



**Werkstoffuntersuchungen
und Schadensanalysen**

Leistungsbeschreibung TAF1

Leistungsumfang – Laborservice

Als Basis für eine Beauftragung wird von der IABG ein Untersuchungsplan anhand der vom Kunden bereitgestellten Informationen sowie der beschriebenen Leistungspakete erstellt und kundenseitig bestätigt und schriftlich bestellt. Die Terminvereinbarung erfolgt nach Auftragseingang.

1 Probenvorbereitung

1.1 Vorbereitende Arbeiten (Lager und Werkstatt)

Prüflingstransport inkl. Kran- und Staplernutzung und Demontage auf dem Firmengelände der IABG, Ottobrunn, Bereitstellung und Einsatz von Werkzeugmaschinen und Trennwerkzeug, Zuschnitt von Komponenten / Prüflingen inkl. qualifiziertem Personal.

1.2 Vorbereitende Arbeiten (Labor)

Bereitstellung und Einsatz der verfügbaren Laborausstattung. Dies betrifft Trennarbeiten zu Probenentnahme, Aufbau von Laborversuchen, kunden- und projektspezifische Arbeiten.

2 Makroskopische Dokumentation

2.1 Makrodokumentation

Makroskopische Untersuchungen von Prüflingen. Makrodokumentation mittels Makroobjektiv und Digitalkamera, Untersuchungen mit dem Stereomikroskop. Einbinden der Aufnahmen in die Image Access Datenbank.

3 Materialografische Untersuchungen

3.1 Schliffprobe inklusive Basisdokumentation

Umfasst die Mikro- oder Makroschliffpräparation einer entnommenen Probe, die Standardkontrastierung, sowie die lichtmikroskopische Dokumentation des Gefüges mit max. 5 Aufnahmen. Die Bestimmung der Mikrohärtigkeit des Kerngefüges durch 5 Einzelmessungen und Mittelwertbildung.

- Maximale Prüflingsgrößen (eingebettet) Ø 50 mm / 35 x 65 mm
- 50 % Aufpreis für Werkstoffe mit Festigkeiten über 1.000 MPa für hochlegierte Stähle, Sondermetalle, Beschichtungen, Keramiken
- Sondergrößen auf Anfrage

3.2 Schliffprobe ohne Dokumentation

Umfasst die Mikro- oder Makroschliffpräparation einer entnommenen Probe inklusive Standardkontrastierung.

- Maximale Prüflingsgrößen (eingebettet) Ø 50 mm / 35 x 65 mm
- 50 % Aufpreis für Werkstoffe mit Festigkeiten über 1.000 MPa für hochlegierte Stähle, Sondermetalle, Beschichtungen, Keramiken
- Sondergrößen auf Anfrage

3.3 Lichtmikroskopie

Dokumentation von Mikrogefügen mittels Lichtmikroskop.

3.4 Standardanalyse Materialografie

Akkreditierte Prüfung inklusive Prüfprotokoll einer der nachfolgenden Gefügeanalysen:

- Korngröße nach DIN ISO 643, ASTM E 112
- Schichtdicken an Metall- und Oxidschichten, mikroskopisches Verfahren nach DIN EN ISO 1463
- Prüfung auf nichtmetallische, karbidische und sulfidische Einschlüsse nach DIN 50 602 (Verfahren M), ASTM E 45, SEP1520, SEP 1615
- Mikrostruktur von Gusseisen nach DIN EN ISO 945 (Analysefläche bis 80 mm²)
- Porositätsanalyse nach VDG Empfehlung P201E, VW5009, PV6097 (Prüffläche bis 80 mm²)
- Partikelanalyse (Statistische Auswertung/Klassifizierung an max. 3 Lichtmikroskopischen oder REM-Aufnahmen)

4 Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen

4.1 Probenbedampfung mit Gold (Au)

Bedampfung mit Gold (Au) je REM-Prüfling.

4.2 REM-Untersuchung inklusive EDX

Bereitstellung und Bedienung des Rasterelektronenmikroskops (REM) mit energiedispersive Mikrobereichsanalyse (EDX).

- Fraktographie – Bruchflächenanalyse zur Bestimmung des Schadensmechanismus
- qualitative und semiquantitative Mikrobereichsanalyse (EDX)
Punkt-, Integral-, Linien- und Objektanalyse, orts aufgelöste Mikrobereichsanalyse (Mapping)
- kundenspezifische Analysen / Untersuchungen

5 Mechanisch-technologische Untersuchungen

5.1 Makrohärte (HB, HR, HV, HL)

Akkreditierte Prüfung mit kalibrierten Härteprüfgeräten inklusive Prüfprotokoll (5 Einzelmessungen, Mittelwert) für jeweils eines der folgenden Prüfverfahren:

- Brinell (DIN EN ISO 6506-1, ASTM E10)
- Rockwell (DIN EN ISO 6508-1, ASTM E 18b)
- Vickers (DIN EN ISO 6507-1, ASTM E 92)
- Mobile Härteprüfung nach Leeb (HL-C, -D, -G, DIN50156-1)

5.2 Kleinlast- und Mikrohärtigkeit (HV1 bis HV 0,01)

Akkreditierte Prüfung nach Vickers (DIN EN ISO 6507-1, ASTM E 92) mit kalibrierten Härteprüfgeräten inklusive Prüfprotokoll (5 Einzelmessungen, Mittelwert).

5.3 Härteverlauf (DS, CHD (Eht), Nht)

Akkreditierte Prüfung nach Vickers (HV1 bis HV 0,01, DIN EN ISO 6507-1, ASTM E 92) mit kalibrierten Härteprüfgeräten inklusive Prüfprotokoll und graphischer Darstellung des Härteverlaufs. Bestimmung des Härteverlaufs durch maximal 20 Einzelmessungen für jeweils eine der folgenden Prüfungen:

- Einsatzhärtetiefe nach DIN 50 190-2, DIN EN ISO 2639 und DIN EN 10328
- Entkohlungstiefe nach DIN EN ISO 3887,
- Nitrierhärtetiefe nach DIN 50190-3
- Schmelzhärtetiefe und Schmelztiefe nach DIN 50190-4

5.4 Härteverlauf (Schweißnähte)

Akkreditierte Schweißnahthärteprüfung nach DIN EN 1043-1 oder DIN EN 1043- 2 mit kalibrierten Härteprüfgeräten inklusive Prüfprotokoll.

5.5 Härteprüfung an Kunststoffen

Akkreditierte Härteprüfung nach Shore A und D (DIN EN ISO 868) und IRHD (DIN EN48) inklusive Prüfprotokoll.

5.6 Zugversuch – Probenfertigung

Fertigung eines zylindrischen kurzen Proportionalstabs. Die Fertigung erfolgt je nach Ressourcenverfügbarkeit durch die IABG oder einen qualifizierten Unterauftragnehmer der IABG.

5.7 Zugversuch – Prüfung

Durchführung eines akkreditierten Zugversuchs an kalibrierten Prüfmaschinen mit Feindehnungsmessung und Bestimmung der Kennwerte R_p , R_m und A_5 inkl. Prüfprotokoll. Die Prüfung erfolgt je nach Ressourcenverfügbarkeit durch die IABG oder einen zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG.

5.8 Kerbschlagbiegeprüfung – Probenfertigung

Fertigung von 3 Proben (U- oder V-Kerb). Die Fertigung erfolgt durch einen qualifizierten Unterauftragnehmer der IABG.

5.9 Kerbschlagbiegeprüfung – Prüfung

Durchführung der Kerbschlagbiegeprüfung und Bestimmung der Kerbschlagarbeit inklusive Prüfprotokoll an 3 Proben. Die Prüfung erfolgt je nach Ressourcenverfügbarkeit durch die IABG oder einen zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG.

6 Analytik

6.1 Chemische Werkstoffanalyse

Quantitative emissionsspektroskopische Vollanalyse durch einen zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG inklusive Prüfprotokoll.

6.2 Umschmelzen für die chemische Werkstoffanalyse

Umschmelzen von Kleinstproben in eine kompakte Analyseprobe (Fe, Cu, Al-Basis) oder einer Graugussprobe in den weiß erstarrten Zustand. Die Leistung erfolgt durch einen zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG.

6.3 Quantitative Analyse von C, N, O, S

Quantitative Bestimmung eines der nachfolgenden Elemente durch einen zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG.

➤ Kohlenstoff (C), Stickstoff (N), Sauerstoff (O), Schwefel (S)

6.4 Eigenspannungen

Röntgenographische Bestimmung der Eigenspannung an der Werkstoffoberfläche durch einen qualifizierten Unterauftragnehmer der IABG. Die Messungen werden je Messpunkt in zwei Richtungen (0° und 90°) durchgeführt.

6.5 Thermogravimetrische Analyse (TGA)

Thermogravimetrisches Messsystem mit automatisierten Messzyklen zur Bestimmung von Feuchte-, Faser- und Harzanteilen von Kunststoffen und faserverstärkten Kunststoffen. Mehrfachanalysen mit hohen Einwaagen bis 5 g und bis 1.000 °C möglich.

Die Bestimmung des Faservolumengehalts erfolgt mittels Dichtebestimmung nach der Auftriebsmethode gemäß DIN EN ISO 1183-1 (Verfahren A) sowie der thermogravimetrischen Analyse mittels Makro TGA nach Absprache. Für die Analyse des Faser- und des Harzvolumenanteils muss die Dichte der Faser und des Harzes bekannt sein, andernfalls ist nur die Auswertung der jeweiligen Massenanteile möglich.

6.6 Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC)

Mit der dynamischen Differenz-Thermoanalyse wird die Glasübergangtemperatur und die Reaktionsenthalpie von Kunststoffen gemäß der Normen ISO 11357-2/-3 bestimmt. Das Temperaturfenster kann innerhalb von – 90 °C bis 450 °C gewählt werden. Je Probe wird eine Heizkurve mit einer Standardheizrate von 10 K/min ermittelt.

Zur Bestimmung des Aushärtegrades bei Reaktionsharzen müssen die Reaktionsenthalpie (ΔH_{100}) des frischen Materials und der Harzmasseanteil der gehärteten Probe bekannt sein. Alternativ erfolgt die Bestimmung der Enthalpiewerte der Nachhärtung.

Die Prüfung wird bei einem zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG durchgeführt.

6.7 Dynamisch-mechanische Analyse (DMA)

Die dynamisch-mechanische Analyse wird an faserverstärkten Kunststoffen gemäß der Norm DIN 65583 als einarmige Biegung (single cantilever) ausgeführt. Dabei wird die Glasübergangstemperatur über die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls bestimmt. Das Speicher- bzw. Verlustmodul wird mit ausgewertet.

Die Prüfung wird standardmäßig mit einer Heizrate von 5 K/min, einer Frequenz von 1 Hz und einer Amplitude von 15 μm in einem Temperaturbereich von 40 °C bis max. 270 °C durchgeführt. Die minimale Probengeometrie beträgt 35 mm x 10 mm x 2 mm. Vor der Messung werden die Proben 7 Tage bei 105 °C getrocknet.

Die Prüfung erfolgt bei einem zertifizierten und akkreditierten Unterauftragnehmer der IABG.

7 Zerstörungsfreie Prüfungen

7.1 Visuelle Prüfung – VT

Durchführung einer Sichtprüfung zum Auffinden von makroskopisch sichtbaren Schäden oder Abweichungen. Erstellung eines Prüfprotokolls zur Dokumentation der Inspektion und möglichen Befunden.

7.2 Endoskopie

Durchführung einer Sichtprüfung in Hohlräumen, Rohren, oder schwer zugänglichen Bauteilbereichen mit Hilfe eines Videoendoskopes. Erstellung eines Prüfprotokolls zur Dokumentation der Inspektion und möglichen Befunden.

7.3 Farbeindringprüfung – PT

Zur Prüfung auf zur Oberfläche geöffnete Fehler wird eine Eindringprüfung mit fluoreszierenden Eindringmittel oder Farbeindringmittel durch Personal, welches gemäß DIN EN 4179 oder DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zugelassen ist, durchgeführt. Die Prüfergebnisse werden in einem Prüfprotokolls dokumentiert. Die Prüfung kann vor Ort oder im Labor durchgeführt werden.

7.4 Ultraschall Prüfung – UT

Zur Prüfung auf innere Fehlstellen wird eine Ultraschallprüfung durch Personal, welches gemäß DIN EN 4179 oder DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zugelassen ist, durchgeführt. Die Prüfergebnisse werden in einem Prüfprotokolls dokumentiert. Die Prüfung kann vor Ort oder im Labor durchgeführt werden.

7.5 Ultraschall Gruppenstrahlerprüfung – PAUT

Zur Prüfung von Verbundwerkstoffen bietet die Ultraschallprüfung mit Gruppenstrahler zusätzliche Möglichkeiten über die klassische Ultraschallprüfung hinaus durch eine Auswertung der A-, B-, C- oder S-Bilder und erweiterter Dokumentation- und Analysefunktionen. Die Prüfergebnisse werden in einem Prüfprotokoll dokumentiert. Die Prüfung kann vor Ort oder im Labor durchgeführt werden.

7.6 Wirbelstromprüfung – ET

Zur Prüfung auf Oberflächenfehler und oberflächennahe Fehler an elektrisch leitfähigen Bauteilen wird eine Wirbelstromprüfung durch Personal, welches gemäß DIN EN 4179 oder DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zugelassen ist, durchgeführt. Die Prüfergebnisse werden in einem Prüfprotokoll dokumentiert. Die Prüfung kann vor Ort oder im Labor durchgeführt werden.

7.7 Magnetpulverprüfung – MT

Zur Prüfung auf Oberflächenfehler und oberflächennahe Fehler an elektrisch leitfähigen Bauteilen wird eine Magnetpulverprüfung durch Personal, welches gemäß DIN EN 4179 oder DIN EN ISO 9712 qualifiziert und zugelassen ist, durchgeführt. Die Prüfergebnisse werden in einem Prüfprotokoll dokumentiert. Die Prüfung kann vor Ort oder im Labor durchgeführt werden.

7.8 Röntgenprüfung – RT – 2 dimensional

In der Bauteilprüfung und im Rahmen von Schadensanalysen wird die digitale Röntgenprüfung im 2D Modus mit einer 180 kV Mikrofokusanlage angewendet, um innere Strukturen sichtbar zu machen und Fehlstellen zu detektieren und zu vermessen. Dabei wird der Prüfling unter dem Röntgenstrahl mit den Achsen: X, Y, Z und R bewegt. Die Betrachtung erfolgt an einem Monitor im live-Bild Modus. Durch die Vergrößerung des Detektor/Bauteil Abstands können Vergrößerungen bis zu max. 2000 fach erreicht werden. Die Dokumentation erfolgt in Form von Abbildungen aus den zu untersuchenden Bauteilbereichen. Die Untersuchung kann durch den Kunden begleitet werden.

7.9 Röntgentomografie – μ CT – 3 dimensional

In einer digitalen Röntgenanlage wird der präparierte Prüfling horizontal um 360 ° rotiert und mit den vom Operator abgestimmten Strahlparametern gescannt. Unter Anwendung entsprechender Algorithmen werden die Einzelschnittbilder anschließend zu einem Volumen rekonstruiert. Abhängig von der Probengröße kann eine Auflösung von max. 3 μ m erreicht werden. Je nach Verfügbarkeit findet die Tomografie im IABG Labor oder in Kooperation bei einem qualifizierten Subunternehmer statt.

⇒ Für die Analyse und Auswertung eines Volumens muss das Arbeitspaket 7.10 berücksichtigt werden.

7.10 Röntgentomografie – μ CT – Analyse und Auswertung

Dieses Arbeitspaket beinhaltet die Analyse und Auswertung von detektierten Fehlstellen, Strukturen und Inhomogenitäten hinsichtlich ihrer Größe, Form und Lage in drei Raumrichtungen. Dabei können Längen, Flächen und Volumina vermessen werden. Des Weiteren ist der Soll/Ist Vergleich der äußeren und inneren Geometrie eines Bauteils möglich. Die realen CAD-Daten eines Prüflings werden im STL-Format ausgegeben und können in Berechnungs- und Simulationsprogramme integriert werden. Die Auswertungen erfolgen unter Anwendung von Volume Graphics Software Modulen (VGL).

⇒ Generierte Abbildungen, Messungen, Videos und Datensätze, sowie eine Viewer Version der VGL Auswertesoftware werden dem Kunden zur Verfügung gestellt.

8 Berichtserstellung und Beratungsdienstleistungen

8.1 Werkstoff- und schadensanalytische Fachleistung

Zusammenfassen aller relevanten Untersuchungsergebnisse in einem IABG-Bericht. Dieser enthält die Befundung und Bewertung von Schadensfällen (Schadensmechanismus), die Ableitung von Schlussfolgerungen (Schadensursache) und Verbesserungsvorschlägen (Schadensprävention) in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3822 (Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse).

Erstellen von Prüfprotokollen oder Prüfberichten zu durchgeführten Werkstoffanalysen, Bewerten von Ergebnissen, Umsetzen von kundenspezifischen Anforderungsprofilen.

8.2 Werkstoff- und schadensanalytische Expertise

Einbinden von internen oder externen Experten für kundenspezifische Problemstellungen.

9 Vor Ort Service

9.1 Ambulante Metallographie / Vor-Ort-Begutachtung von Schäden

Ambulante Metallographie inklusive Equipment und Vor-Ort-Begutachtung von Schadensfällen auf Anfrage.

Ändert sich der im Untersuchungsplan vereinbarte Leistungsumfang, so wird dies in einer Mehrungsliste erfasst, von beiden Seiten bestätigt und entsprechend in Rechnung gestellt. Reisekosten sind nicht enthalten und werden separat berechnet. Ort der Leistungserbringung ist soweit nicht anders vereinbart Ottobrunn.