

VORTRAG

Andreas Kraus
Geschäftsführender
Gesellschafter

Herausforderungen

an die Röntgenanalyse elektronischer Baugruppen

1992

Gründung Kraus Hardware Entwicklung
Entwicklung der ADwin MSR-Systeme

1998

Umfirmierung in Kraus Hardware GmbH

seit 2001

EMS-Dienstleistungen

2002

Dampfphasenlötanlage (Erweiterung im Jahr 2013)

seit 2007

ICT Flying Probe und Rework von Baugruppen

2009

Neues Firmengebäude

seit 2009

Röntgenanalyse 2D (Erweiterung im Jahr 2012)

2009

Zertifizierung nach ISO 9001:2008

seit 2011

Boundary Scan von Baugruppen

seit 2012

Erweiterung der Röntgenanalyse um 3D (CT)

seit 2013

Erweiterung des Dampfphasenlötens – neue Anlage mit Vakuum

seit 2014

Selektivlötten

seit 2015

Einführung Traceability

2017

Erweiterung der Bestückungskapazität und Installation des vollautomatischen Rollenlagers

2018

AOI 3D/2D, Re-Zertifizierung nach ISO 9001:2015, Baugruppenreinigungsanlage und Bauteilgurtung

2020

MOPA Faserlaser(system) zum Beschriften und Schneiden
Erweiterung Produktion, Labor und Schulungsfläche



Eigene Produkte 30%

ADwin

Meßdatenerfassungssysteme



Beispiel
Gold2



Beispiel
ADwin Pro2

Vertrieb



JÄGER

Computergesteuerte
Messtechnik GmbH
www.ADwin.de

Dienstleistungen 70%



ENTWICKELN



PRODUZIEREN



PRÜFEN



REWORKEN



RÖNTGEN



REINIGEN



FRÄSEN

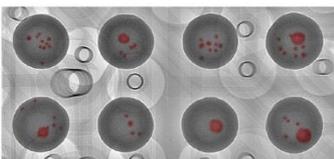


LASERN

Alle Dienstleistungen einzeln
oder komplett möglich

Herausforderungen an die Analyse von Baugruppen

Leistungsspektrum

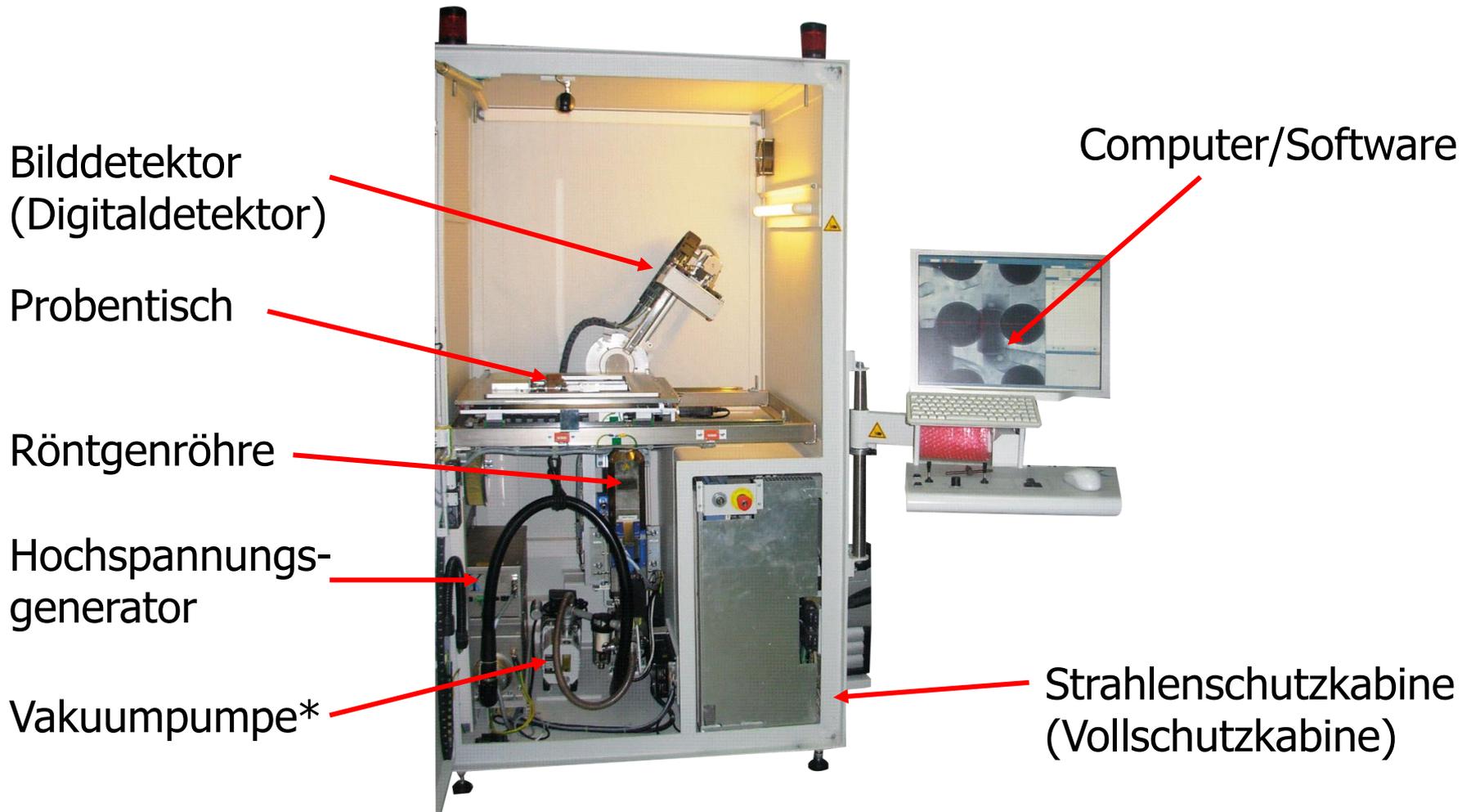
| | |
|---|------------|
|  | ENTWICKELN |
|  | FERTIGEN |
|  | PRÜFEN |
|  | REWORKEN |
|  | RÖNTGEN |
|  | FRÄSEN |

Röntgenanlage Y.Cheetah, YXLON



- zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- Untersuchung elektrischer bzw. elektronischer Bauteile und Baugruppen, sowie mechanische Teile bis hin zu Spritzgussteilen
- automatisierte Prüfabläufe
- Porenkalkulation
- Online Prüfberichterstellung
- CT-Erstellung
- hochauflösender Flächendetektor
- Auflösung und Darstellung bis $0,3\mu\text{m}$
- bis 3.000-fache Vergrößerung

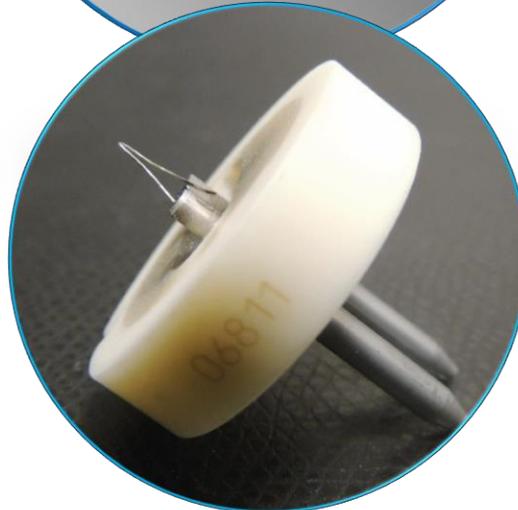
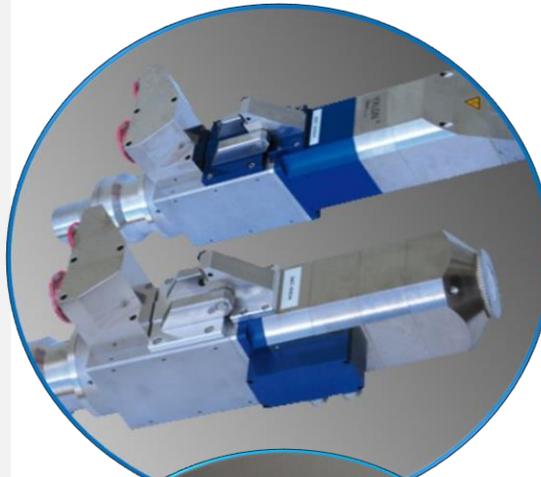
Bestandteile eines Röntgensystems



Röntgenquelle

Geschlossene Röhre*

- Wartungsfrei
- Vakuum wird einmal beim Hersteller erzeugt, keine Vakuumpumpe nötig
- Geringere Leistung bis $\sim 150\text{kV}$
- Beschränkte Lebenszeit, mehrere Jahre, danach Austausch der kompletten Röhre



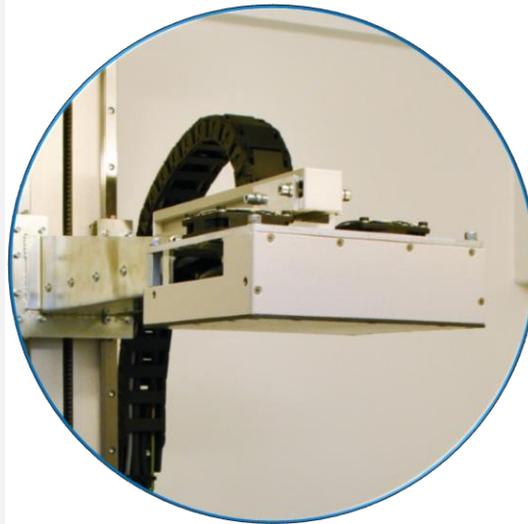
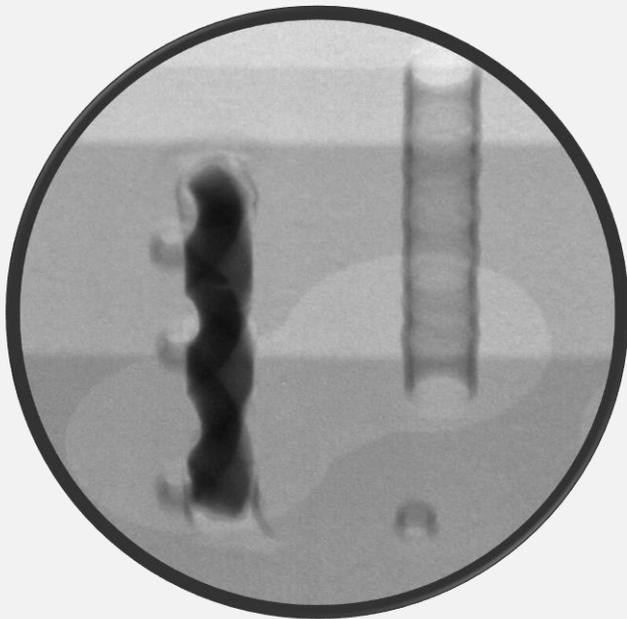
Offene Röhre

- Bessere Auflösung und Vergrößerung
- Höhere Röntgenleistung
- Leistung bis $\sim 150\text{kV}$
- Hohe „unlimitierte“ Lebensdauer
- Filamentwechsel mehrmals im Jahr, Zeitaufwand $\sim 1\text{-}2$ Stunden, kann durch den Anwender durchgeführt werden
- Vakuumpumpe wird benötigt

Detektor

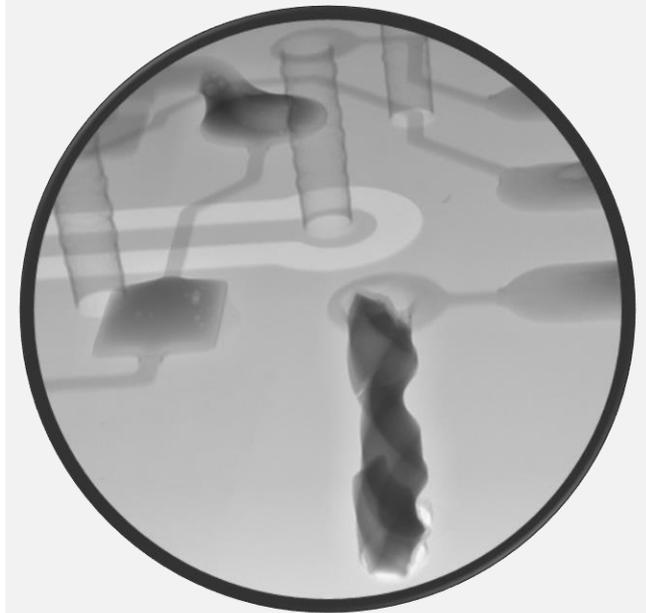
Bildverstärker

- höhere Vergrößerung

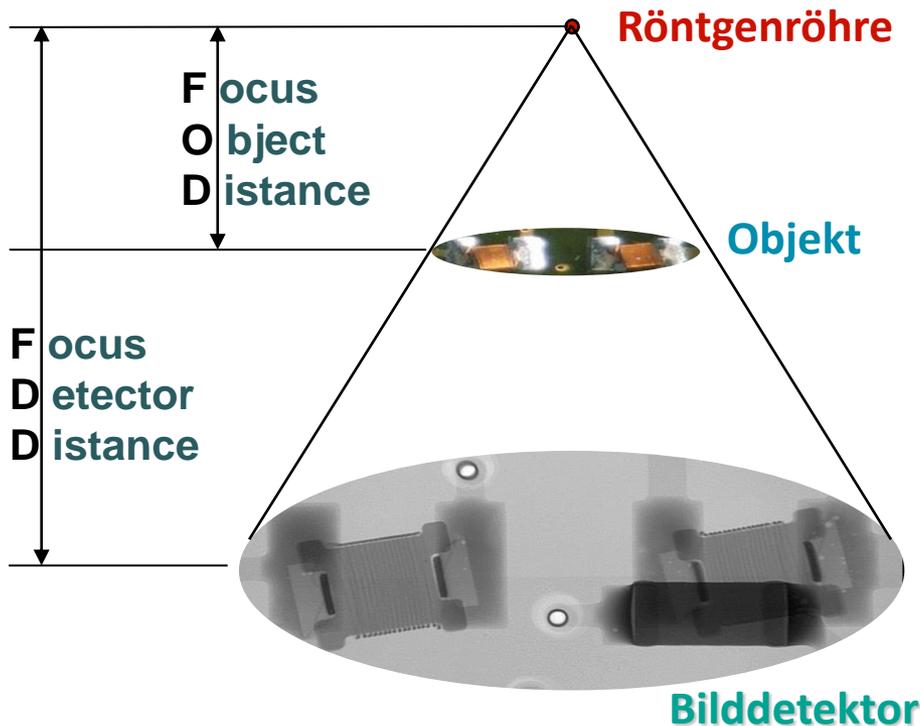


Digitaler Detektor

- Besserer Kontrast
- klein, leicht, flach



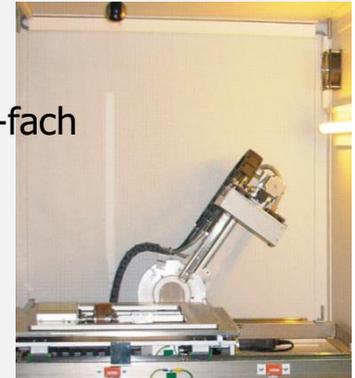
Projection Röntgenshattenmikroskop Cosslett and W. Nixon (1950)



kurze Detektorachse
Vergrößerung ~2000-fach

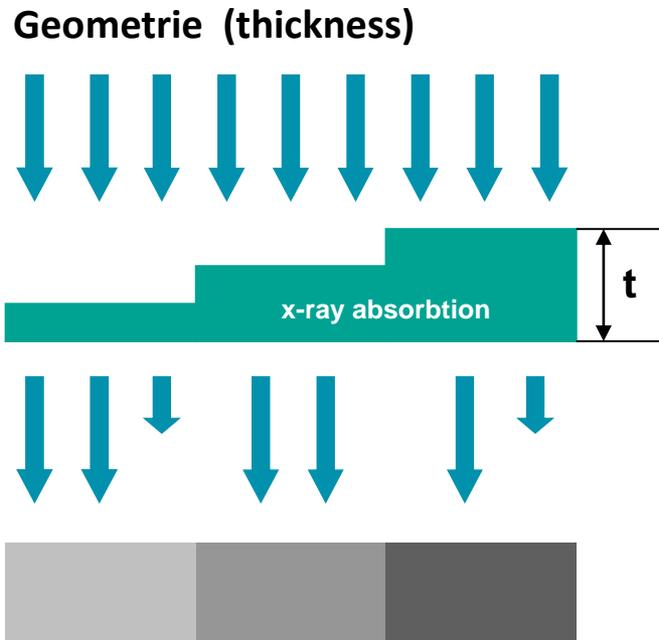
$$M_{geom} = \frac{FDD}{FOD}$$

lange Detektorachse
Vergrößerung ~3000-fach



Bei der hochauflösenden Röntgenuntersuchung handelt es sich um eine Durchstrahlungsprüfung (Radioskopie), bei der sich das Werkstück zwischen der Röntgenröhre und einem Bilddetektor befindet.

Funktionsprinzip x-ray Absorption



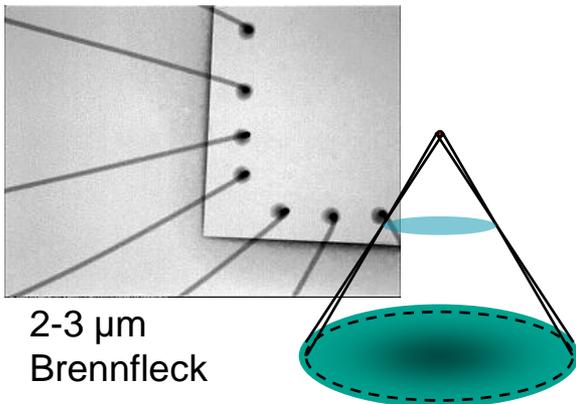
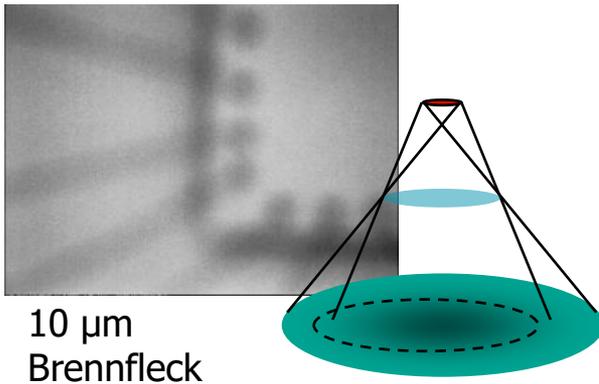
- Der Kontrast entsteht durch verschiedene Absorptionen in den verschiedenen Bereichen
- Die Absorptionsunterschiede können durch unterschiedliche Materialstärken und Materialdichte entstehen
- Der Detektor bestimmt die Kontrastauflösung (Grauwertunterschied)
- Je höher die Röntgenstrahlabsorption an einer Stelle ist, desto dunkler wird diese im Bild dargestellt

Detektor - Kontrastauflösung

The image shows a micrograph of a complex wire assembly. Two labels with arrows point to specific wires: 'Kupferdraht' (Copper wire) and 'Golddraht' (Gold wire). To the right, a periodic table of elements is displayed. Several elements are highlighted with red circles and boxes: Aluminum (Al, atomic number 13), Copper (Cu, atomic number 29), Silver (Ag, atomic number 47), and Gold (Au, atomic number 79). The periodic table includes group and period labels, and element names in German.

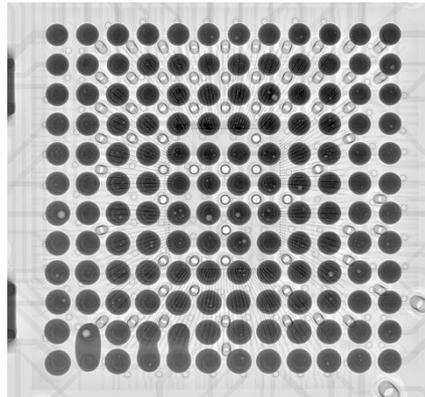
- Die Absorptionsunterschiede entstehen aber auch durch Materialunterschiede
- Hilfsmittel im Periodensystem der Elemente ist die Ordnungszahl (Kernladungszahl)
- Mit zunehmender Dicke, Dichte und Ordnungszahl vom Material wird mehr Röntgenstrahlung absorbiert, das Material wird dunkler dargestellt

Funktionsprinzip konventioneller μ -Fokus

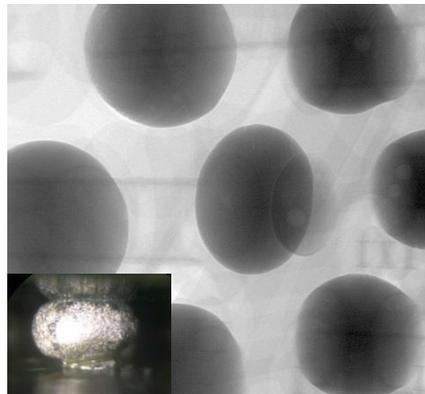
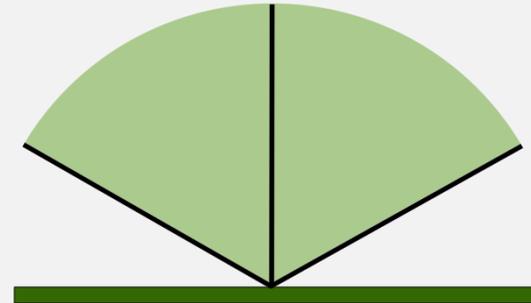


- Die Durchdringungsfähigkeit des Röntgenstrahls hängt von der Energie des Röntgenstrahls und damit von der Beschleunigungsspannung in der Röntgenquelle ab
- Je höher die Auflösung sein soll, desto kleiner muss der Röntgenbrennfleck sein
- Röntgenstrahlerzeugung sind sehr ineffizient, $\sim 99\%$ der Leistung gehen als Wärmeverlustleistung verloren
- Je höher die Auflösung, desto geringer ist Röntgenleistung, wegen der hohen Verlustleistung
- Abhilfe schafft teilweise besseres Material für das Target z.B. mit $5\mu\text{m}$ Wolfram mit besonders gut wärmeableitendem Träger

Manipulator 2.5D Röntgenaufnahmen



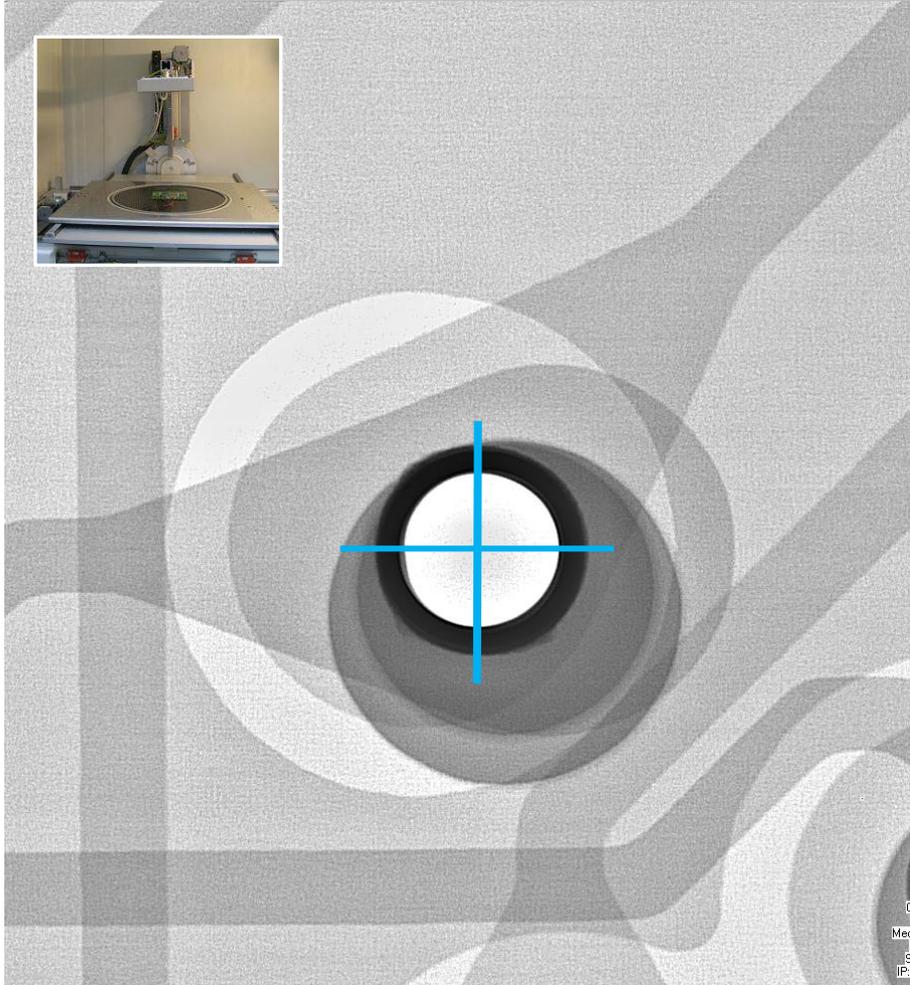
Proben können im Winkel von 0° bis $\pm 70^\circ$ (140°) untersucht werden



Vorteil:

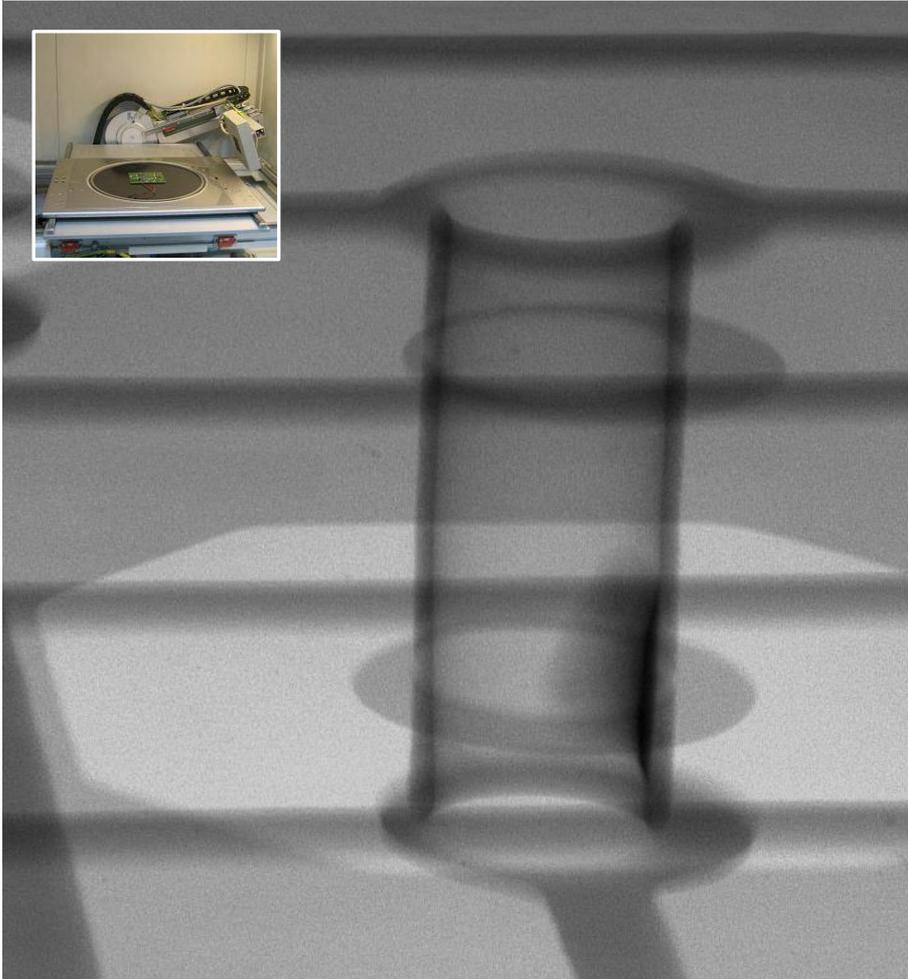
- Räumlicher Eindruck zur besseren Fehleranalyse
- Benetzung von BGA Lötstellen und trennen von Vorder- und Rückseite

2.5D Fehlerbild, Lagenversatz



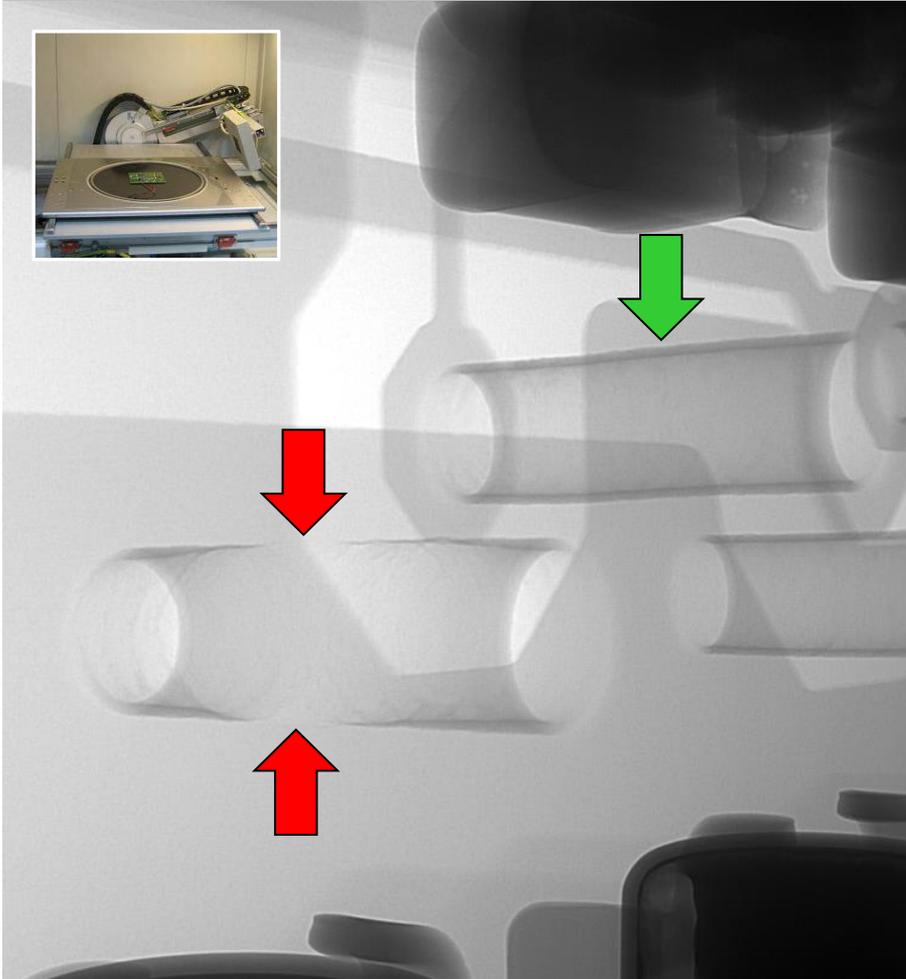
- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- Lagenversatz der verschiedenen Ebenen des Multilayers kann beurteilt werden
- Zur Messung muss sich das Objekt im Zentralstrahl zwischen der Röntgenquelle und dem Detektor befinden
- Von dem Restring müssen mindestens 50µm zur Anbindung an die Hülse (Durchkontaktierung) vorhanden sein (IPC-A-600 / Klasse 3)

2.5D Fehlerbild, Lagenversatz



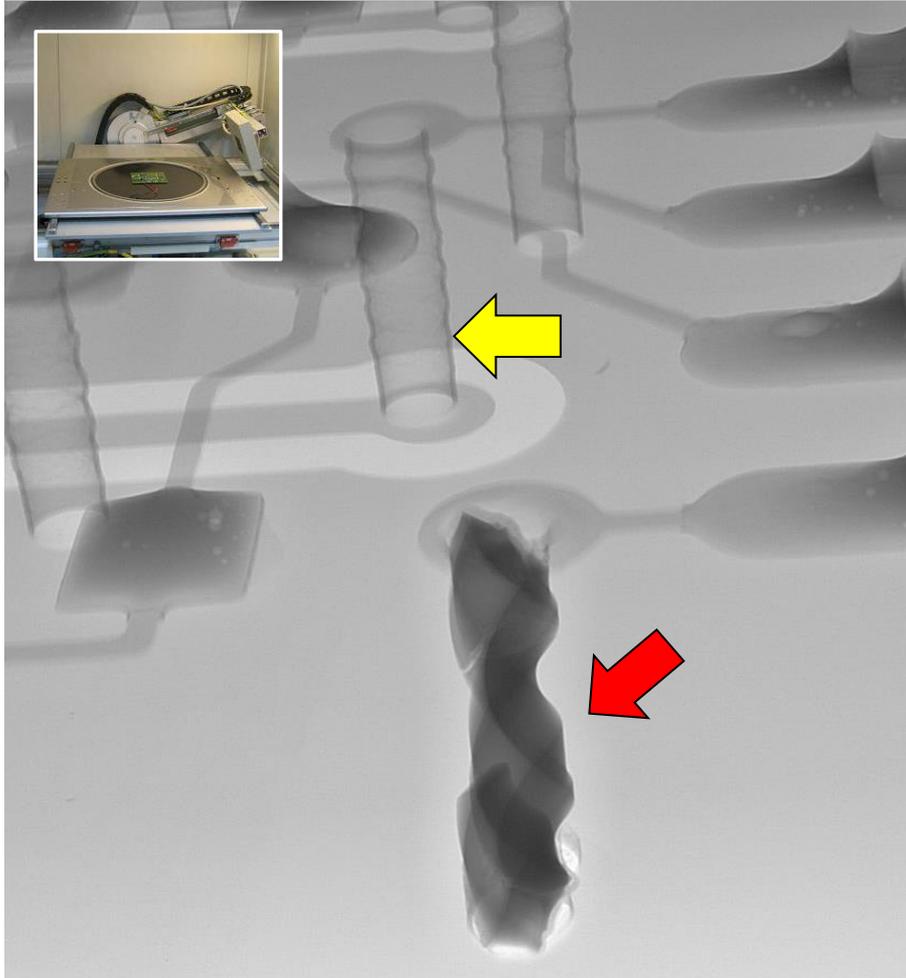
- Detektor in Schrägdurchstrahlung
- Eine Ortsauflösung, um welche Lage (Ebene) es sich handelt, ist mit der Schrägdurchstrahlung besser möglich

2.5D Fehlerbild, Durchkontaktierung



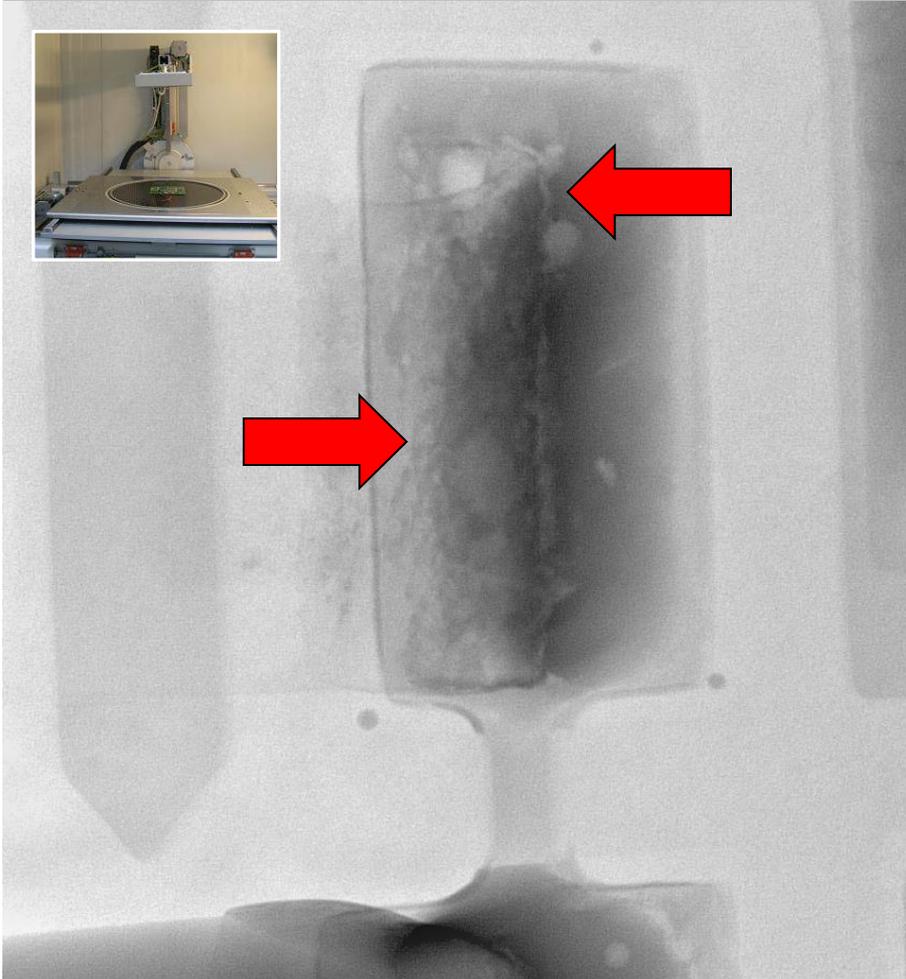
- Detektor in Schrägdurchstrahlung
- defekte Durchkontaktierung
- In der Hülse hat keine gleichmäßige Kupferabscheidung stattgefunden
- Vermutlich hat die Leiterplatte den E-Test beim Leiterplattenhersteller bestanden
- Durch den Lötprozess oder nach einer geringen Betriebszeit der Baugruppe kann schon eine Unterbrechung der Verbindung stattfinden
- Vergleich, eine gute Durchkontaktierung

2.5D Fehlerbild, Durchkontaktierung



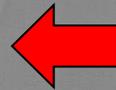
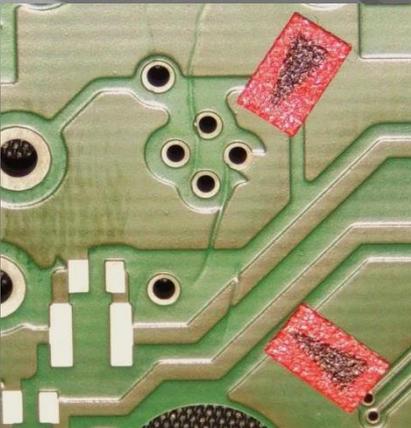
- Detektor in Schrägdurchstrahlung
- defekte Durchkontaktierung
- Abgerissener Bohrer wurde bei der Leiterplattenproduktion nicht entdeckt, die Leiterplatte ist nicht ausselektiert worden
- Das Problem hat sich durch das wellige Bohrloch bereits angekündigt
- Der Fehler ist bei der elektrischen Prüfung nicht aufgefallen, die elektrische Verbindung war offensichtlich vorhanden
- **Aus dem Hülsenaufbau lassen sich Rückschlüsse auf Bohrerqualität, Bohrervorschubgeschwindigkeit und Kupferabscheidung ziehen**

2.5D Fehlerbild, Lötstellen



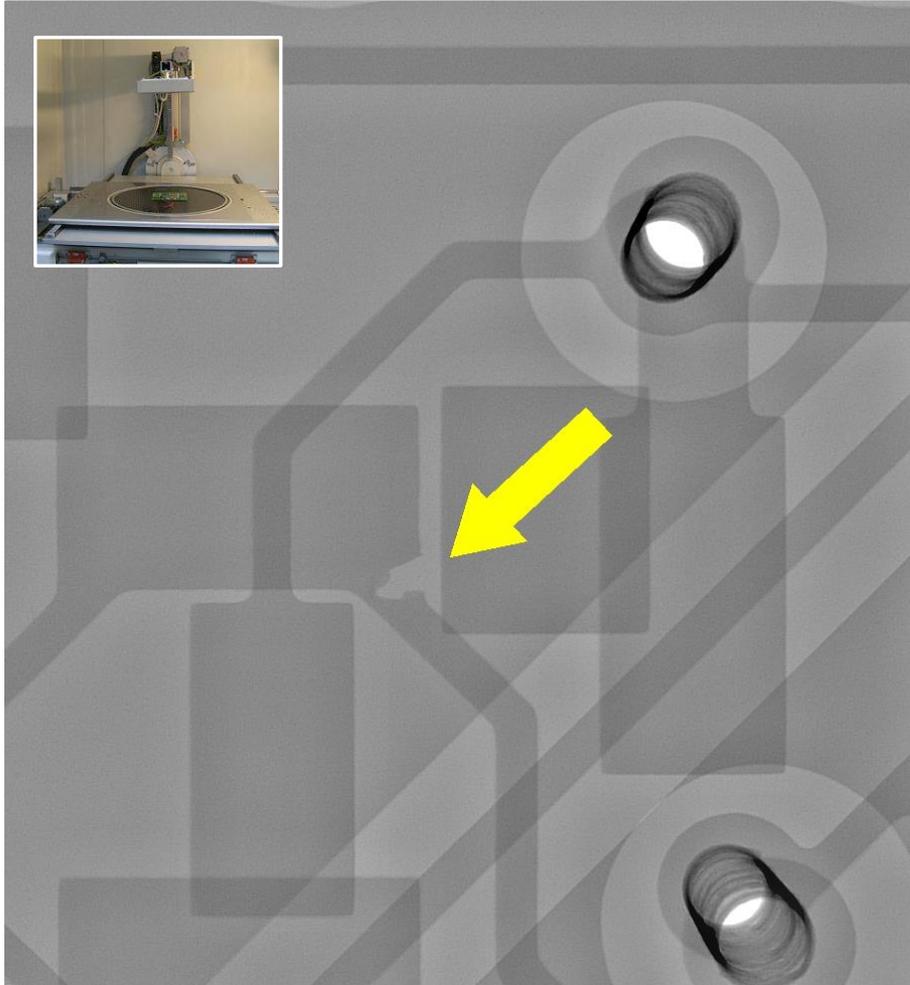
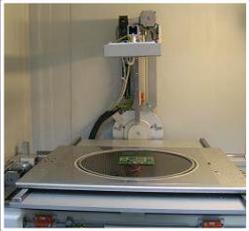
- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- Qualitätsprüfung von Weichlotverbindungen
- Temperaturschockprüfung nach 1500 Zyklen
- Verbindung zwischen dem Weichlot und dem Bauteil ist stark vorgeschädigt
- Mit Vergrößerung der Lötstelle sieht man wie sich das metallische Gefüge der Weichlotverbindung verändert hat und den Riss in der Lötstelle

2.5D Fehlerbild, Leiterplatte



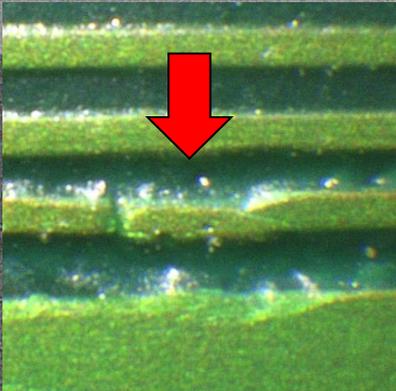
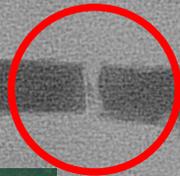
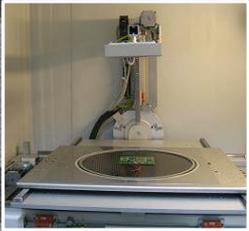
- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- Durch Verunreinigung auf der Leiterplatte wurden bei der Belichtung und Galvanik ein Fehler hervorgerufen
- Die Leiterbahnen sind beim Leiterbahnquerschnitt vorgeschädigt, eine einwandfreie Funktion der Baugruppe ist nicht sichergestellt
- Elektrische Prüfung der Rohleiterplatte gibt keine absolute Sicherheit für die Leiterplattenqualität

2.5D Fehlerbild, Leiterplatte



- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- Die Leiterbahnen sind beim Leiterbahnquerschnitt vorgeschädigt, eine einwandfreie Funktion der Baugruppe ist nicht sichergestellt
- Elektrische Prüfung der Leiterplatte gibt keine absolute Sicherheit für die Leiterplattenqualität

2.5D Fehlerbild, Leiterplatte



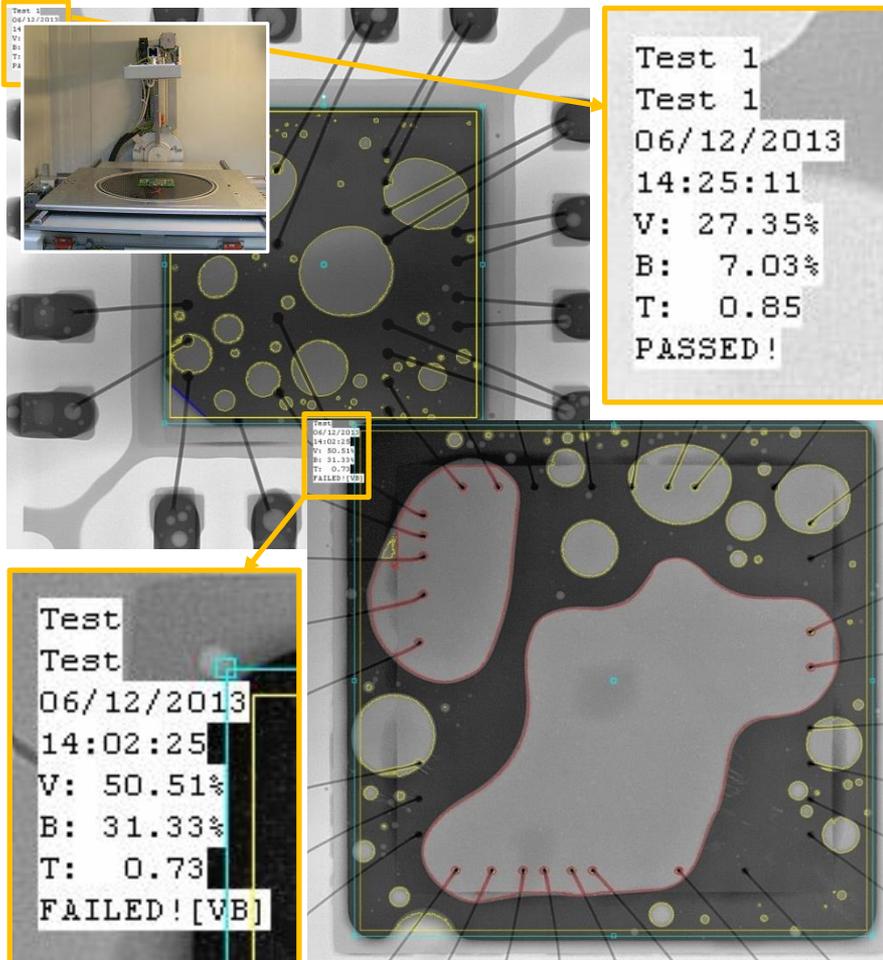
- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- Dunkle Line Leiterbahn, helle Line Zwischenraum zwischen den Leiterbahnen
- Beim Leiterplattenhersteller wurde ein Fehler an der Leiterplatte festgestellt und versucht zu reparieren
- Die Reparatur wurde nicht richtig ausgeführt, dass die Leiterbahn immer noch unterbrochen ist
„gut gemeint ist nicht automatisch gut gemacht“
- Offensichtlich wurde die Baugruppe nach dem Reparaturversuch nicht mehr geprüft

2.5D Fehlerbild, Leiterplattenverarbeitung



- Detektor in Schrägdurchstrahlung
- Lotkugeln in der Durchkontaktierung
- Leiterplatte wurde nach einem Lotpastenfehldruck nicht vollständig gereinigt (nur abgewischt)
- Lotkugeln können sich lösen und zu Funktionsproblemen im Betrieb führen

2.5D Fehlerbild, Porenbewertung



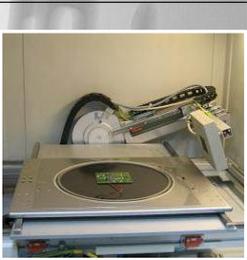
- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- An BGA-Lötstellen und Flächenlötlungen kann eine Porenbewertung automatisch durchgeführt werden
- Die Bewertungskriterien wie Anteil oder Größe der Poren kann in der Software definiert werden
- Die Berechnung der Fläche ist möglich
- Um eine Porenbewertung sinnvoll durchführen zu können sollten keine störenden Objekte wie Durchkontaktierungen oder Bauteile auf der gegenüberliegenden Seite vorhanden sein

2.5D Fehlerbild, Bauteil



- Detektor in Senkrechtdurchstrahlung
- An dem Leistungshalbleiter ist deutlich zu viel Strom geflossen
- Der Bauteilanschluss ist komplett entfernt und eine Beschädigung der Bonddrähte im inneren des IC ist ebenfalls zu sehen

2.5D Fehlerbild, THT-Lötstelle



- Detektor in Schrägdurchstrahlung
- Lot ist nicht komplett in die Hülse geflossen
- Eine Lotbefüllung der Hülse von mindestens 75% ist nicht sichergestellt
- Das Lot ist vorwiegend an der Wand der Durchkontaktierung geflossen. Der Draht wurde unter Umständen nicht genügend erhitzt, sodass das Lot nicht am Draht geflossen ist

2.5D Fehlerbild, Schneid-Klemm-Verbindung

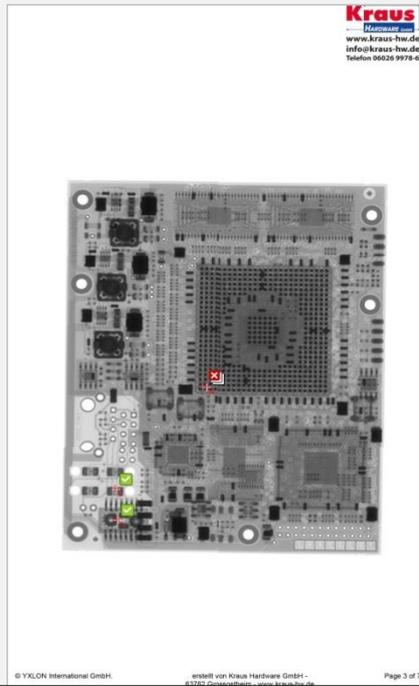


- Detektor in Schrägdurchstrahlung
- Beschädigte Drähte
- Bei der Schneidklemmverbindung wurden die einzelne Drähte beschädigt
- Durch die Vorschädigung der Drähte ist eine einwandfreie dauerhafte Funktion der Verbindung nicht sichergestellt

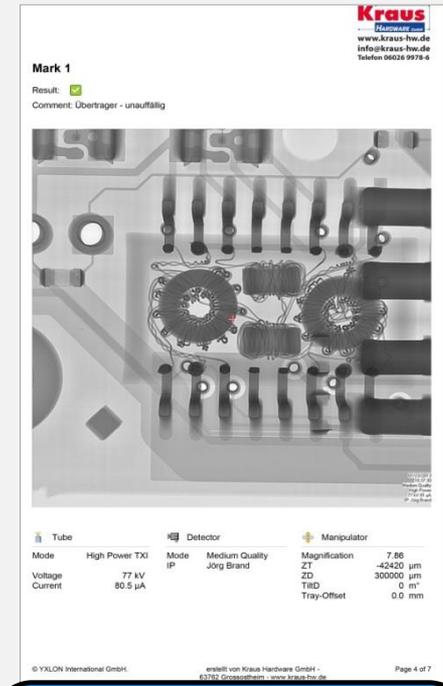
Prüfberichtserstellung bei jeder 2D Röntgenuntersuchung



Übersichtsbild der Kamera vom Probenstisch mit Positionsmarken

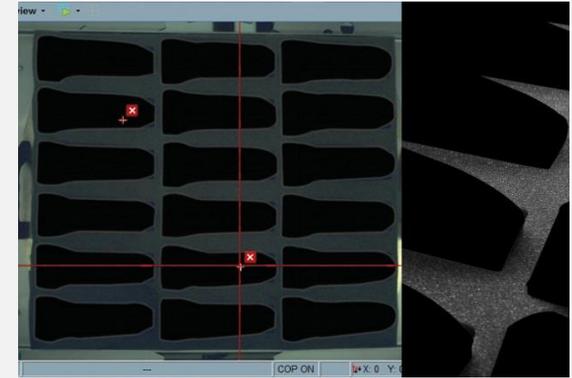
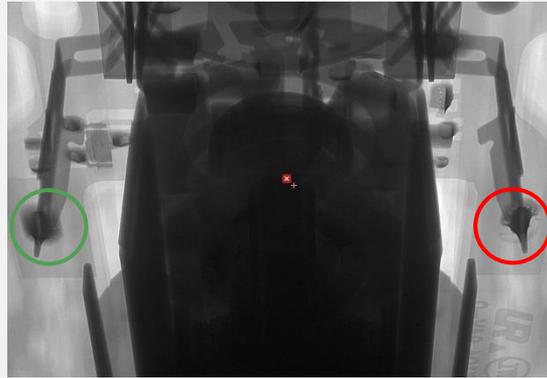


Stitching, aus Einzelteilen zusammengesetztes Röntgenübersichtsbild vom Probenstisch mit Positionsmarken



Röntgenaufnahme mit Textdokumentation und Parameter der Röntgenanlage

Automatisierte gut/schlecht Selektion von Geräten

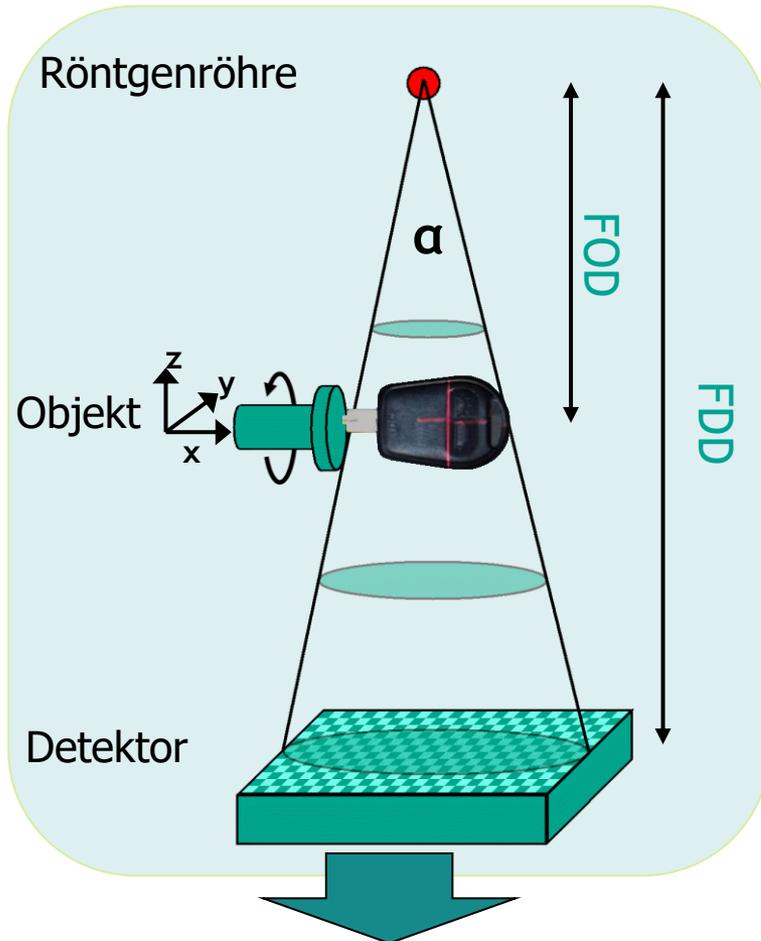


Selektion
mehrere tausend
Elektrogeräte

Beurteilt wurde an
zwei Lötstellen
die Lötqualität
(Lötfluss und Poren)

Durch die aus
Schaumstoff gefräste
Mehrfachaufnahme und
den automatisierten
Prüfablauf ist eine
schnelle Selektion
möglich

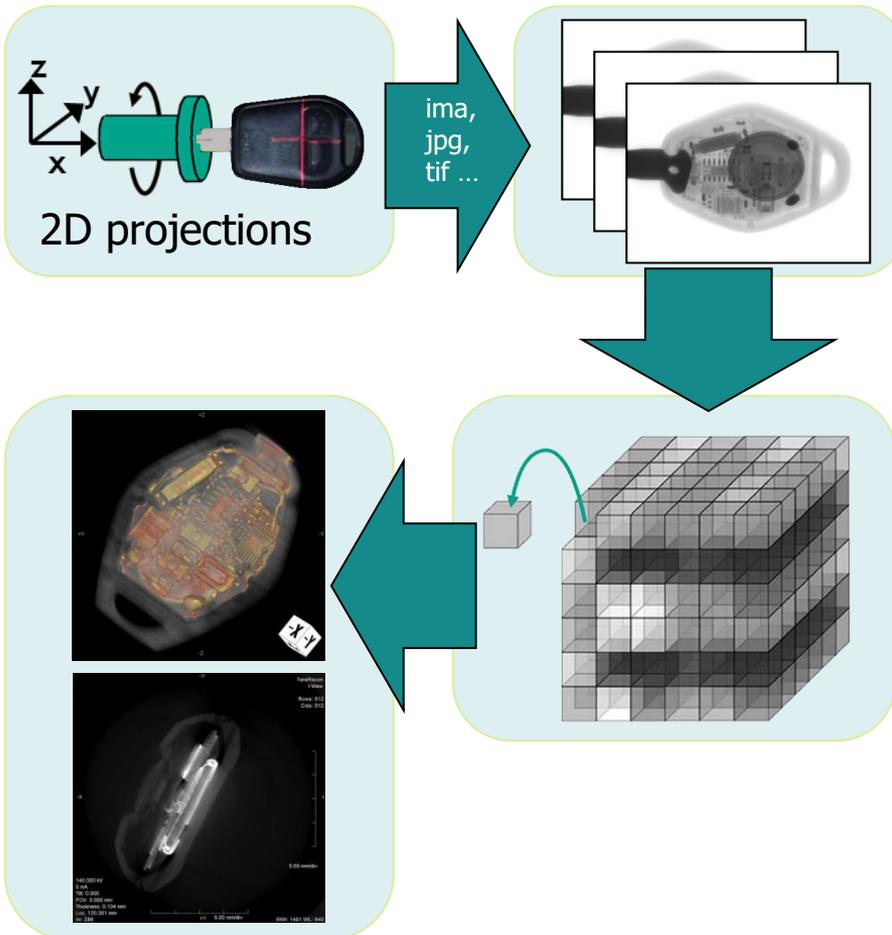
μ CT – Computertomographie



- Bei der industriellen CT wird das Objekt im Röntgenstrahl gedreht, bei der medizinischen CT dreht sich die Röntgenquelle und der Detektor um den Patienten
- Für die CT gelten die gleichen physikalischen Regeln der Röntgenschattemikroskopie, wie Brennfleck, geometrische Vergrößerung und Absorption wie bei der 2D Röntgentechnik



μ CT – Computertomographie



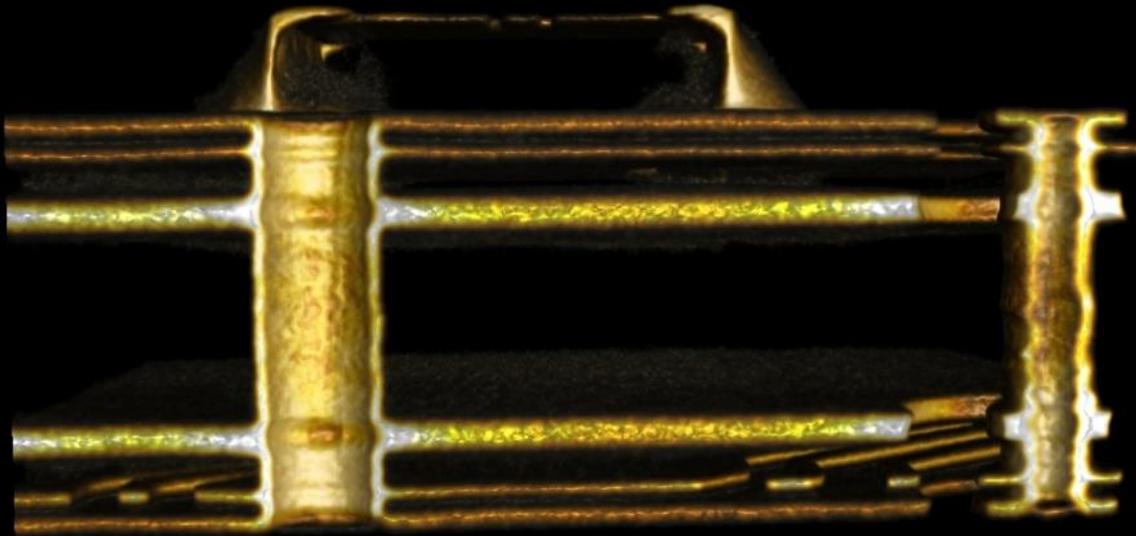
- Um von einem Objekt ein CT zu erstellen, werden während einer 360° Rotation mehrere Hundert zweidimensionale Röntgenaufnahmen erstellt
- Aus den zweidimensionalen Pixeldaten werden dreidimensionale Voxeldaten erstellt
- Mit mathematischen Verfahren lässt sich daraus ein Volumenmodell errechnen, das die Geometrie und Materialverteilung von dem Prüfobjekt beschreibt
- Mit der Software lassen sich dreidimensionale Filme und einzelne Bilder erzeugen

3D Computertomographie, Induktivität



- Zur besseren Darstellung werden die Bilder eingefärbt. Den Grauwerten werden Farben zugeordnet
- Aus dem kompletten Datensatz werden vom Bediener Bilder mit den interessanten Merkmalen erzeugt, die von der Datenmenge leicht zu handhaben sind
- Mit der Software lassen sich Bereiche von dem Objekt wegfiltern und auch beliebige Schnitte zerstörungsfrei durch das Objekt legen

3D Computertomographie, Multilayer Lagenaufbau



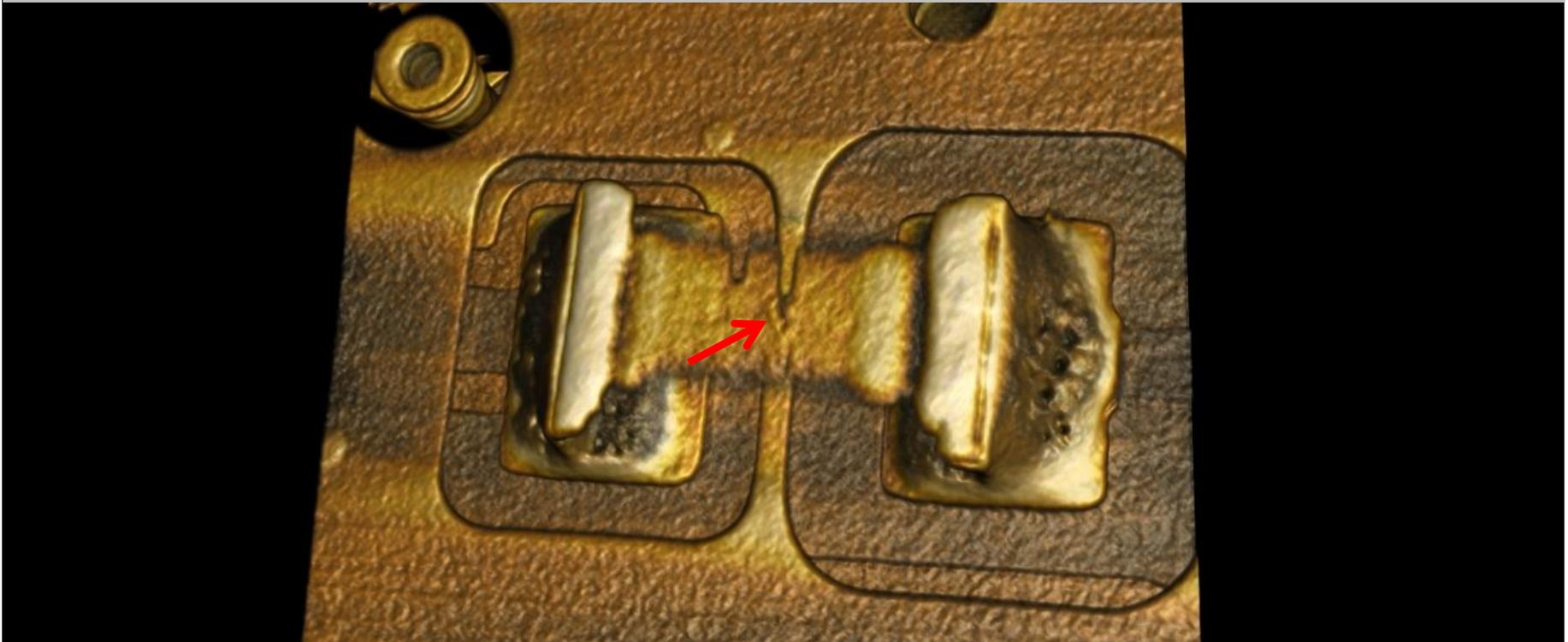
Mit dem Schnitt im CT kann man zerstörungsfrei den Multilayer-Lagenaufbau und die Anbindung an der Hülse gut erkennen

Lötanschluss verdeckte Lötstelle (Buchse und Stecker)



- 2 Microspeed-Steckerverbinder sind gegenüberliegend bestückt. Durch den hohen Metallanteil gibt es eine hohe Absorption der Röntgenstrahlung eine „freie Sicht“ zur Bewertung der Lötstelle ist nahezu nicht möglich. Von der Baugruppe wurde eine CT erstellt und offline ausgewertet.
- Die Daten wurden so mit der CT-Software bearbeitet, dass die Anschlussreihen der Reihe nach manuell kontrolliert werden konnten.
- Eine Bewertung der Lötverbindung ist leicht möglich

Bauteildefekt Widerstand



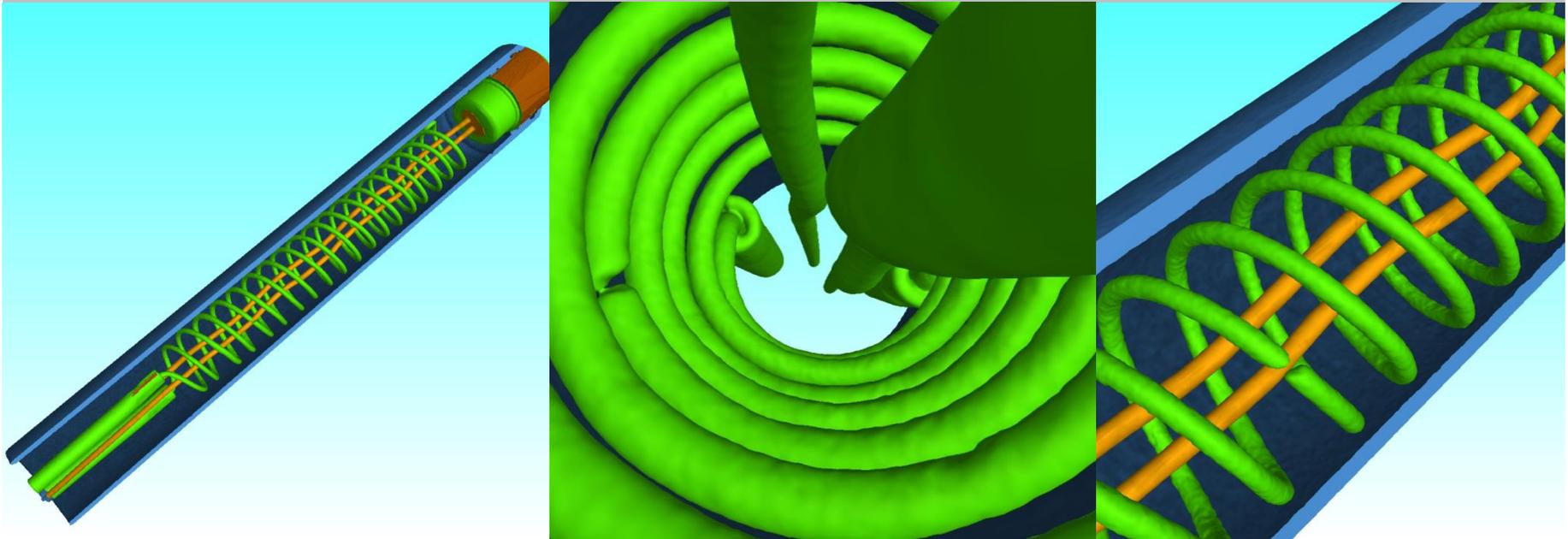
- An der Verlängerung vom Trimmchnitt an dem Präzisionswiderstand sieht man einen Riss. Der Widerstand wurde elektrisch überbelastet
- Der Fehler konnte gegenüber einer aufwendigen Präparation beim Bauteilhersteller schnell nachgewiesen werden.

Bauteildefekt Keramik Chip Kondensator



- Defekter Endlagenschalter an einer Maschine, vermutet wurde ein Kabelbruch, da der Schalter sporadisch nicht funktionierte
- Bei der Fehersuche mit dem Multimeter wurde festgestellt, dass der Fehler bei mechanischer Belastung am Kondensator liegt
- Der Kondensator wurde nach einer ersten Analyse elektrisch mit der Folge der thermischen Überlastung beschädigt

Defekter Heizkörper HandlötKolben



- orange → Thermoelement, grün → Heizwendel, blau → Metallmantel
- Defekte Heizung an einem LötKolben durch Verschleiß
- Durch die CT lassen sich Fehlerbilder aufdecken die in der 2D Röntgenanalyse nicht ohne weiteres zu finden sind

Checkliste für eine erfolgreiche Analyse



- genaue Aufgabenbeschreibung, was soll untersucht werden
- Bereich zur Untersuchung möglichst genau definieren
- geometrischen Aufbau prüfen
- Abschätzung der beteiligten Materialien
- besonders bei der 3D-Analyse muss u.U. zeitaufwendig die richtige Einstellung gefunden werden
- vieles ist mit der Röntgentechnik möglich, leider nicht alles
- Manchmal liegt das Problem nicht nur in der Anlage oder an der Anlage sondern es steht vor der Röntgenanlage.

Stellen Sie mir gerne noch Fragen, wenn Sie welche haben!

Wir bieten Ihnen eine perfekte Dienstleistung in jedem Detail –
und behalten zugleich das „Ganze“ immer im Blick.



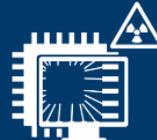
ENTWICKELN



PRODUZIEREN



PRÜFEN



RÖNTGEN



REWORKEN



REINIGEN



LASERN

www.kraus-hw.de

Bleiben Sie in Kontakt ...



ANDREAS KRAUS

Gesellschafter
Geschäftsführer

www.kraus-hw.de

Ostring 9 c
63762 Großostheim/Ringheim
PHONE +49 6026 9978-78
FAX +49 6026 9978-99
MOBIL +49 171 7828112
E-MAIL akraus@kraus-hw.de



LinkedIn

... folgen Sie mir auf LinkedIn