

# **DXR – Eine neue Generation röntgenempfindlicher Flächendetektoren**

M. Purschke, GE Inspection Technologies, Ahrensburg

## **Zusammenfassung:**

Die Qualität der radioskopischen Prüfung ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Technik (Detektoren und Systemtechnik) und, wie in allen anderen zfp-Techniken, von dem Ausbildungsstand des Prüfpersonals. Seit einigen Jahren steht nun eine neue Generation von bildgebenden Systemen zur Verfügung: die aSi-Halbleiter-Detektoren, auch Flächendetektoren genannt. Dieser Beitrag vergleicht die Bildgüteprüfkörper-erkennbarkeit verschiedener Flächendetektoren. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen die DXR-Detektoren von General Electric.

## **Keywords:**

Radioskopie, Flächendetektoren (aSi-Detektoren), Bildverstärker, Bildgüteprüfkörper, Drahtstegerkennbarkeit

## **1. Einleitung**

Die Radioskopie wird nunmehr seit Jahrzehnten von einem ständig größer werdenden Anwenderkreis erfolgreich eingesetzt. Die Hauptvorteile liegen in der hohen Flexibilität und dem Automatisierungspotential der Prüftechnik, die eine zuverlässige und ökonomisch attraktive Prüfung ermöglicht. Insbesondere für die Serienprüfung von Leichtmetallgussteilen ist eine Alternative zur Radioskopie nicht in Sicht.

Auf Grund der immer besseren Leistungsfähigkeit und Qualität von röntgenempfindlichen Detektoren, dringen die digitalen Techniken auch vermehrt in Bereiche vor, die bisher ausschließlich dem Film vorbehalten waren. Die Qualitätslücke zwischen dem Röntgenfilm und den modernen digitalen Techniken –insbesondere den Flächendetektoren- beginnt zu verschwinden. Somit hat sich in den letzten Jahren ein weiteres Anwendungsgebiet, nämlich der Ersatz des Röntgenfilms, zumindest für einige bestimmte Anwendungen, aufgezeigt.

## **2. Allgemeine Anforderungen**

Der Ersatz des Röntgenfilms stellt spezielle Anforderungen an den Flächendetektor. Insbesondere die erreichbare Ortsauflösung steht hier im Mittelpunkt, da der Detektor auch in der Lage sein muss hohe und höchste Anforderungen an die Erkennbarkeit feiner Details zu erfüllen. Die Abbildung eines großen Wanddickenbereichs, also der Dynamikumfang des Detektors, muss ebenfalls hohen Anforderungen entsprechen. Das erreichbare Signal-Rausch-Verhältnis sollte ebenfalls sehr gut sein, was eine hohe Wandlungseffizienz des Detektors voraussetzt. Eine statische Bildaufnahme, also Belichtungszeiten von mehreren Sekunden oder länger, ist für diesen Bereich akzeptabel.

Für Echtzeit-Anwendungen, z.B.: die Prüfung von Gussteilen, sind die Anforderungen an die Ortsauflösung geringer. Gerade hier steht aber ein großer Dynamikumfang und eine hohe Effizienz des Detektors im Mittelpunkt des Interesses. Eine statische Bildaufnahme kann schon aus Gründen der Taktzeit und des daraus resultierenden Durchsatzes nicht akzeptiert werden. Eine Bildrate von 25 / 30 Bildern pro Sekunde ist erforderlich.

### 3. Spezifikationen verschiedener Detektoren

In Tabelle 1 sind die technischen Daten unterschiedlicher Detektoren einander gegenüber gestellt. Es handelt sich um eine übliche Bildverstärker-Kamera-Kombination, einen Bildverstärker mit hochauflösender digitaler Kamera, zwei aSi-Detektoren RID-512 mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten (AL1 und AG 4) sowie um einen Halbleiterdetektor Pax Scan 2520, der entweder in einem Echtzeit- oder hochauflösenden Modus betrieben werden kann.

Spezifikation	Bildverstärker & CCD Kamera	Bildverstärker & HDTV	RID 512 AL1/AG4	PaxScan 2520 RT 2)	Pax Scan 2520 HR 1)
Szintillator	CsJ	CsJ	Lanex (CsJ) <sup>3)</sup>	Lanex (CsJ) 3)	Lanex (CsJ) <sup>3)</sup>
Eingangsfeld (aktiv)	Durchmesser: 9" (215 mm)	Diameter: 9" (215 mm)	205 x 205 mm <sup>2</sup>	244 x 195 mm <sup>2</sup>	244 x 195 mm <sup>2</sup>
Pixel Matrix	-	-	512 x 512	1920 x 1536	1920 x 1536
Pixel Pitch	-	-	400 µm	254 µm	127 µm
Ortsauflösung	1.8 - 2.0 Lp/mm	2,2 - 2,5 Lp/mm	1,2 Lp/mm	1,9 Lp/mm	3,9 Lp/mm
Dynamikumfang	1000	> 1000	> 14000	2000	2000
A/D Wandlung	8 bit	12 bit	16 bit	12 bit	12
Frame Rate	25/30 fps	25/30 fps	7 fps	25/30 fps	5 fps
Gewicht	36 kg	36 kg	8 kg	8 kg	8 kg

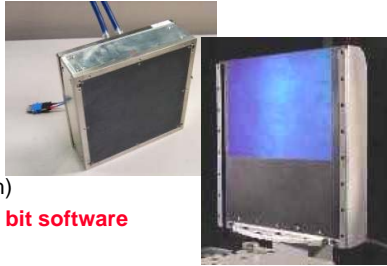
Tabelle 1: Spezifikationen unterschiedlicher Detektoren

Die Tabelle 1 zeigt sehr deutlich, dass die diskutierten Detektoren sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. So ist beispielsweise der RID-Detektor auf Grund seiner 16 bit-Grauwertauflösung und des daraus resultierenden großen Dynamikumfangs sehr gut für die Prüfung von Gussteilen mit großen Wanddickenunterschieden geeignet, obwohl seine Ortsauflösung auf Grund der Pixelgröße zu wünschen übrig lässt. Der Pax Scan – Detektor weist hingegen im HR (hochauflösenden) – Modus eine sehr gute Ortsauflösung auf und ist damit prädestiniert für die Prüfung von Schweißnähten, obwohl seine Grauwertauflösung und daraus resultierend, der Dynamikumfang, nicht hervorzuheben sind. Wird der Pax Scan-Detektor jedoch im RT (Echtzeit) – Modus betrieben, so ist zumindest die Ortsauflösung vergleichbar mit der Bildverstärker-Kamera Kombination, jedoch geringer als die Kombination Bildverstärker und hochauflösende Kamera.

## GE's DXR Detektoren

**Designs**

- > Typ: Amorphes Silizium
- > Szintillator: Caesium Jodid
- > Optische Kopplung: Direkt
- > Dynamikumfang: > **10,000:1** (statisch)
- > Analog / Digital Wandlung: **14 bit, 16 bit software**



**Panels**

	<u>Modell</u>	<u>Betriebs-</u>	<u>Auflösung</u>	<u>Pixel Pitch</u>	<u>Fläche</u>
	<u>Nr.</u>	<u>Modus</u>	<u>lp/mm</u>	<u>µm</u>	<u>cm (inch)</u>
> Super Resolution	DXR-1000	Super/Hi Res	8	50*	23x16 (9x7)
> High Resolution	DXR-500	Static	5	100	23x16 (9x7)
> Large Area	DXR-250	Static	2.5	200	41x41 (16x16)
> Real Time	DXR-250RT	30hz/Static	2.5	200	20x20 (8x8)
> Large Real Time	DXR-250RT+	30hz/Static	2.5	200	41x41 (16x16)

\* Effektiv

Tabelle 2: Spezifikationen unterschiedlicher Detektoren

Tabelle 2 zeigt, dass DXR-Detektoren sowohl für die Echtzeitanwendungen, als auch für den möglichen Ersatz des Röntgenfilms geeignet sind. Der DXR 250-RT weist eine Pixelgröße von 200µm und eine erreichbare Ortsauflösung von 2,5 Lp/mm auf. Der Detektor steht sowohl mit einem aktiven Eingangsfenster von 20cm x 20cm, als auch mit 40cm x 40cm zur Verfügung und ist in beiden Fällen echtzeitfähig.

Der DXR 500 bzw. 1000 weist mit einer Pixelgröße von 100µm (DXR 500) bzw. 50µm effektiv (DXR 1000), Ortsauflösungen von 5 bzw. 8 Lp/mm auf. Die aktive Eingangsschirmgröße beträgt 23cm x 16cm. Damit ist der Detektor auch für Anwendungen geeignet, die die Prüfung von größeren Bauteilbereichen erfordert.

Beide Detektoren weisen eine Grauwertauflösung von 14 bit und damit einen großen Dynamikumfang auf. Die Effizienz der Detektoren und daraus resultierend das Signal-Rausch-Verhältnis ist u.a. wegen ihrer CsJ-Beschichtung sehr gut.

#### 4. Bildgüteprüfkörpererkennbarkeit

Mit Hilfe von Drahtstegen nach EN 462 Teil 1 werden im folgenden die unterschiedlichen Flächendetektoren miteinander verglichen. Die Drahtstegerkennbarkeit wurde sowohl am Live-Bild, als auch nach Anwendung üblicher Bildverarbeitungsprozeduren ermittelt. Dabei handelte es sich um Integration mehrerer Videobilder zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses und Kontrastspreizung mit Hilfe von Look-up-Tabellen. Die Bewertung der Drahtstegerkennbarkeit erfolgt wie üblich rein visuell.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich zwischen dem PaxScan 2520 im Realtime-Modus und dem DXR 250-RT.

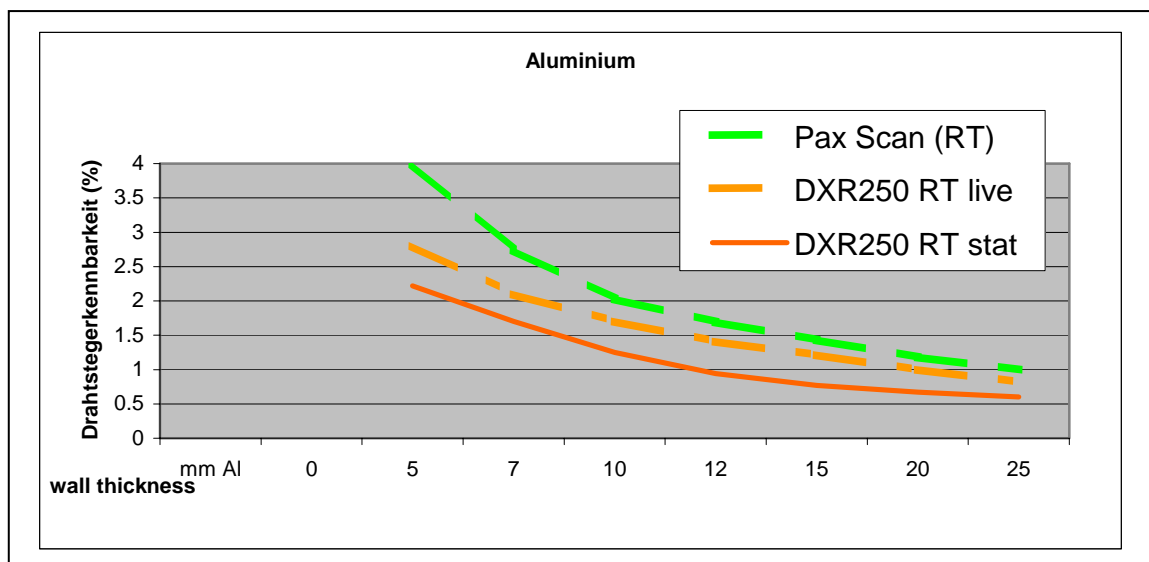


Abb. 3: Vergleich PaxScan Realtime und DXR 250-RT für Aluminium

Es ist deutlich zu erkennen, dass gerade für die niedrigen Wanddicken deutliche Unterschiede in der erreichbaren Drahtstegerkennbarkeit bestehen. Sowohl im Livebild als auch im statischen Bild ist die Drahtstegerkennbarkeit im Vergleich zum PaxScan deutlich besser. Die Unterschiede betragen z.T. mehr als 1%.

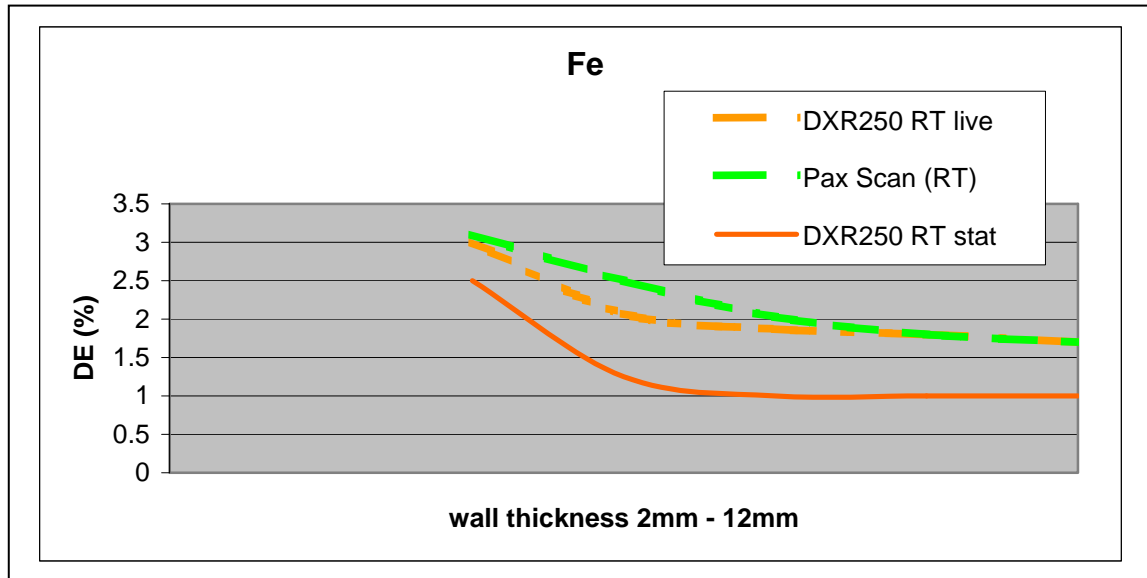


Abb. 4: Vergleich PaxScan Realtime und DXR 250-RT für Eisen

Die Abbildung 4 zeigt, dass sich auch bei Eisenwerkstoffen deutliche Unterschiede zwischen der erreichbaren Drahtstegerkennbarkeit des DXR 250-RT und dem PaxScan ergeben. Insbesondere im statischen Bild ergeben sich wiederum Unterschiede von z.T. 1% und mehr im Bereich der niedrigen Wanddicken.

Im folgenden wird nun der DXR 500 bzw. DXR 1000 mit dem PaxScan-Detektor im hochauflösenden Modus verglichen (Abb. 5).

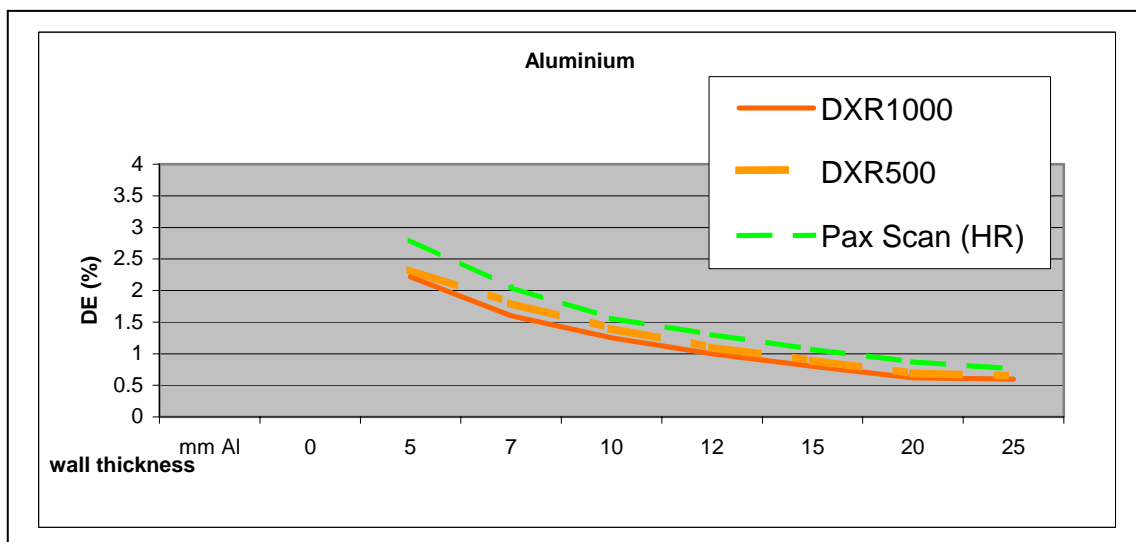


Abb. 5: Vergleich PaxScan (hochauflösend) und DXR 500/1000 für Aluminium

Die Unterschiede fallen hier zwar etwas geringer als beim Vergleich der Realtime-Detektoren aus, aber auch hier sind bei geringeren Wanddicken Unterschiede von ca. 0,5% nachweisbar.

Beim Vergleich an Eisenwerkstoffen (Abb. 6) zeigt sich, dass insbesondere der DXR 1000 auf Grund seiner sehr guten Ortsauflösung, eine bessere Drahtstegerkennbarkeit zeigt.

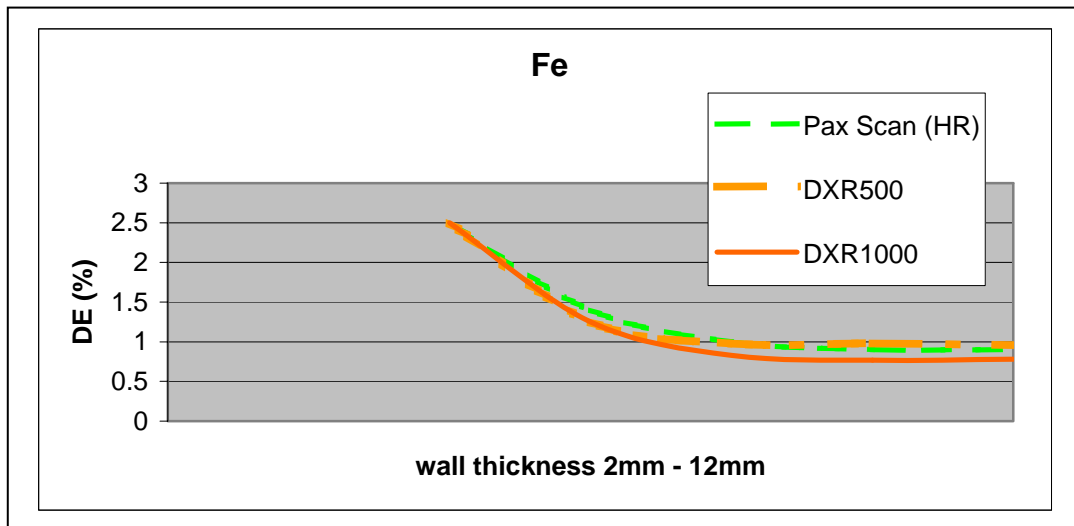


Abb. 6: Vergleich PaxScan (hochauflösend) und DXR 500/1000 für Eisen

Nachdem bisher die grundlegenden Eigenschaften der DXR-Detektoren bezüglich Drahtstegerkennbarkeit diskutiert wurden, soll im folgenden deren Leistungsfähigkeit an einigen Anwendungen aufgezeigt werden.

## 5. Anwendungen

### DXR 250-RT:

Der DXR 250-RT hat sich im Bereich Luft- und Raumfahrt für die Untersuchung von unterschiedlichen Strukturkomponenten z.B. an Tragflächen bewährt (Abb. 7).

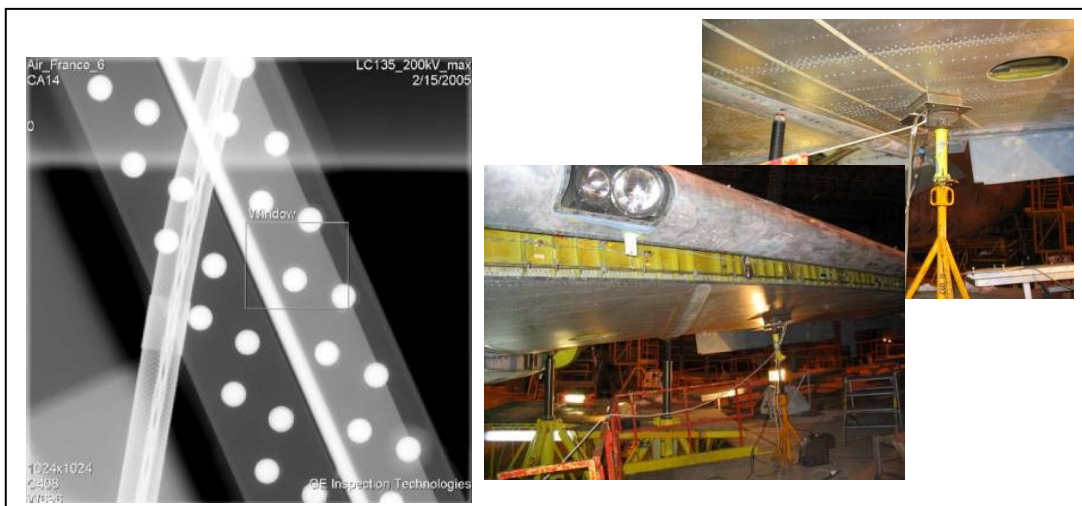


Abb. 7: Strukturkomponenten an Flugzeugtragflächen mit DXR 250-RT

Auf Grund des sehr guten Dynamikumfangs und Signal-Rausch-Verhältnisses kann bei dieser Anwendung die übliche Radiographie mit relativ grobkörnigen Filmen, bei gleicher Prüfsicherheit, ersetzt werden. Dies bedeutet eine erhebliche Verkürzung der Inspektionszeit und bietet darüber hinaus ein erhebliches Automatisierungspotential.

### DXR 500/1000:

Der DXR 500 / 1000 wird auf Grund seiner sehr guten Ortsauflösung, in Verbindung mit seiner großen aktiven Eingangsfläche, vielfach für die Prüfung von Turbinenschaufeln aus der Luft- und Raumfahrt eingesetzt (Abb. 8).

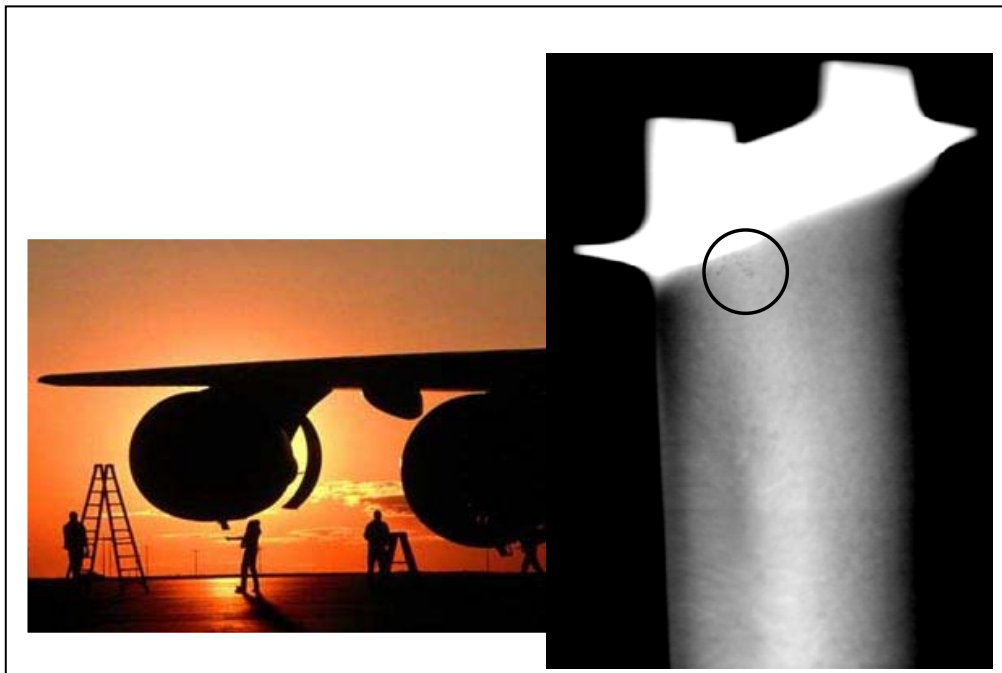


Abb. 8: Turbinenschaufeln mit DXR 500 / 1000

Abbildung 8 zeigt im oberen, markierten Bereich der Schaufel eine Porosität nach ASTM Level 1-2. Das Resultat entspricht in etwa dem mit einem D3-Film erzielbaren Prüfergebnis. Die erforderliche Zeit bis zum Vorliegen des Ergebnisses liegt bei ca. 10s. Auch in diesem Fall kann durch die Verwendung des Detektors der Durchsatz der Prüfung erheblich verbessert und mögliche Automatisierungen angedacht werden.

## 6. Zusammenfassung

### Zusammenfassung

#### DXR 250 RT:

- Realtime
- sehr gute Drahtstegerkennbarkeit
- großer Dynamikumfang (14 Bit)
- hohe Empfindlichkeit



#### DXR 500/1000:

- sehr gute Ortsauflösung (50µm / 100µm)
- große aktive Fläche (23cm x 16cm)
- sehr gute Drahtstegerkennbarkeit
- großer Dynamikumfang (14 Bit)
- hohe Empfindlichkeit



Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass mit den DXR-Detektoren eine neue Generation von Flächendetektoren zur Verfügung steht, die derzeitige und zukünftige Anwendungsgebiete fraglos bereichern werden.