G8 Galileo ON/H High Performance Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoff-Analysator)

- Bestimmung von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff
- Aufheizen bis 3000 °C möglich

- Helium- oder Stickstoffatmosphäre
- Hochstabiles Detektionssystem mit NDIR- und Wärmeleitfähigkeitsdetektoren

Die Anteile der Elemente Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff in Legierungen üben oftmals Einfluss auf die Bauteileigenschaften aus, z. B. in Aluminium-, Kupfer- oder Titanlegierungen. Der Bruker G8 Galileo ON/H-Analysator wird in unserem Pulverlabor zur Bestimmung von Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff in Pulvern verwendet, indem die Probe durch Trägergas-Schmelzextraktion geschmolzen wird und die dabei entstehenden Messgase automatisch überprüft werden. Hierdurch können beispielsweise Rückschlüsse auf den Einfluss der Lagerung, der mehrfachen Verwendung und der Korrosion von verschiedenen Pulverwerkstoffen gezogen werden.

Zetapotenzialanalyse (Anton Paar SurPASS 3)

- Strömungspotenzial: ±2000 mV
- Strömungsstrom: ±2 mA
- Temperaturbereich: 20 bis 40 °C
- pH-Bereich: 1 bis 14
- Probengröße: 35 × 15 mm; Dicke 40 mm für Platten und Folien
- Partikelgröße: > 25 µm für Pulver

Das Gerät ermöglicht eine routinemäßige Oberflächenanalyse mit vollautomatischen Zetapotenzialmessungen an makroskopischen Feststoffen unter realen Bedingungen. Das Zetapotenzial steht im Zusammenhang mit der Oberflächenladung an der Fest-Flüssig-Grenzfläche und ist ein Schlüsselparameter für das Verständnis der Oberflächeneigenschaften und die Entwicklung neuer Spezialmaterialien. Der Verlauf der Zetapotenzialkurve über einen pH-Bereich sowie der Isoelektrische Punkt geben Informationen über die elektrischen Ladungen auf der Oberfläche von Festkörpern, was z. B. bei der Beurteilung der Stabilität von Dispersionen herangezogen werden kann.

Optisches Funkenspektrometer OES (Hitachi Foundry Master Pro2)

- Chemische Spektralanalyse von metallischen Proben
- Wellenlängenbereich 130 bis 780 nm
- Auflösung
 - bis ca. 10⁻⁴ Gew.-%, abhängig vom jeweiligen Element und Anteil in der Legierung
 - Messbereich je Element abhängig von gewähltem Messprogramm
- Matrizen:
 - Eisen inkl. je 6 Unterprogramme (Eisen allgemein, div. Stahlgruppen, Gusseisen)
 - Aluminium inkl. je 6 Unterprogramme (Aluminium allgemein, div. Gusslegierungsgruppen)
 - Erweiterungen möglich
- Messungen unter Argon-Atmosphäre

Die chemische Analyse von Metallen mittels optischen Funkenspektrometern (OES = Optical Emission Spectrometer) stellt eine Standardmethode in praktisch jeder Gießerei dar. Mittels der OES ist eine sofortige und genaue Analyse der chemischen Zusammensetzung von metallischen (Guss-)Werkstoffen möglich, wodurch die Einstellung der Schmelzezusammensetzung und die anschließende Qualitätskontrolle ermöglicht werden. Auch die Eingangskontrolle von Metallen kann durchgeführt werden. Bei Entnahme von flüssiger Schmelze aus dem Schmelzofen wird diese in eine spezielle Gießform (Kokille) gegossen, wo diese zügig erstarrt. Die erstarrten Proben, wie

auch anderweitig entnommene Metallproben, müssen lediglich eine ebene Oberfläche aufweisen, die frei von Verunreinigungen wie Ölen, Fetten oder Lösemitteln ist. Dazu werden diese meist geschliffen oder geätzt. Während des Messvorgangs wird ein kleiner Bereich der Probe vom Lichtbogen in der Funkenkammer aufgeschmolzen und verdampft. Das dabei emittierte Licht wird analysiert und dadurch die chemische Zusammensetzung durch Abgleich mit kalibrierten Messkurven ermittelt. Aktuell können an dem Gerät zwei Werkstoffgruppen (Aluminium, Eisen) analysiert werden. Die Erweiterung auf Kupfer, Nickel und weitere Metallbasen ist möglich.

Spektrometer (Aryelle 200 und Ocean Flame)

- Erfassung spezifischer Emissionsspektren fester, flüssiger und gasförmiger Proben
- UV-VIS-Spektrometer: 200 bis 700 nm (Aryelle 200) bzw. 200 bis 850 nm (Ocean Flame)
- Hohe spektrale Auflösung
- Elementzuordnung der Spektrallinien über NIST-Datenbank

Erfassung spezifischer Emissionsspektren fester, flüssiger und gasförmiger Proben. Die erfassten spezifischen Spektrallinien können dann im Anschluss über einen Datenbankabgleich Elementen zugeordnet und somit Aussagen über die Materialzusammensetzung getroffen werden.

Schmelzeanalyse mittels Funkenspektrometer



Physikalisch-Technologische Prüfungen

Neben den einzelnen Prüfverfahren in den separaten Themengebieten werden in den Prüflaboren des Fraunhofer IGCV auch diverse übergreifende Prüfungen speziell für Faserverbunde angeboten und durchgeführt.

Nasschemische Faservolumengehaltsbestimmung

- Prüfung nach DIN EN 2564
- Probengröße ca. 1 × 1 cm
- Bestimmung FVG und Porengehalt möglich

Zur Bestimmung des Faservolumengehaltes werden die Polymermatrizen der Probekörper in konzentrierter, kochender Schwefelsäure durch Zugabe von Wasserstoffperoxid zersetzt. Nach Filtration, Säuberung und Trocknung wird die Masse der übrig bleibenden Glas- oder Carbonfasern bestimmt. Aus diesem Wert und der Dichte der Prüfkörper wird der Faservolumengehalt berechnet.

Infrarot-Feuchtemessgerät (Sartorius MA 100)

- Heizquelle: Halogenlampe
- Ablesbarkeit: 0,1 mg, 0,001 %
- Wägebereich max.: 100 g
- Messgenauigkeit des Wägesystems: 0,1 mg
- Temperaturbereich und -einstellung: 30 bis 180 °C in 1-Grad-Schritten

Die Lagerung von Pulverwerkstoffen kann, z. B. über Jahreszeiten hinweg, unter großen Temperaturschwankungen in unterschiedlicher relativer Luftfeuchtigkeit stattfinden. Die dadurch bedingte Kondensation kann die Fließeigenschaften oder die chemische Zusammensetzung von Pulvern beeinflussen. Um die vorliegende Feuchte z. B. bei der Qualitätskontrolle im Wareneingang messen zu können, wird ein Infrarot-Feuchtemessgerät verwendet. Der im Pulverlabor vorhandene IR-Feuchtebestimmer MA 100 weist die größtmögliche Messgenauigkeit der aktuellen thermogravimetrischen Feuchtebestimmer auf und kann so Pulver auf ihren Feuchtegehalt überprüfen.

Das Gerät beinhaltet umfangreiche Funktionen und eine hohe Flexibilität, um auf häufig wechselnde Probenmaterialien oder

veränderte Anforderungen an den Messablauf angepasst werden zu können.

Gaspyknometer (Quantachrome Ultrapyc 1200)

- Temperaturbereich: 10 bis 50 °C
- Messzellen: 10, 50, 135 cm³
- Genauigkeit: 0,0001 g/cm³
- Betriebsgase: N₂, He

Neben der klassischen Methode zur Dichtebestimmung nach dem Prinzip von Archimedes, wird vor allem für höhere Genauigkeit an porösen Bauteilen, sowie an Pulvern und Fasern die Messung in einem Gaspyknometer bevorzugt. Diese Methode basiert darauf, dass der zu vermessenden Festkörper sein Volumen eines Prüfgases in einer Probenkammer verdrängt. Dieser Unterschied am Volumen des Prüfgases im Vergleich zur leeren Probenkammer bzw. einer Referenzkammer wird messtechnisch erfasst. Als Prüfgas wird in der Regel Helium eingesetzt, da es wenig mit Feststoffen interagiert. Zudem dringt Helium einfach in poröses Material ein. Messungen können zudem auch mit Stickstoff durchgeführt werden.

Pulverrheometer (Freeman Technology FT4 Powder Rheometer)

- Kraft ±50 N maximal (0,0001 N Auflösung)
- Drehmoment: ±900 mNm maximal (0,002 mNm Auflösung)
- Vertikaler Verfahrensweg: 185 mm
- Rotordrehzahl: 120 U/min maximal
- Axiale Geschwindigkeit: 30 mm/sec maximal

Unterschiedliche Partikelgrößenverteilungen, Lagerbedingungen und eine häufige Wiederverwendung können die Fließeigenschaften von Pulvern stark verändern. Mit dem Pulverrheometer des Pulverlabors können die Fließeigenschaften von Pulvern charakterisiert werden, die eine zentrale Rolle in pulverbettbasierten Fertigungsverfahren spielen: So werden zum Beispiel der Widerstand des Pulvers gegen das Fließen und die Scherkräfte des Pulvers an der Wand des Equipments (ASTM-Standard D7891) gemessen, wodurch Rückschlüsse auf deren Einfluss im Fertigungsprozess gezogen werden können.

Wirbelstrommessgerät (Suragus EddyCus CF lab 4040)

- Zerstörungsfreie Prüfung von rCF- oder CF-Vliesen oder CFK-Platten
- Schnelle und einfache Messung der Carbonfaserorientierung
- Abschätzung der Homogenität
- Probengröße: ca. 10 × 10 cm bis ca. 50 × 50 cm

Die Orientierung oder Vorzugsrichtung der Carbonfasern in einem Vliesstoff hat große Auswirkung auf dessen mechanische Eigenschaften. Um diese Orientierung schnell und möglichst einfach schon während der Produktion oder Entwicklung eines neuen Vliesstoffes aus Carbonfasern zu bestimmen, kann das Wirbelstrommessgerät EddyCus CF lab 4040, welches mit einem speziellen Wirbelstromsensor ausgestattet ist, eingesetzt werden.

Es können sowohl 100 % Carbonfaservliese als auch Hybrid-Vliese mit zusätzlicher Thermoplastfaser untersucht werden. Daneben ist auch die Messung an einer konsolidierten CFK-Platte möglich. Neben der Orientierung der Fasern kann auch untersucht werden, ob die Carbonfasern homogen im Vliesstoff verteilt sind.

Oberflächenrauigkeitsmessgerät (MarSurf M 300 und M 400)

Spezifikation M 300:

- Messbereich: –200 bis +150 µm
- Taststrecke: 17,5 mm
- Messkraft: 0,75 mN

Spezifikation M 400:

- Messbereich: ±250 µm
- Taststrecke: 26 mm
- Messkraft: 0,75 mN

Bei den beiden Geräten Mar Surf M 300 bzw. M 400 handelt es sich um mobile Geräte zur taktilen Messung der Oberflächenrauigkeit. Der Taster des Messgerätes wird mit gleichbleibender Geschwindigkeit eine definierte Strecke über die Oberfläche gezogen und erfasst dabei das Höhenprofil der Oberfläche. Die Messwerte können anschließend nach unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewertet und ausgedruckt bzw. als Datei ausgegeben werden. Das M 400 verfügt außerdem über einen Kreuztisch mit Verfahrensweg in x- und y-Richtung, sowie über einen zusätzlichen, längeren Tastarm und einen Messständer.



Viskosimeter

Viskosimeter (A & P SV-10)

- Messbereich: 0,3 bis 10.000 mPa.s
- Genauigkeit: ±3 % (1 bis 1000 mPa.s)
- Arbeitstemperatur: 10 bis 40 °C
- Minimale Probenmenge: 35 ml
- Gezeigte Temperatur: 0 bis 160 °C / 0,1 °C

Bei diesem Verfahren werden Sensorplatten in das zu messende flüssige Medium getaucht und in Schwingung versetzt. Durch das Medium wird dieser Schwingung ein Widerstand entgegengesetzt. Die elektrische Eingangsspannung, die benötigt wird, um die Amplitude konstant zu halten, ist ein Maß für die Viskosität der Probe und wird in den Viskositätswert umgerechnet.

Siebanalyse (Retsch – AS 300 control)

- Messbereich: 20 µm bis 40 mm
- Chargengröße max. 6 kg
- Siebdurchmesser: 305 mm
- Siebturmhöhe bis 510 mm

In einem Arbeitsgang können mit der Vibrationssiebmaschine Schüttgüter und Pulver getrennt, fraktioniert sowie die Korngrößen des Probenmaterials bestimmt werden. Dabei sind sowohl Nass- als auch Trockensiebungen möglich.

Probenherstellung und Probenvorbereitung

Die Herstellung der Probekörper für die zur Verfügung stehenden Prüfungen können sowohl normgerecht als auch auf den jeweiligen Anwendungsfall adaptiert erfolgen. Dies beginnt bei der Herstellung von Platten und Bauteilen aus FVK durch Vakuuminfusion (für Duroplaste), Tapelegeverfahren und Pressprozesse (für thermoplastische Tapes) sowie diversen additiven Fertigungsverfahren für Materialien aus dem Bereich der metallischen Werkstoffe und der Gießereitechnik. Außerdem können mittels additiver Fertigung, Pultrusion bzw. einer Nassvliesanlage Materialien für Prüfkörper hergestellt werden. Zur weiteren Bearbeitung der Bauteile bzw. der Herstellung und Nachbearbeitung diverser Probekörper stehen Maschinen und Geräte für alle verwendeten Werkstoffe zur Verfügung. Bei Bedarf können auch individuell angepasste Prüfvorrichtungen angefertigt werden. Für die Probenvorbereitung im Bereich der technischen Sauberkeit verfügt das Fraunhofer IGCV auch über ein Spülkabinett.

Säge und Nasstrennschleifmaschinen (Gröber Kestrell Säge, ATM Brillant 265 und 220)

- Schnittlänge Besäumen: max. 1500 mm
- Max. Probekörperabmessungen: ca. 150 × 300 mm
- Min. Probekörperabmessungen: bis ca. 2 mm Kantenlänge
- Trennblätter für Kunststoffe sowie Hybridmaterialien

Die Präparation von Probekörpern für diverse mechanische Prüfungen erfolgt mittels Nasstrennschleifmaschinen mit Diamant- oder Korundtrennscheiben mit Genauigkeiten von bis zu 0,01 mm. Für den Grobzuschnitt steht eine Säge zur Verfügung.

CNC-Fräsmaschine (4 Cam EasY 440 mini)

- Vakuumspannsystem
- Max. Verfahrwege: ca. 350 × 380 mm
- CAD/CAM-System zum Einlesen von CAD-Dateien

Probekörper für Schubrahmen und spezielle Aufnahmen können mit einer CNC-Fräsmaschine auf 0,1 mm genau gefertigt werden.

Klimaschrank (Vötsch VTL 4010)

- Temperaturbereich: 0 bis 100 °C im Trockenbetrieb
- Feuchte je nach eingestellter Temperatur von 0 bis 100 %

- Temperatur-/Feuchteprogramme individuell einstellbar

Auch eine Probenkonditionierung bzw. -trocknung im Klimaschrank, wie beispielsweise in DIN EN ISO 1110 vorgeschrieben, wird je nach Anforderung vorgenommen.

Spülkabinett (Gläser ACM 18)

- Ultraschallbeaufschlagung und Spülen von Bauteilen mit Lösemittel
- Manuelle oder automatische Innen- und Außenspülung
- Kaskadenfiltration
- Max. Bauteilgewicht ca. 15 kg
- Analysemembranen: 47 mm

Zur Analyse der technischen Sauberkeit werden von diversen Richtlinien (z. B. VDA Bd. 19) Spülkabinetts vorgeschrieben, um Bauteile reproduzierbar zu spülen, um partikuläre Verunreinigungen und Fasern abzutragen und diese auf Analysemembranen aufzufangen. Das ACM 18 bietet die Möglichkeit, nur die relevanten Bauteilbereiche, das gesamte Bauteil oder nur den Innenbereich zu analysieren. Automatisierte Prozessabläufe garantieren die Reproduzierbarkeit des Prüfverfahrens.

Kryo-Mühle (Retsch Cryomill)

- Mahlfrequenz 5 bis 30 Hz
- Vor- und Zwischenkühlen bei 5 Hz
- Mahlbecher aus PTFE
- Volumen 5 ml

Das Probenmaterial wird zusammen mit einer oder mehreren Mahlkugeln in verschraubbare Becher gefüllt, mit flüssigem Stickstoff gekühlt und in Schwingung versetzt. Durch die Bewegung der Kugeln innerhalb der Becher wird die Probe zermahlen. Der Betrieb des Gerätes ist auch ohne Kühlung möglich.

Schleif- und Poliergerät (ATM Saphir 550)

- Scheibendurchmesser: 300 mm
- Stufenlose Drehzeileinstellung
- Zentral- und Einzelandruck
- Automatische Abtragmessung

Zur Präparation von Schliffen für die Mikroskopie wird ein halbautomatisches Schleif- und Poliergerät eingesetzt.

Angebotsüberblick

Maschine/Gerät	Daten	Prüfmöglichkeit
DEA	Temperaturbereich: –140 bis 400 °C; Stickstoff- und Luftspülung; UV-Aufsatz; Simultane Messung mit bis zu 4 Sensoren; Frequenzbreich: 1 mHz bis 1 MHz	Charakterisierung des Aushärteverhaltens duroplastischer Werkstoffe
DSC	Temperaturbereich: –180 bis 600 °C; Heiz- und Kühlraten bis zu 500K/min; Stickstoff- und Luftspülung; UV-Aufsatz; Autosampler für bis zu 64 Proben	Übergangstemperaturen; Enthalpien; Kristallisations- und Aushärtegrad; thermische Vorgeschichte; Wärmekapazität; Erstellung kinetischer Modelle
TGA	Temperaturbereich: Raumtemperatur bis 1100 °C; Stickstoff- und Luftspülung; Messungen unter Vakuum	Materialspezifische Masseänderungen; Bestimmung Faservolumengehalt; chemische Zusammensetzung der Endprodukte durch Kopplung mit FTIR
DMA	Temperaturbereich: –170 bis 600 °C; Stickstoff- und Luftspülung; Maximalkraft 24N; Frequenzbereich: 10 mHz bis 100 Hz	Viskoelastische Eigenschaften (Speicher-/Verlustmodul, Verlustfaktor); Übergangstemperaturen
Rheometer	Temperaturbereich: –130 bis 450 °C; max. Drehmoment: 200mNm; min. Drehmoment: 1 nNm (Rotation); Frequenzbereich: 1E–8 bis 100Hz	Viskosität; Viskoelastische Eigenschaften; Rotations-DMA
TMA	Temperaturbereich: –150 bis 1000 °C; Digitale Kraftauflösung: <0,01 mN; Stickstoff-, Luft- und Heliumspülung; Messung unter Vakuum; Modulation des Messsignals möglich	Temperaturbedingte Volumen- (isotrope Proben) und Längenänderungen; temperaturabhängige Dichte; auch Messung über Zustandsänderungen möglich (z. B. Metallschmelzen)
LFA	Temperaturbereich: –125 bis 1100 °C; Messbereich: 0,01 bis 1000 mm²/s; Laserpulsenergie bis 18J/Puls	Temperaturleitfähigkeit von Folien, Flüssigkeiten und Feststoffen; Wärmeleitfähigkeit (in Kombination mit DSC und TMA); Wärmekapazitätsbestimmung
STA	Temperaturbereich: Raumtemperatur bis 1500 °C ; Atmosphären: Vakuum, inert und oxidierend; Messgenauigkeit: 0,1 µg (Masse), ±2 % (DSC Enthalpie); Heiz-/Kühlraten bis 50 K/min	Simultane Bestimmung des DSC-Signals und der Masseänderung; einfache Korrelation von Reaktionen; durch hohen Temperaturbereich auch Metalle bis zur Schmelze analysierbar
Thermoanalyse/Dichte-Index	Geeignet für Al-Schmelzen; Vakuum 80 mbar; Tiegelvorwärmung 200 °C	Messung des Dichte-Index nach archimedischem Prinzip; Kornfeinung und H ₂ -Gehalt
Universalprüfmaschine 250 kN	Temperaturbereich: –40 bis 200 °C; Kraftmessdosens: 10 kN, 250 kN; Prüfgeschwindigkeiten: 0,002 bis 450 mm/min;	Zug-, Druck-, Biegeprüfungen; interlaminarescherfestigkeit (ILSS); Combined Load Compression; Open Hole Compression; Celanese; Compression After Impact (CAI); HCCF; Iosipescu
Universalprüfmaschine 100 kN	Temperaturbereich: Raumtemperatur; Prüfgeschwindigkeiten: 0,0005 bis 100 mm/min	Zug-, Druck- und Biegeprüfungen; interlaminarescherfestigkeit
Universalprüfmaschine 50 kN	Temperaturbereich: –40 bis 250 °C; Prüfgeschwindigkeiten: 0,0002 bis 600 mm/min	siehe Universalprüfmaschine 250 kN
Universalprüfmaschine 20 kN	Prüfgeschwindigkeiten: 0,001 bis 750 mm/min	Zug-, Druck- und 3-Punkt-Biegeversuche
Servohydraulische Prüfmaschine	Temperaturbereich: –70 bis 300 °C; Kolbenhub: ±125 mm; Kraft: 10 kN, 100 kN; bis zu 100 Hz	Dauerfestigkeit; schwellende Belastung

Maschine/Gerät	Daten	Prüfmöglichkeit
Härteprüfgerät (Zwick Roell ZHU 2,5)	Vickers-, Brinell-, Kugeldruck- und Martenshärte; Lastbereich bis 2,5 kN	Härteprüfung an unterschiedlichen Materialien, Kleinlasthärteprüfung (z. B. HV1)
Härteprüfgerät (Nexus 8103)	Rockwell-, Vickers- und Brinellhärte; Lastbereich 5 bis 3000 kgf	Härteprüfungen an metallischen Werkstoffen
Einzelfaser-Zugprüfung	max. Kraft: 220 cN; Auflösung: 0,0001 cN; Faserlänge: min. 3 mm	Zugfestigkeit und Bruchdehnung von Einzelfasern; E-Modul; Faserdurchmesser; Reibungskoeffizient
Einzelfaser-Pull-Out-Tester	Einbetttiegel bis 400 °C; N ₂ - oder O ₂ -Atmosphäre bei Einbettung; thermoplastische oder duroplastische Matrix	Faser-Matrix-Anhaftung
Impact-Prüfstand	Temperaturbereich: –50 bis 150 °C; Fallkörper: max. 30 kg; Fallgeschwindigkeit: max. 24 m/s; max. Energie: 1347 J	Normgerechte CAI-Vorschädigung; Charpy-Vorrichtung
Drapierprüfstand	Runde Proben mit max. 330 mm Durchmesser; Kolbenhub: max. 100 mm	Drapierverhalten von Textilien; Faltenbildung und -stärke; Knicke; Knicklinien; Dünn- und Dickstellen; Scherung
Optisches Messsystem zur Bauteildigitalisierung Digitale Bildkorrelation	Auflösung: 2 × 5 MP; Messbereich: 300 × 230 mm (erweiterbar durch Überlappung) Kamerasystem 2 × 12 MP; Bildrate 58 Hz (volle Auflösung) bis 464 Hz (reduzierte Auflösung)	3D-Digitalisierung; Abgleich zum CAD-Modell; Maßhaltigkeit von Probekörpern
High-Speed Kamera	max. Auflösung: 1024 × 1024 Pixel; Bildrate von 20.000 (volle Auflösung) bis 2.000.000 FPS (reduzierte Auflösung)	Aufzeichnung von Verschiebungen, Dehnungen und Scherungen in drei Dimensionen
Rasterelektronenmikroskop (REM) mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX)	Vergrößerung: 15 bis 60.000-fach (digitaler Zoom: 2-fach, 4-fach), Betrachtung: 5 kV / 15 kV / EDX)	Aufzeichnung Bruchverhalten; Hochgeschwindigkeits-Extensometer; Schwingverhalten vor Bruch
AFM	Auflösung (Tapping Mode): 30 nm; Atomare Auflösung im Contact Mode	Betrachtung von Oberflächenmorphologie, und Zusammensetzungsverteilung, z. B. bei Pulverpartikeln, Schliffen, Bruchflächen, etc., Anteil und Mapping der vorhandenen Elemente
Partikelmikroskopie	Zoom Stereomikroskopie; Analyse der technischen Sauberkeit gemäß ISO 16232 bzw. VDA 19	Topographie von Faseroberflächen; mikroskopische Untersuchung auf Nanometer-Ebene
Laserscanner zur Fluoreszenzanalyse	UV-Laserscanning mit 405 nm; Detektion der emittierten Fluoreszenz bis 520 nm; Auflösung ca. 300 µm	Unterscheidung metallischer und nicht-metallischer Partikel sowie Fasern; Analyse von weißen und transparenten Filtern (für weiße Partikel)
Aktive Thermografie	Messprinzip: Induktion eines Wärmeflusses in den Prüfkörper mittels externer Wärmequellen (z. B. Blitz-, Halogen-Lampen, Laser, Induktor, etc.). Maximale Auflösung je nach Anwendungsfall und Prüfanordnung: 10 µm.	Detektion von Ölen, Fetten, etc.; Quantifizierung und Messung von Schichtdicken; Flächige Bauteilvermessung 500 × 500 mm²
Lichtmikroskopie	Auf-/Durchlichtmikroskop: Vergrößerung: 1000-fach; Kameraaufsatz; motorisierter Fokus; LED-Beleuchtung Stereomikroskop: Vergrößerung: 60-fach; Kameraaufsatz	Detektion von oberflächlichen bzw. oberflächennahen Defekten wie Delaminationen, Risse, Poren, Impact-Schäden, etc. sowie filmischen Verunreinigungen
Digitalmikroskop	Auflösung 1 µm; schwenkbares Objektiv	Untersuchung von Schliffbildern; Fehlstellen; Spärolitgrößen; Porengehalt; Lagenaufbauten; Schichtdicken; Oberflächentopographien; Probenmaße; Partikelanalyse
Lichtmikroskop motorisiert	bis 1000-fache Vergrößerung; 3D-Profilaufnahme für z. B. Rauigkeitsmessung; Mosaikaufnahme von ganzen Bauteilen; Seitenansicht von Proben; Hell-/Dunkelfeld, Polarisation, Durchlicht, Multilightning, etc.	Automatische Erfassung von Partikelverteilung und -größe
		3D Prüfung von Bauteilen mit unterschiedlichsten Beleuchtungskonfigurationen; Sauberkeitsprüfung, Partikelauwertung oder Oberflächenprüfung

Maschine/Gerät	Daten	Prüfmöglichkeit
Kontaktwinkelmessgerät	Temperaturbereich: Raumtemperatur bis 400 °C; Hochgeschwindigkeitskamera mit 200 FPS und 780 × 120 Pixel; Messbereich Oberflächen-/Grenzflächenspannung: 0,001 bis 2000 mN/m	Benetzbarkeit Fasern und Halbzeuge; Ober- und Grenzflächenspannung; Spreizungskoeffizienten; Oberflächenrauheit; Relaxationsverhalten an Phasengrenzen
Mobil einsetzbarer Kontaktwinkelmesser	Messung mit Diiodmethan und Wasser zur besseren Berechnung des Kontaktwinkels bzw. der freien Oberflächenenergie. Prüfung auch an großen Objekten und kopfüber möglich	Prüfung an großen Bauteilen vor Ort, ohne Probennahme für das Labor; Messung der Sauberkeit an Bauteilen
Separatorenprüfung	Messprinzip: Einsatz von Zeilenkameras in drei Beleuchtungskonfigurationen (Reflexion Dunkelfeld, Reflexion Hellfeld und Transmission)	Löcher > 10 µm, Einschlüsse 150 bis 500 µm, Entartete Poren 200 µm bis 1 mm, Druckstellen < 200 µm, Kratzer 100 bis 400 µm, Inhomogenitäten 400 µm bis 3 mm, Dünnstellen 400 µm bis 3 mm, Fasern 150 µm bis 3 mm, Metallpartikel 50 bis 200 µm, Partikel 50 bis 200 µm
Laserbeugungs-Partikelgrößenanalyse-Messgerät	Partikelgrößen: 0,1 bis 1000 µm; Prinzip: Laserlichtstreuung; Analyse: Mie- und Fraunhofer-Streuung; Messgenauigkeit: besser als 0,6 %	Messen der Partikelgrößenverteilung von Pulvern
LSM	Höhenauflösung: 10 nm; Flankensteilheit bis 85 %; automatisierter Objektrevolver; Fokuspunkt: 0,4 µm	Mikroprofilmessungen der Oberfläche; Ermittlung von Rauheitskoeffizienten
3D-Lasermikroskop	Sichtfeld: 11 bis 7398 µm; Gesamtvergrößerung: 42 bis 28.800-fach	Mikroprofilmessungen der Oberfläche, Ermittlung von Rauheitskoeffizeinten
FTIR	Temperaturbereich: RT bis 300 °C; Wellenzahlbereich: 8.000 bis 600 cm ⁻¹ ; bis 15 Spektren/s	qualitative Elementanalyse; Flüssigkeiten, Festkörper und Gase (eingekoppelt über TGA); chemische Bindungszustände; Änderungen bei chemischen/thermischen Einflüssen
ON/H Performance Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffanalysator	Messprinzip: Trägergas-Schmelzextraktion, Probe wird in Graphittiegel bei hohen Temperaturen (bis 3000 °C) geschmolzen, NDIR-Detektor und Wärmeleitfähigkeits-detektor zur Erfassung der Elemente	Bestimmung der Elemente Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff in Feststoffen, um z. B. deren Einfluss auf die Bauteileigenschaften zu erfassen
Zetapotenzial	Strömungspotenzial: ±2000 mV; Strömungsstrom: ±2 mA; Temperaturbereich: 20 bis 40 °C	vollautomatische Zetapotenzialmessungen an makroskopischen Feststoffen
Funkenspektrometer	Wellenlinienbereich: 130 bis 780 nm; Auflösung bis ca. 10E–4 Gew.-%	Chemische Spektralanalyse von metallischen Proben
Spektrometer	UV-VIS-Spektrometer: 200 bis 700 nm (Aryelle 200) bzw. 200 bis 850 nm (Ocean Flame)	Erfassung spezifischer Emissionsspektren fester, flüssiger und gasförmiger Proben
Faservolumengehaltsbestimmung Infrarot-Feuchtemessgerät	nasschemische Analyse; DIN EN 2564 Messen des Feuchtegehalts von 0,005 % bis 100 % Ablesbarkeit: 0,1 mg, 0,001 %, Wägebereich: max. 100 mg, Temperaturbereich und -einstellung: 30 bis 180 °C, 1-Grad-Schritte	Bestimmung FVG und Porengehalt Bestimmung des Feuchtegehalts in der Probe durch thermogravimetrische Feuchtbestimmung
Gaspyknometer	Temperaturbereich: 10 bis 50 °C; Messzellen: 10, 50, 135 cm³; Genauigkeit: 0,0001 g/cm³	Dichtebestimmung; Volumenmessung
Wirbelstrommessgerät	Probengröße: 10 × 10 cm bis 50 × 50 cm	Messung der Carbonfaserorientierung an Vliesen und Platten; Abschätzen der Homogenität

Maschine/Gerät	Daten	Prüfmöglichkeit
Oberflächenrauigkeitsmessgeräte (mobil einsetzbar) Viskosimeter	Messbereich: maximal ±250 µm; Taststrecke: 17,5 bzw. 26 mm Messbereich: 0,3 bis 10.000 mPa.s Genauigkeit: ±3 % (1 bis 1000 mPa.s) Arbeitstemperatur: 10 bis 40 °C	Bestimmung der Rauigkeitskennzahlen Bestimmung der Viskosität von Flüssigkeiten
Siebanalyse	Messbereich: 20 µm bis 40 mm Chargengröße max. 6 kg	Trennen von Pulvern und Schüttgütern; Bestimmen der Korngröße
Pulverrheometer	Kraft: ±50 N maximal (0.0001 N Auflösung), Drehmoment: ±900 mNm maximal (0,002 mNm Auflösung); Rotordrehzahl: 120 U/min maximal; Axiale Geschwindigkeit: 30 mm/sec maximal	Charakterisierung der Fließeigenschaften von Pulvern: z. B. Widerstand des Pulvers gegen das Fließen und die Scherkräfte des Pulvers an der Wand des Equipments (ASTM-Standard D7891)
Nasstrennschleifmaschinen	Positioniergenauigkeit aller Achsen: ±0,1 mm; schnittkraftabhängige Vorschubregulierung; variable Drehzahl; zwei versch. große Maschinen	Probenpräparation für mechanische Prüfung; nasschemische Untersuchungen; Thermoanalyse; etc.
Fräsmaschine	Verfahrweg (X, Y, Z): 425 × 415 × 180 mm; Absolutgenauigkeit: 0,1 mm; Programmierung über CAD/CAM-Schnittstelle	Präparation von komplexen Probengeometrien
Klimaschrank	Temperaturbereich: –40 bis 180 °C; Feuchtebereich: 10 bis 95 % r.F.; Taupunktbereich: 5,5 bis 93,6 °C	Trocknung und Konditionierung von Proben
Spülkabinett	Extraktion von Partikeln von Bauteiloberflächen nach VDA 19.1 mittels Kaltreiniger; Kaskadenfiltration; Innen- und Außenspülung, Ultraschall- und Spritzextraktion	Standardisierte Sauberkeitsprüfung zur Vergleichbarkeit von Reinigungsergebnissen oder zur Auslegung von Reinigungsparametern
Schleif-/Poliergeräte	halbautomatisches Schleif- und Poliersystem; Scheibendurchmesser: 300 mm; stufenlose Drehzaleinstellung; Zentral- und Einzelandruck; automatische Abtragmessung	Präparation von Anschliffen
Kryo-Mühle	LN ₂ -gekühlte Schwingmühle; Endfeinheit bis 5 µm	Gleichmäßiges Zerkleinern von Proben bspw. für TGA

Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV

Am Technologiezentrum 2
86159 Augsburg
Telefon +49 821 90678-0

info@igcv.fraunhofer.de
www.igcv.fraunhofer.de

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Daub
Prof. Dr.-Ing. Klaus Drechsler
Prof. Dr.-Ing. Wolfram Volk

Druck

FLYERALARM GmbH

Bildquellen:

Alle Bilder © Fraunhofer IGCV, außer:
S. 9, 20, 25: ©Fraunhofer IGCV / Andreas Heddergott
S. 13, 23: ©Fraunhofer IGCV / Tobias Hase

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Gießerei-,
Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV
Am Technologiezentrum 2
86159 Augsburg

Telefon +49 821 90678-0
info@fraunhofer.de
www.fraunhofer.de