

## Sichtprüfung in der Produktion von Luftfahrzeug-Triebwerken



1

Die Qualität des Prüfergebnisses  
ist abhängig von der Sorgfalt des  
Prüfers

2

- Unvorhersehbare Zwischenfälle dürfen nicht zum Absturz des Flugzeuges führen
  - Vogelschlag
  - Ablösung einer Triebwerksschaufel
  - Ansaugen einer großen Menge Wasser/Sand



3

- Bauteile am Flugzeug sind hoch belastet. Beispiel: Triebwerk
- Werkstoffe der einzelnen Komponenten müssen nahezu fehlerfrei sein um den Belastungen Stand zu halten
  - Hoher Druck Verdichtungsverhältnis 43,9:1 (z.B. GP7000) A380
  - Hohe Temperatur > 1000 °C (z.B. GP7000) A 380
  - Hohe Drehzahlen > 50 000 U/min (z.B. MTR390) Hubschrauber Tiger

4

- 4. November 2010
- A380-842 Qantas Airways
- Flugnummer 32
- Ausfall des Triebwerks Nummer 2 während des Steigfluges
- 469 Personen an Bord (keine Opfer)



5

- **Die Sichtprüfung ist kein allgemeines ZfP-Verfahren nach DIN EN 4179**
- Die Anforderungen an Ausbildung, Erfahrung und Prüfung des Personals muss von der verantwortlichen Person der Stufe 3 bzw. NANDTB festgelegt werden.

6

## Durchführung bei der MTU

- Verschiedene Verfahrensanweisungen legen Ausbildung und die Durchführung der Sichtprüfung fest.
- MTT 366-14 Qualifikation von Prüfpersonal
- MTV 1027 Sichtprüfung (allgemeine Regeln)

7

## MTT 366-14

- Festlegung der Zugangsvoraussetzung z.B. Schulbildung und Praktische Fähigkeiten
- Umfang der theoretischen und praktischen Ausbildung
- Einarbeitungsphase durch einen erfahrenen und qualifizierten Prüfer (Patenregelung)
- Berechtigungserteilung mit Qualifizierungsnachweis und Re-Qualifizierung

8

## MTV 1027

- Festlegung der Hilfsmittel (Lupen, Beleuchtung)
- Beleuchtungsstärke min. 1000 Lux bei Bedarf 2000 Lux in einem Abstand von 20 cm (Bohrungsprüfung)
- Vorbehandlung der Bauteile
- **Prüfklasse A**, ohne Hilfsmittel, für alle möglichen Fehlerarten z. B. Kratzer, Riefen, Verfärbungen, Dellen usw.
- **Prüfklasse B**, mit vergrößernden Hilfsmitteln 3,5 bis 10 fach, für das Auffinden von Rissen
- **Prüfklasse C**, mit speziellen Hilfsmitteln z. B. Videosystem, starr oder flexibel, Vergrößerung bis 30-fach, für das Auffinden von Fehlern an schwer zugänglichen Stellen (Bohrungen, Kanäle, Hohlräume usw.)

9

- Prüfen von Abmessungen der Fehler  
Maßstab, Lineal, Prüfnadel, optisches Gerät

Manuelles Abtasten mit einer Prüfnadel mit festgelegten Spitzenradius (0,2 oder 0,4 mm).

Die Nadel wird in einem Winkel von 60° zur Bauteiloberfläche ohne Druck über das Bauteil in Richtung der Abweichung geführt. Stockt die Prüfnadelspitze an der Abweichung ist es keine flache Abweichung mehr.

Herstellung eines Abdrucks und Untersuchung mit Raster-Elektronen- Mikroskop.

10

## MTP 98-3

- **Abnahmegrenzen und Prüfmerkmale**

Güteprüfnorm als Grundlage zur Sichtprüfung mit genauer Definition von Fehlstellen.

Festlegung der Abnahmegrenzen und unzulässigen Fehlstellenarten.

Ausnahmen und zulässige Fehlstellen werden nach Bauteilklassen definiert .

Für Rotoren und Schaufeln gelten spezielle Abnahmegrenzen.

11

- **Die Prüfer sind spezialisiert auf bestimmte Bauteile und Bauteilfamilien**

Durch die große Zahl an sehr unterschiedlichen Bauteilen und Fehlermöglichkeiten ist eine Spezialisierung notwendig.

Die Prüfer werden durch Testkörper mit definierten Fehlstellen, die bei der Serienprüfung in unregelmäßigen Zeitabständen mitlaufen, überprüft.

Dies ist notwendig , da selbst kleine übersehene Fehler zu großen Schäden führen können.

12



## Sichtprüfung



### ➤ Anwendungen

- Allgemeine Sichtprüfung: Überprüfung auf Vollständigkeit, Sauberkeit, Kennzeichnung, Einkerbung, Riefen, Kratzer, etc.
- Spezielle Sichtprüfung: Überprüfen auf Defekte, Formabweichungen, Lageabweichungen etc.
- Nach Verfahrensnorm MTV 1027 (Sichtprüfung)
- Typische Fehler: mechanische Beschädigungen (Kratzer, Risse), Verunreinigungen, fehlerhafte oder unvollständige Montage, Zusammenbau, Verbindungen, Gratbildung, Farbänderungen (Anlaufarben bei z.B. austenitischen Stählen), Oberflächenrauheit

### ➤ Randbedingungen

- In der Regel sind keine speziellen Vorbereitungen notwendig
- Oberfläche muss sich in einem Zustand befinden, so dass der zu führende Nachweis sicher erbracht werden kann (eventuelle Reinigung vorab des Bauteils)
- Beleuchtungsquelle soll den Betrachter weder blenden noch durch Reflexionen stören

- Die Arbeitsplätze in der Sichtprüfung sind gegliedert für einfache Aufgaben bis hin zu speziellen Prüfaufgaben mit Endoskopen.
- Eine allgemeine Ausbildung wie in der Industrie ist wegen der sehr hohen Spezialisierung wenig sinnvoll.

15

#### Sichtprüfung (VT) – Beispiele



Ergebnis der Sichtprüfung an einer Schaufel

Ausbruch an der Schaufelaufhängung

23.01.2013

16

## Einschlüsse



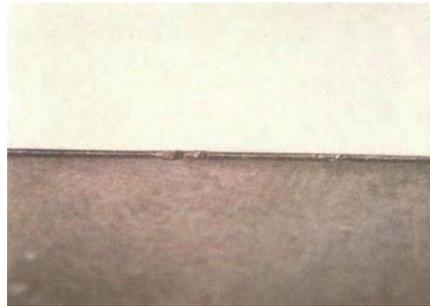
17

## Dellen



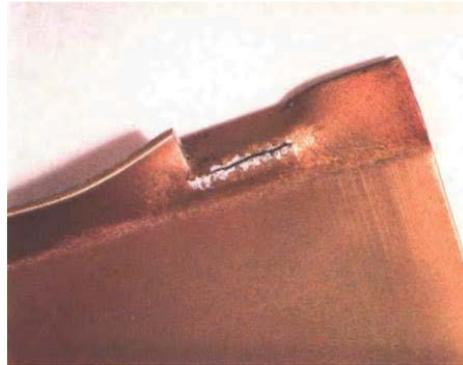
18

# Kerben



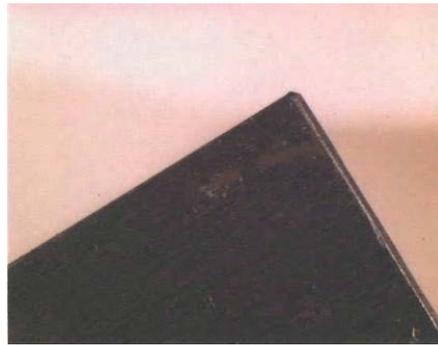
19

# Risse



20

## Verfärbung



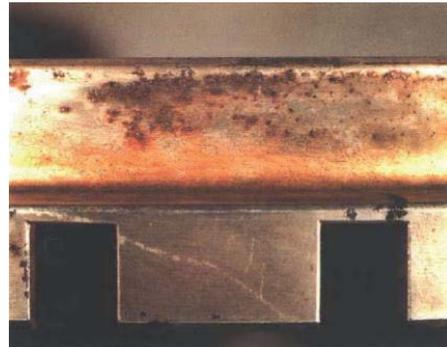
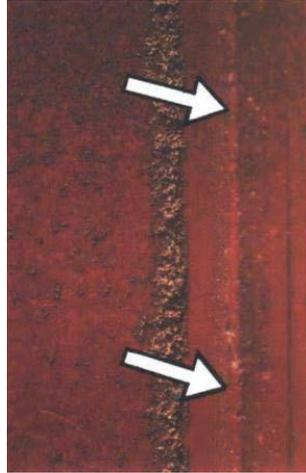
21

## Kratzer



22

## Porositäten



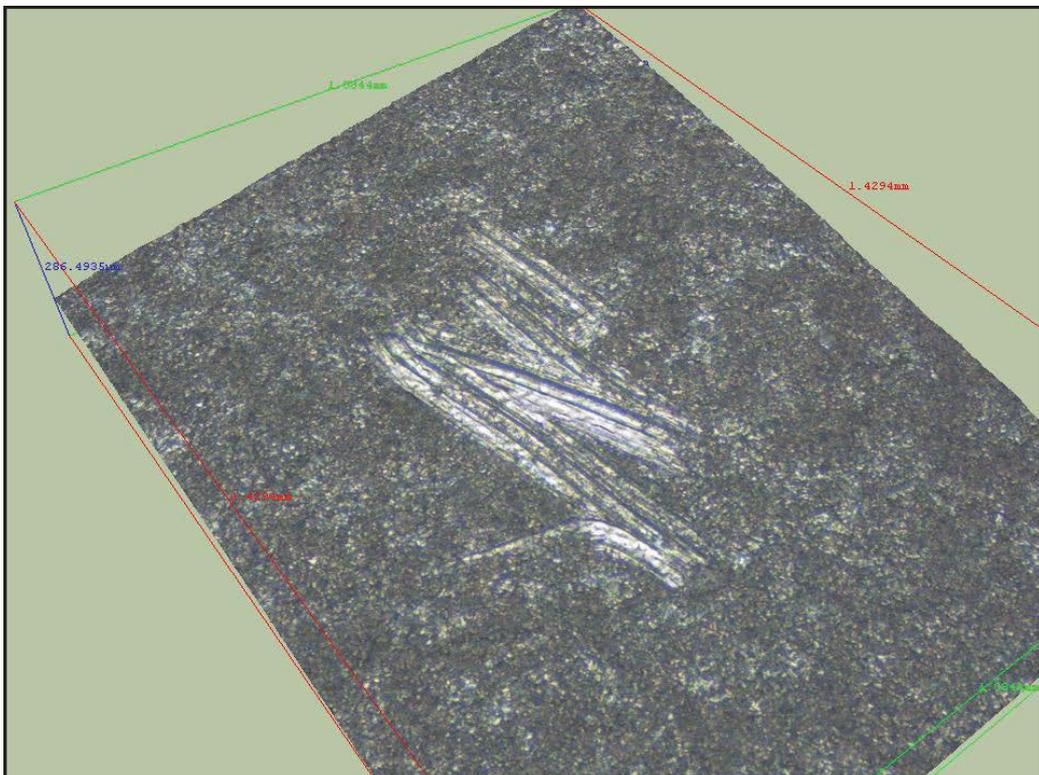
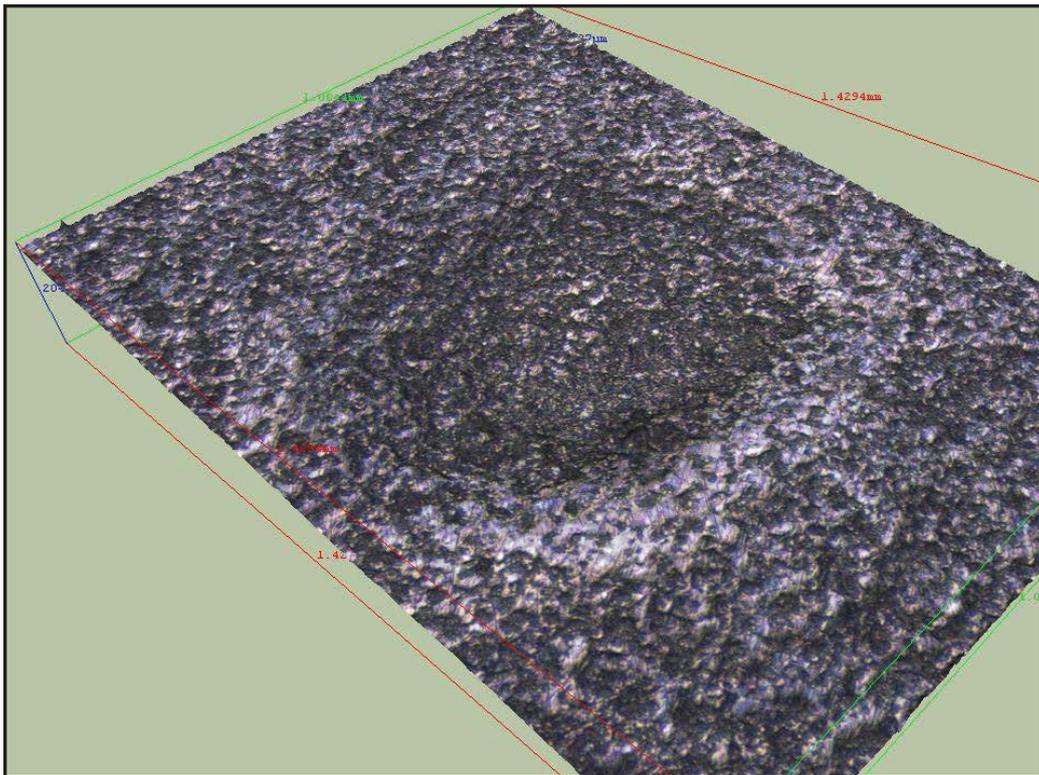
23

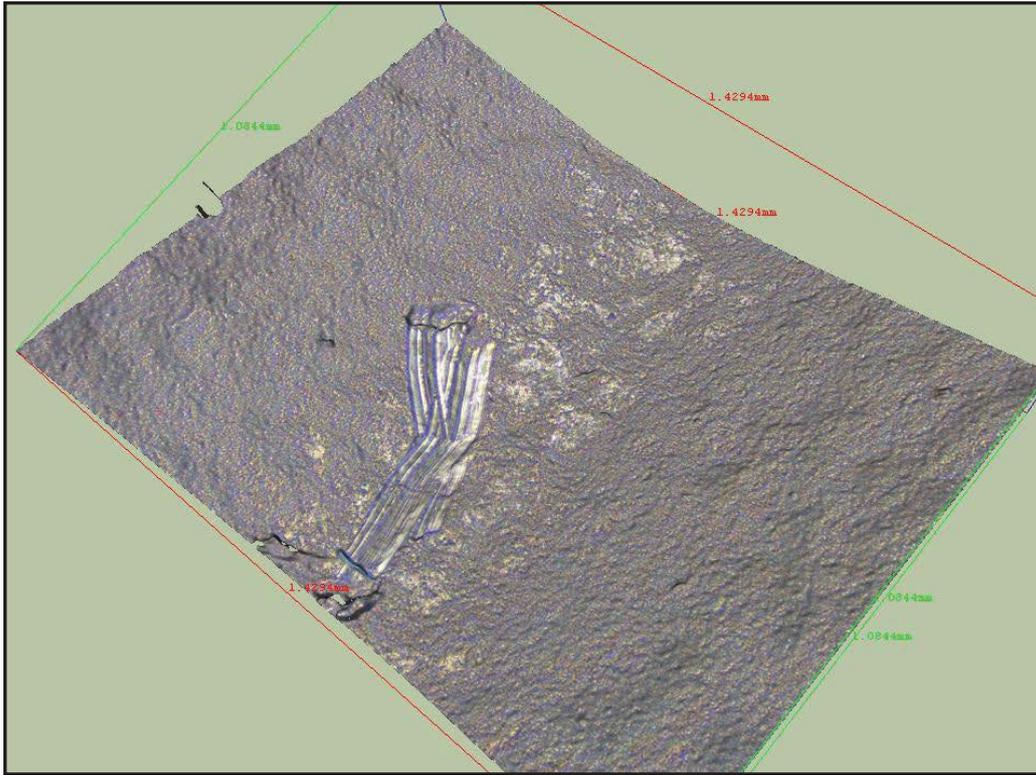
## Zukunft in der Sichtprüfung

- Durch die immer höheren Anforderungen, werden auch immer bessere Werkzeuge benötigt.
- Das 3D ausmessen von Fehlern ist eine Möglichkeit um eine Qualifizierung von Muster und Abnahmeprüfteilen zu verbessern.
- Ein „Fehlerkatalog“ mit realen Bauteilen (Vergleichskörper) erstellen.

24

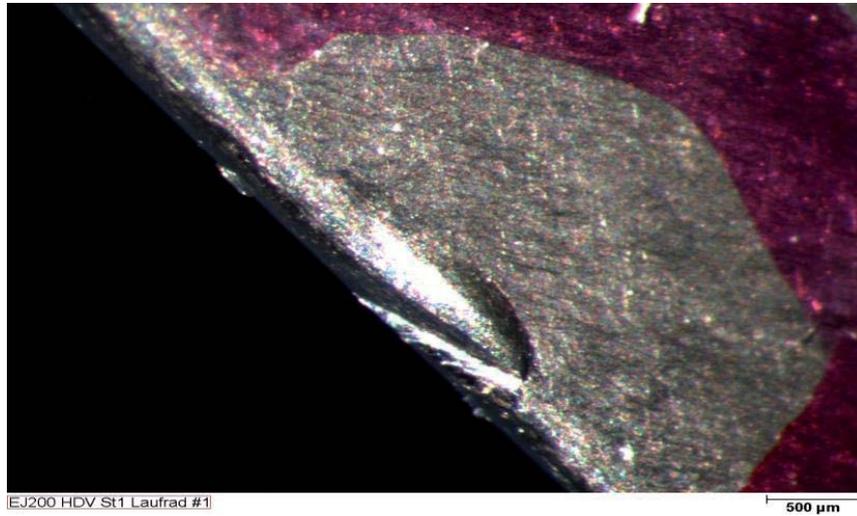






# Fehlervergleichskatalog

## Kerbbeschädigung Blattspitze unzulässig



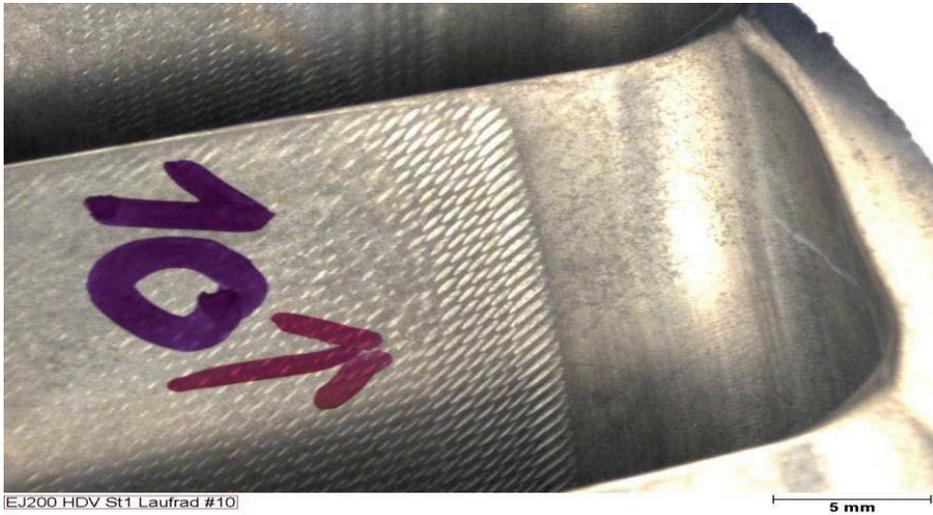
31

## Druckstellen Austrittskante unzulässig



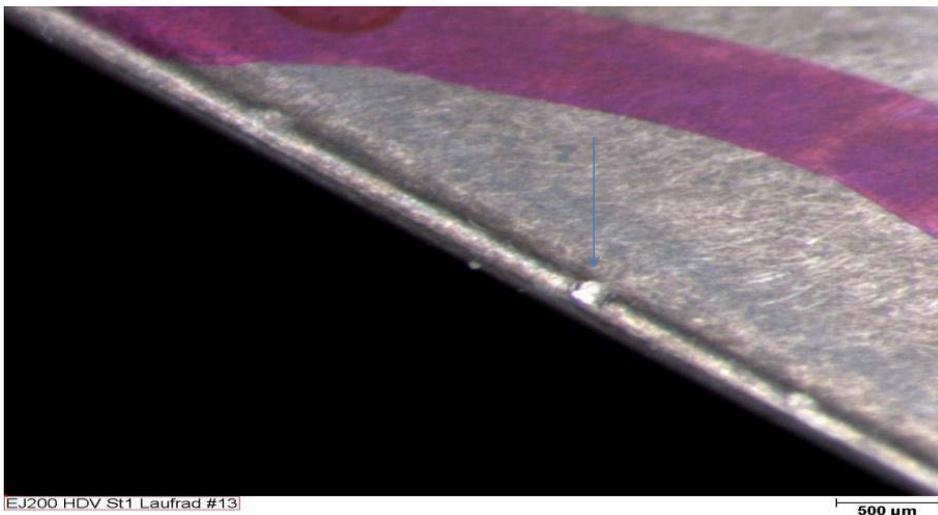
32

## Schwingungsfeld (Rattermarken) unzulässig



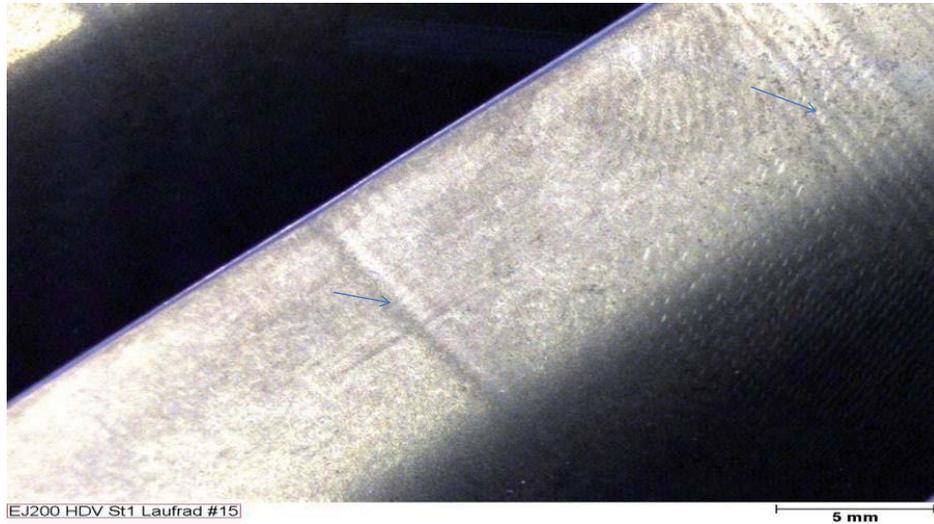
33

## Kerbbeschädigung Eintrittskante unzulässig



34

## Blocksprünge Schaufel unzulässig



35

Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit

Mit freundlicher Unterstützung der MTU München  
Abt. TAFP Frau Höpp und Hr. Zisig

36