

## Digitale Bilderzeugung

- Alternativ mit dem Röntgenbildverstärker -

Dipl.-Ing. Reinhold Schulenburg, VisiConsult GmbH, Lübeck

In der zerstörungsfreien Materialprüfung werden verschiedene Systeme und Methoden für Aufgaben- und Anwendungsbereiche eingesetzt, die unterschiedlicher nicht sein können.

Eine dieser Methoden ist die Durchleuchtungsprüfung. Dabei werden die Materialunterschiede des Prüflings als unterschiedliche Intensitäten durch geeignete Detektoren aufgenommen und in ein sichtbares und auswertbares Bild umgewandelt.

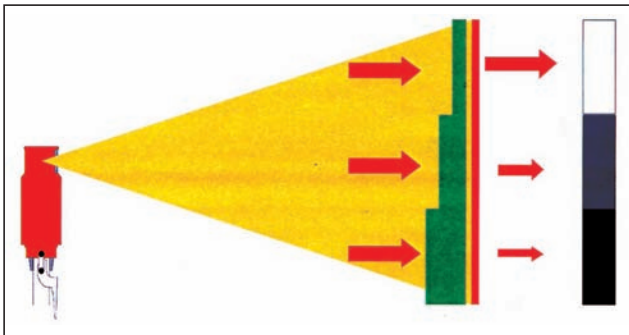


Abb.1 Radioskopische Darstellung

Deshalb setzt man, wo es sinnvoll und möglich ist, radioskopische Systeme ein. Zuerst war es der Phosphor-Leuchtschirm, der die absorbierte Strahlung direkt in Licht umwandelte (Abb.1).

Mit Hilfe des Leuchtschirmes werden die Intensitätsunterschiede hinter dem Prüfling als Helligkeitsunterschiede abgebildet. Es wird ein positives Durchstrahlungsbild erzeugt. Der Vorteil gegenüber dem Röntgenfilm ist die dynamische Prüfung. Die geringe Bildqualität bezüglich Auflösung und Kontrastdarstellung erschwert die Fehlerauswertung.

Durch den Einsatz der Röntgenbildverstärker-Fernsehkette ist die auswertbare Bildqualität des Durchstrahlungsbildes verbessert worden.

Der Flächendetektor als weitere Detektorvariante ist seit geraumer Zeit im Einsatz.

### Das Prinzip des Röntgen-Bildverstärkers (RBV)

Der Röntgenbildverstärker besteht aus einer Vakuumröhre, deren großflächiger Eingangsschirm mit einer röntgenempfindlichen Leuchtschicht aus CsJ (Cäsium-Jodid) be-

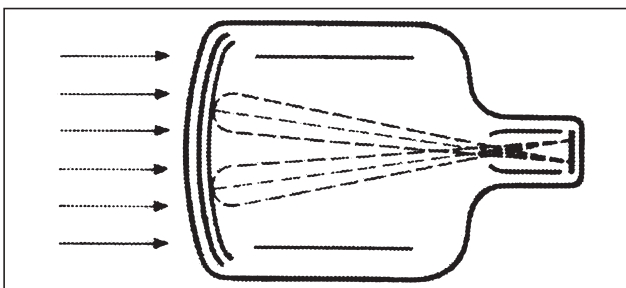


Abb. 2 Schematischer Aufbau des Röntgenbildverstärkers

schichtet ist (Abb.2). Die Röntgenstrahlung erzeugt auf der Photokathode ein Elektronenbild. Durch eine angelegte Hochspannung im RBV werden die Elektronen beschleunigt und projizieren ein Bild auf dem Ausgangsschirm.

Die Leuchtstoffschicht am Ausgang wandelt das Elektronenbild wieder in sichtbares Licht um. Beschleunigung und Verkleinerung des Bildes bewirken eine bis zu 10000-fache Verstärkung der Informationen. Mittels einer Fernsehkamera wird das Bild am Ausgang aufgezeichnet, am Monitor angezeigt oder in einem Rechner mit Bildverarbeitung aufbereitet.

### Das Prinzip der Flächendetektoren

Das Wirkungsprinzip der Flächendetektoren beruht auf der Wandlung der einfallenden Röntgenstrahlen in elektrische Ladung, die dann elektronisch ausgelesen werden kann (Abb.3).

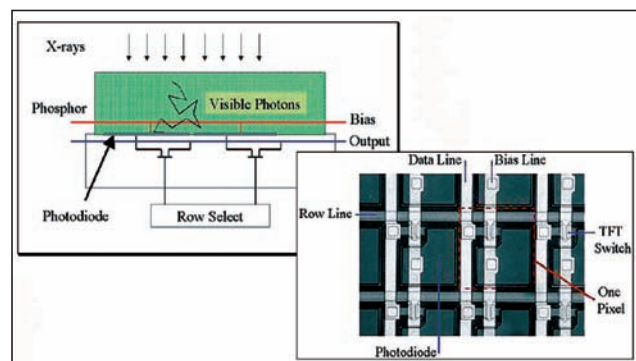


Abb.3 Schematischer Aufbau des Flächendetektors

Dafür wird amorphes Silizium als elektrisch halbleitendes Material verwendet. In der darüber liegenden Phosphorschicht erzeugen die einfallenden Röntgenstrahlen Lichtblitze, die durch eine Fotodiode in elektrische Ladung umgewandelt wird.

Ein gravierender Unterschied zum Röntgenbildverstärker-Fernsehsystem ist der, dass die meisten Flächendetektoren NICHT ECHTZEITFÄHIG sind.

Zusätzlich ergeben sich aus dem hohen 12/16 Bit umfassenden Dynamikbereich - verschiedener Detektoren - Probleme bei der Darstellung der Grauwerte.

### Bildverstärkersysteme

Wo sind nun die Vorteile des Bildverstärkers?

- Die Prüfung von Teilen direkt in der Bewegung. Damit wird eine sofortige GUT/SCHLECHT-Entscheidung über das Prüfteil möglich.
- Das „Zoomen“ des Eingangsschirms. Dabei wird nur ein zentraler Teil des Eingangsschirms auf den Ausgangsschirm projiziert und vergrößert abgebildet. Die Formatschaltung kann während der Prüfung des bewegten Bildes eingesetzt werden, um ein Bild mit einer höheren Auflösung darzustellen.

- Der Einsatz auch in der halbautomatischen- und automatischen Serienprüfung .
- Die Prüfung von unterschiedlichsten Materialien: dazu gehören außer Eisen, Stahl und Aluminium, nahezu alle Metalle und ihre Legierungen, sowie Keramik, Porzellan, Kunststoffe, Beton, Holz und Verbundwerkstoffe (CFK – Carbonfaserverstärkter Kunststoff, GFK – Glasfaserverstärkter Kunststoff).
- Die Kontrolle von Gussteilen und Schweißnähten für unterschiedlichste Anwendungen (Fahrzeugteile, Druckbehälter, Pipelines, Chemieanlagen u.v.m.).
- Die Anbindung von diversen Kamerasystemen mit den unterschiedlichsten Fernsehnormen:
  - CCIR, Netzfrequenz 50Hz,
  - EIA, Netzfrequenz 60Hz,
  - CameraLink™ (PC Übertragungsstandard mit z.B. 25 Bildern/sek.).
- Die Abbildungsgröße des Ausgangsschirms auf einem S/W-Monitor, VGA oder TFT-Monitor kann durch das Objektiv für die Kamera bestimmt werden.

Um kundenspezifische Prüfanforderungen erfüllen zu können, werden Bildverstärkersysteme mit verschiedenen Eingangsschirmgrößen und unterschiedlichen Kamerasystemen konfiguriert. Die Montage der Kamerahalterung kann axial oder in abgewinkelter Bauweise gewählt werden.

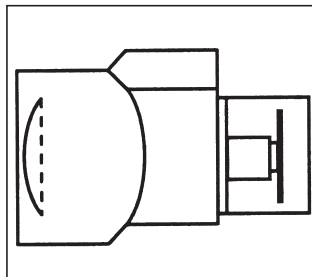


Abb.4 axiale Halterung

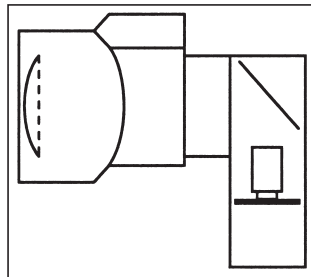


Abb.5 gewinkelte Halterung

Nach Herstellerangabe ist der Einsatz einer axialen Halterung für die Kamera bis zu einer Röntgenspannung von 160kV möglich, ohne eine Schädigung des CCD-Chips.

Bei Prüfung mit höheren Röntgenspannungen muss zum Schutz der Kamera die abgewinkelte Form der Kamerahalterung eingesetzt werden.

### Bildauswertung

Die Auflösung der Bildverstärker-Fernsehkette beträgt bei einem RBV 9" mit einer CCD-Kamera (1,8 - 2,5)LP/mm.

Es ist ein analoges Video-Signal. Ein S/W-Monitor gibt dieses Signal wieder.

Ein RBV 9" mit einer HiRes-Kamera™ liefert ein digitales Signal mit einer Auflösung von (2,5 – 3,7)LP/mm (Abb. 6 - 8).

**Anmerkung:** Qualität der Abbildungen unterscheidet sich vom Originalbild!

Um nun die Vorteile eines Röntgenbildverstärkers

- Prüfung in Echtzeit und eines Flächendetektors
- höhere Grauwerttiefe

gemeinsam nutzen zu können, setzt man ein Bildverstärkersystem mit einer hoch auflösenden Kamera ein.

CCIR und EIA Norm übertragen nur eine Grauwerttiefe von 8Bit. Das sind 256 Grauwerte.

Beim Einsatz einer HiRes-Camera™ mit einer Pixelzahl von 1k \* 1k werden 4096 Grauwerte übertragen (12Bit).

Dabei fällt eine sehr hohe Datenrate an. Um diese anfallende Datenmenge in Echtzeit verarbeiten zu können, muss ein Bildauswertesystem eingesetzt werden. Mit Durchfahren von Lookup Tables sind die Informationen auf dem VGA oder TFT-Monitor darstellbar (Abb.9).

Stand der heutigen Technik ist, dass Videoinformationen nach CCIR und EIA als Live-Bilder mit einem Recorder aufgezeichnet werden können. Das Speichern und Aufzeichnen von Informationen der HiResCamera™ ist in Verbindung mit Bildverbesserungssystemen seit kurzem ebenfalls möglich.

Damit sind nachträgliche Auswertungen und Bewegungsanalysen möglich.

### Qualitätssicherung

Die Auflösung und der Dynamikbereich einer Röntgenbildverstärker-Fernsehkette werden durch die Kamera bestimmt. Fehler sind als Kontrastunterschied im Bild sichtbar.

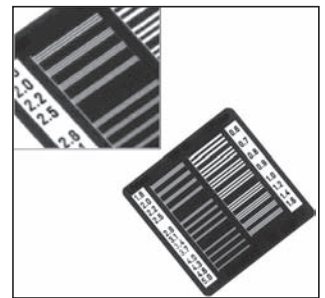


Abb.6 Bildgüteprüfkörper (BPK) bei Zoom 0: Linienpaardia-gramm: 2,5 Lp/mm



Abb.7 Bildgüteprüfkörper (BPK) bei Zoom 1: Linienpaardia-gramm: 3,1 Lp/mm

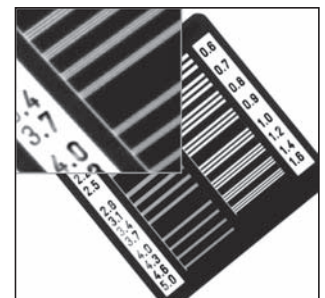


Abb.8 Bildgüteprüfkörper (BPK) bei Zoom 2: Linienpaardia-gramm: 3,7 Lp/mm

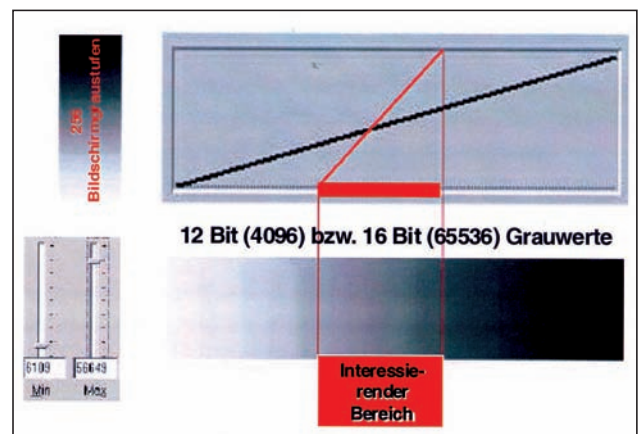


Abb.9 Darstellung von Grauwerten als 8-Bit Bild auf einem Monitor

Selbst bei geringerer Auflösung ist durch den Kontrastunterschied ein Fehler erkennbar. Bei großen Fehlern werden die Ränder unscharf wiedergegeben, wobei sehr kleine Fehler in der Unschärfe verschwinden (Mikroporositäten sind nicht mehr sichtbar).

Ein wichtiger Aspekt für die Qualitätssicherung ist die kontinuierliche Überprüfung des RBV-Systems. Alle Prüfparameter sollten dokumentiert werden. Eingesetzt wird das LP-Diagramm zur Kontrolle der Auflösung. Die Unschärfe wird mit dem Platin-Doppel-Drahtsteg bestimmt. Die Beurteilung des Kontrastumfangs eines RBV-Systems erfolgt mit dem DIN-Steg und einer Testscheibe mit Bohrungen und Fräsungen.

### Zusammenfassung

Wenn für die Prüfung des Prüfteils die Röntgenparameter und die Vorfilterung sorgfältig gewählt sind, die geometrische und elektronische Vergrößerung und eine digitale Bildverarbeitung mit eingesetzt werden, dann sind die Prüfergebnisse des Bildverstärkers mit der 1k\*1k Kamera mindestens gleichwertig mit den Ergebnissen des Flächen-detektors.

Der Verschleiß der Bildverstärkerröhre kann dadurch verlangsamt werden, dass keine oder nur geringe Überstrahlung am Eingangsschirm auftritt.

Erholungsphasen zur Regenerierung des Eingangs- bzw. Ausgangsschirmes sind notwendig, um eine hohe Lebensdauer zu erreichen.

Durch eine Kollimierung (Begrenzung) und Ausblenden des Röntgenstrahls wird ebenso eine Überstrahlung des Bildverstärkers verhindert wie mit der Maskierung des Prüflings.

### Literatur:

Der Röntgen-Bildverstärker als Abbildungssystem in Röntgenanlagen für Medizin und Technik. R. Behrens, Siemens AG, Medical Solutions, Erlangen, Deutschland

IQI-Sensitivity and Applications of Flat Panel Detectors and X-Ray Image Intensifiers. Dr. M. Purschke, Agfa NDT Pantak Seifert GmbH

Röntgengeräte und Röntgenprüfsysteme – Anwendungsbeispiele, Eigenschaften Nutzen. Dr. M.Purschke, Agfa NDT Pantak Seifert GmbH

Repetitorium Fernsehtechnik. Rudolf Mäusl, Rhode & Schwarz

Fa.Kappa, Röntgenkette. Workshop, X-Ray Kameras Stand 06/05

### Über den Autor:

Dipl.-Ing. Reinhold Schulenburg, Jahrgang 1952, absolvierte eine Lehre als Radio- und Fernstechniker und studierte anschließend Elektrotechnik an der Fachhochschule Hamburg.



Von 1985 – 2005 war er als Prüffeldingenieur bei der Firma Rich. Seifert in Ahrensburg (ab 2003 GE Inspection Technologies) mit dem Schwerpunkt bildgebende Systeme tätig.

Seit 2005 ist er hauptverantwortlich für die Aufgabenbereiche bildgebende Systeme und Applikationen bei der Firma VisiConsult in Lübeck.