

Reduzierung des Human-Faktors bei der visuellen Prüfung an Luftfahrtstrukturen – ein Qualitätssicherungskonzept

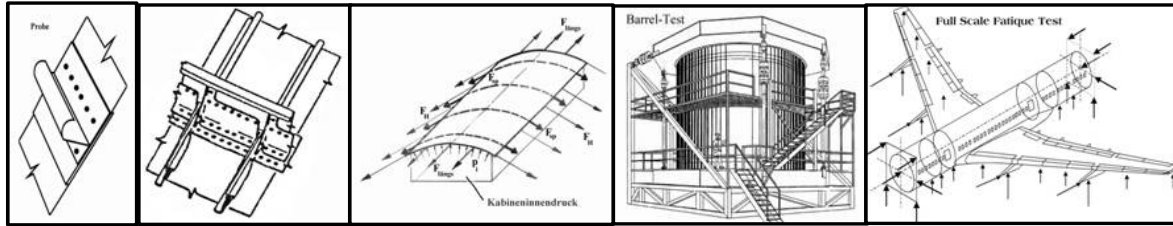
Sabine GOLDBACH, IMA, Dresden
Theodor MEIER, Airbus, Bremen

Kurzfassung: In dem Beitrag wird ein Qualitätskonzept vorgestellt, mit dem visuelle Inspektionen reproduzierbar und qualitätsgerecht durchgeführt werden können. Hierzu wurde eine eigens auf luftfahrtspezifische Strukturen optimierte Testkörperreihe hergestellt, die zu Sensibilisierungs- und Schulungszwecken genutzt wird. Ein weiterer Bestandteil sind wiederholte luftfahrtspezifische Schulungen.

1. Einführung

Visuelle Prüfungen werden auf vielfältige Weise und in großem Umfang eingesetzt. Sie sind Bestandteil einer jeden zerstörungsfreien Prüfung und werden von qualifiziertem, aber auch nicht qualifiziertem Personal ausgeführt. Jeder kennt diese Prüfung und führt sie bewusst oder unbewusst durch. Deshalb ist Sichtprüfung so einfach, meint man. Oder doch nicht?

Ausgangspunkt des Konzeptes waren die visuellen Inspektionen, die bei der IMA GmbH Dresden versuchsbegleitend an Luftfahrtstrukturen ausgeführt werden, Abb. 1. Sie werden angefangen von Coupon Test über Panel Test an ebenen und gekrümmten Rumpfschalen bis hin zu Großstrukturversuchen wie Barrel- und Full Scale Fatigue Tests angewendet. Die visuellen Inspektionen werden genutzt, um Schädigungen aufzufinden bzw. bekannte Schäden in ihrem Fortschrittsverhalten zu verfolgen.



Coupon Test Panel Test Curved Panel Test Barrel Test Full Scale Fatigue Test



Abb. 1: Versuchsbegleitender Einsatz der visuellen Inspektion

Luftfahrtstrukturen werden heute in überwiegendem Maße nach dem Damage – Tolerance - Konzept ausgelegt. Das heißt, mögliche Schäden müssen innerhalb regelmäßiger Inspektionen mit ausreichender Sicherheit (90/95%) in definierten Inspektionsintervallen gefunden werden. Hierzu nutzt man die Methoden der zerstörungsfreien Prüfung. Dabei werden an den beschriebenen Test die speziellen zerstörungsfreien Methoden wie Ultraschall- und Wirbelstromprüfung zu ca. 20-50% an den Gesamtinspektionen eingesetzt, während die visuelle Prüfung zu ca. 50-80% gefordert wird. Die Durchführung der Ultraschall- und Wirbelstromprüfungen erfolgt auf der Grundlage von Normen und Regelwerken (DIN, Produktnormen, NTM – Nondestructive Testing Manual, Technische Lieferbedingungen). Hiervon gibt es eine Vielzahl. Welche Regelwerke gibt es für die visuelle Inspektion? Sehr wenige.

2. Grundlagen der Sichtprüfung

Die Randbedingungen für die visuelle Inspektion ist zum Einen die technische Schadensauffindbarkeit. Darunter versteht man die auflösbare Größe des Schadens schlechthin, Randbedingungen wie Beleuchtungs- und Betrachtungsverhältnisse, Kontrastwirkung usw. Ein weiterer Eckpunkt ist der Human-Faktor, also der subjektive Faktor, der von der Sehleistung, der Erfahrung und Genauigkeit des Einzelnen bestimmt wird, aber auch von der Inspektionszeit, von negativen Faktoren wie Übermüdung usw.

Bei der Sichtprüfung unterscheidet man zwischen indirekter und direkter Sichtprüfung. Unter direkter Sichtprüfung versteht man den ununterbrochenen Strahlengang zwischen Auge des Prüfers und der Prüffläche. Dabei unterscheidet man zwischen einer örtlichen Sichtprüfung, die gemäß DIN EN 970 und 13018 bei Mindestbeleuchtungsstärken von 500 lux aus einer Entfernung kleiner 600 mm und Beleuchtungs- und Betrachtungswinkeln größer 30° zur Prüffläche erfolgen sollten [1, 2].

3. Qualitätskonzept

Ausgehend von den allgemeinen Qualitätsprinzipien einer Inspektion, die sind:

- Unabhängigkeit,
- Genauigkeit,
- Vollständigkeit,
- Reproduzierbarkeit

wurde ein eigenes Qualitätskonzept entwickelt. Es umfasst 5 Schwerpunkte, die im Folgenden näher beschrieben werden.

3.1. Individuelle Eignung der Inspektoren

- Körperliche Eignung (schlanke Personen, Eignung in engen Räumen und unter erschwerten Bedingungen zu arbeiten – Medizinische Tests gefordert)
- Sehfähigkeit: Nahsehvermögen 1,0; Fernsehvermögen 0,8, Farb- und räumliche Sehfähigkeit = IMA stellt höhere Forderungen als in EN 473 and EN 4179! [3, 4]
- Minimalforderung für Sichtprüfer: technischer Beruf
- Hoher Grad an Verantwortung, Genauigkeit und Zuverlässigkeit

3.2. Vorbereitung der Inspektoren auf ihre Inspektionsaufgabe

- Individuelle Tests an Testkörpern, hergestellt durch IMA (enthalten übliche Schäden)
- Schulungen (Fehlererwartungsbereich, Schadenskatalog, Umsetzung der Inspektion, Strukturkenntnisse)
- IMA Laboranweisung zur Durchführung von Sichtprüfungen
- Periodische Schulungen zum aktuellen Stand

Hierzu wurde eigens dafür eine Testkörperserie entwickelt, die gemäß DIN EN 13018 Ähnlichkeiten zum Prüfgegenstand hinsichtlich Material, Oberflächenrauigkeit, Verarbeitung (geschweißter Stringer, Nietverbindung o.ä.), Oberflächenbehandlung und Art, Größe und Lage der Fehlstellen aufwies [5]. In Abb. 2 sind Beispiele dazu dargestellt.

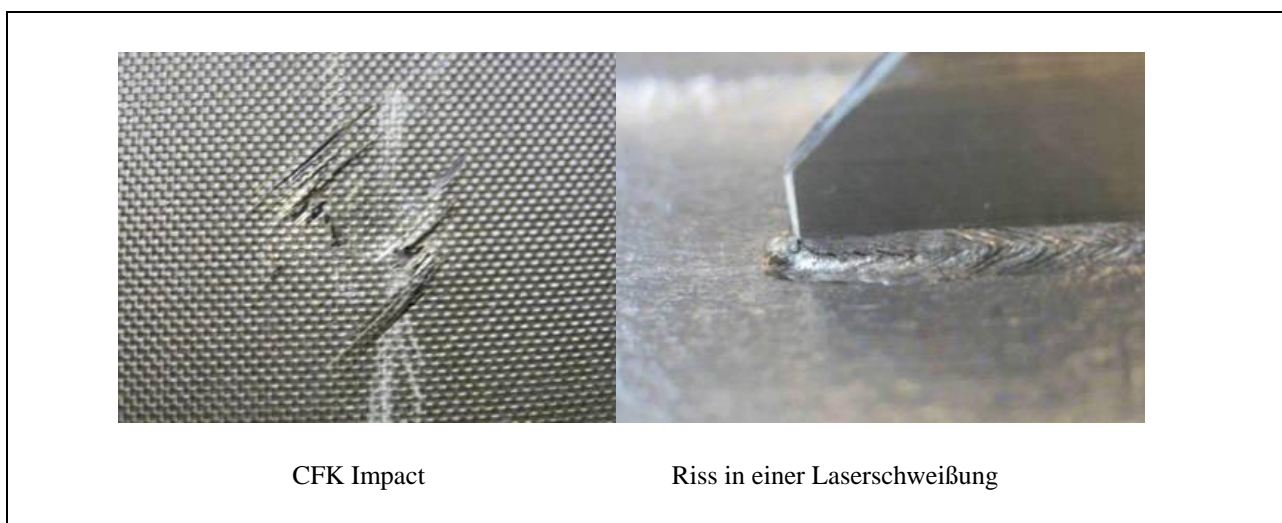


Abb. 2: Beispiele aus der Testkörperserie [5]

Ziel der Testkörperserie war es, die optimalen Prüfparameter anhand einer Studie zu ermitteln und andererseits die Fähigkeiten des Inspektionpersonals zu analysieren und sie auf ihre Aufgabe zu sensibilisieren.

Ergebnisse der Studie waren:

- E = 1000 lux empfohlen
- Risse unter der Farbe: Beleuchtung $<30^\circ$ zur Oberfläche (Ausnutzung Schattenkontrast)
- offene Risse, Kratzer: Beleuchtung $30-45^\circ$ zur Oberfläche (Reflexions- und Schattenkontrast)
- Alle Kontrastarten können sich überschneiden.

Um die Fähigkeiten des Inspektionpersonals analysieren zu können, wurde ein Test mit 17 Inspektoren durchgeführt. Diese waren in einem Alter von 23-61 Jahren, mit und ohne Luftfahrtstrukturerfahrung. Alle erhielten eine allgemeine Einweisung zur Objektkunde.

Bei annähernd realen Sichtprüfungsbedingungen (Umgebungsbeleuchtung, Beleuchtungsmittel, Betrachtungsabstand) und einer ausreichenden Inspektionszeit wurde diesen Inspektoren die beschriebene Testkörperreihe vorgelegt. Aufgabe war es, die Testfehler ohne Hilfestellung zu finden. Nach Abschluss des ersten Testdurchlaufes erfolgte eine umfangreiche Schulung zur Handhabung der Beleuchtungsmittel und eine Sensibilisierung auf kleine Schäden. Danach erfolgte eine Testwiederholung unter gleichen Bedingungen. Somit wurde die Testkörperserie außerdem zu Schulungs- und Sensibilisierungszwecken genutzt. In Auswertung der Tests kann festgestellt werden, dass 80% aller Testschäden ohne Hilfestellung nachgewiesen wurden. Bei den am schwierigsten zu detektierenden Schäden existierte eine Schadensauffindbarkeit von 35-65% ohne Schulung. Die Schadensauffindbarkeit der schwierigen Testschäden kann auf 80-95% gesteigert werden mit einer Schulung. Dann ist kein definitiver Einfluss von Alter und Erfahrung nachweisbar [5]. Beispiel aus der Schulung ist in Abb. 3 ersichtlich.



direkte Beleuchtung 90°
zur Inspektionsfläche

Beleuchtungswinkel ca. 10° zur
Inspektionsfläche

Abb.3: Riss unter der Farbe, Einfluss der Beleuchtung auf die Schadensauffindbarkeit

Festlegungen für die Durchführung der visuellen Prüfung

- Minimale Beleuchtungsstärke 500 lux, aber 1000 lux empfohlen
- Betrachtungsabstand \approx 250-300 mm bei Detailprüfungen
- Einsatz von Lupe und Klappspiegel
- Regelmäßige Kontrolle der Beleuchtungsstärke
- Job Rotation

3.3. Anforderungen an die Kontrolle und Inspektionsaufsicht

- Inspektionsaufsicht Level 3 mit NDT- (DIN EN 4179) und VT-Qualifikation (DIN EN 473) während der gesamten Inspektion vor Ort
- Doppelinspektionen derselben Inspektionsstellen bei schadenskritischen Bereichen durch andere Inspektoren (Kontrolle und Reproduzierbarkeit)

3.4. Auswertung von Inspektionen

- Aktualisierung des Schadenskataloges für wiederkehrende Inspektionen
- Ermittlung der Fehlerrate aufgrund von Doppelinspektionen
- Punktesystem zur Einschätzung jedes Inspektors
- Doppelinspektionen für sensible Bereiche
- Hohe Fehlerrate: Austausch von Inspektoren
- Aktualisierung und periodische Wiederholung der Schulungen

4. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann Folgendes festgestellt werden:

- Ermittelte optimale Prüfparameter für die visuelle Inspektion anhand von Testkörpern:
 - Räumliches – und Fernsehvermögen zusätzlich gefordert
 - E = 1000 lux empfohlen
 - Risse unter der Farbe: Beleuchtung $<30^\circ$ zur Oberfläche (Ausnutzung Schattenkontrast)
 - offene Risse, Kratzer: Beleuchtung $30-45^\circ$ zur Oberfläche (Reflexions- und Schattenkontrast)
- Reduzierung des Human-Faktors durch Schulungen – d.h. wiederholte fachspezifische Schulungen sind unverzichtbar.
- Bei geschultem Personal ist kein Einfluss von Alter und Erfahrung auf die Schadensauffindbarkeit ermittelbar.

Referenzen

- [1] DIN EN 970: Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißverbindungen. Sichtprüfung. 03/1997
- [2] DIN EN 13018: Sichtprüfung. Allgemeine Grundlagen, 07/2001
- [3] DIN EN 473: Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung. 03/2001
- [4] DIN EN 4179: Qualifizierung und Zulassung des Personals für zerstörungsfreie Prüfung. 04/2000
- [5] Auschner, J.: Ingenieurpraktikum TU BA Freiberg/IMA GmbH Dresden, Januar 2006