



**Waygate  
Technologies**

a Baker Hughes business

# Wenn Details zählen: NDT-Röntgenuntersuchung von Halbleitern

# Zusammenfassung

Weltweit treiben Halbleiterkomponenten unser Leben an. Bei Smartphones, Computern, Autos, Flugzeugen usw. ist die weltweite Abhängigkeit von Halbleitern und kleinen elektronischen Komponenten als Katalysatoren für Verbindungen und neue Innovationen enorm gestiegen. Diese zunehmende Abhängigkeit stellt auch eine wachsende Herausforderung für Halbleiterhersteller dar: während wir unsere Telefone nutzen, unsere Autos fahren und tagtäglich mit dem Flugzeug fliegen.

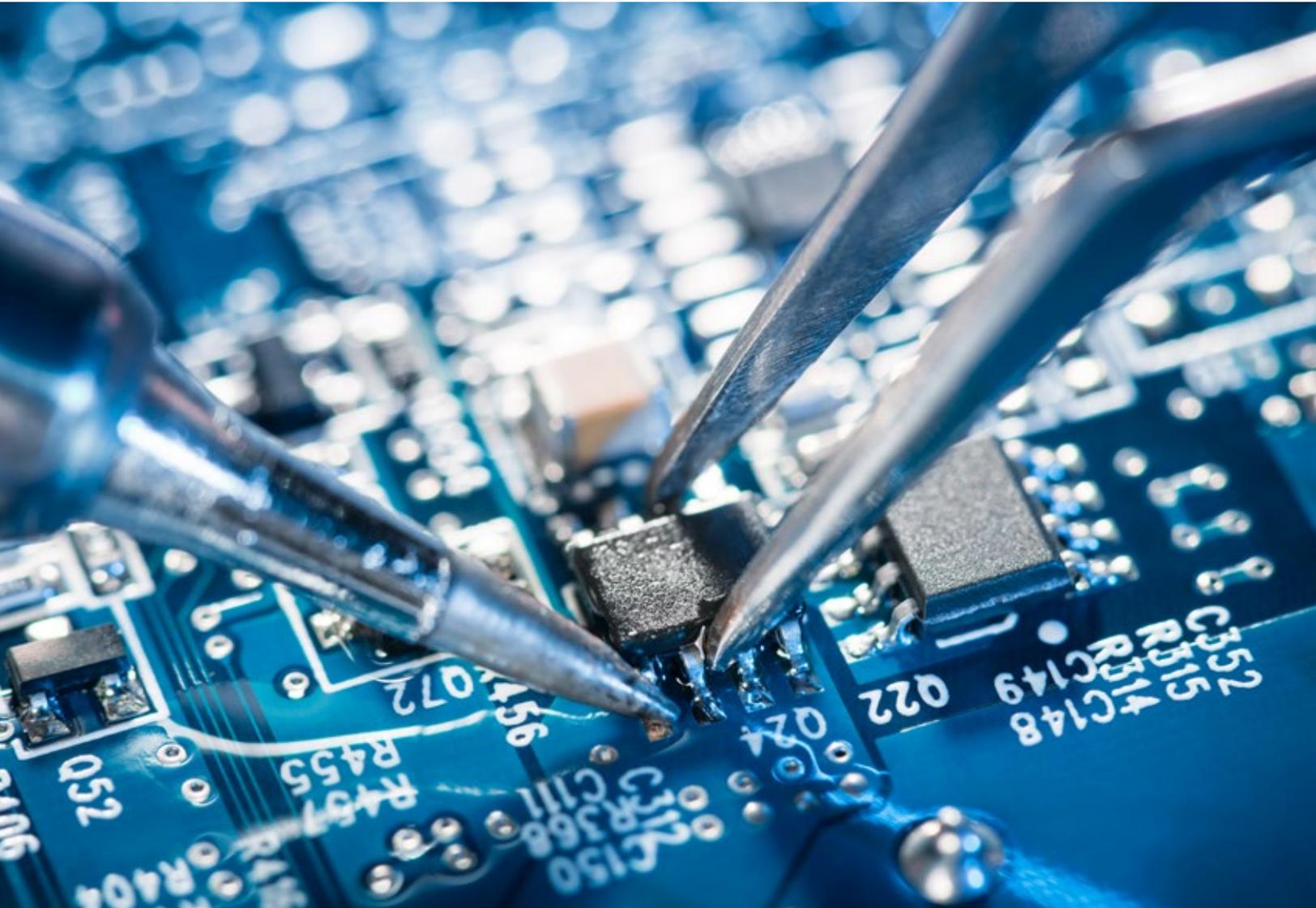
Die Verwendung von Halbleitern und kleinen Elektrokomponenten steigt und gleichzeitig wächst auch deren Integrationsdichte, wobei aber ihre Größe schrumpft. Durch diesen Trend steigen die technologischen Anforderungen an eine detaillierte Qualitätssicherung.

Zur Erfüllung der Qualitätssicherungsstandards nutzen die Halbleiterhersteller zerstörungsfreie Röntgenuntersuchungen. Mit den steigenden Qualitätsanforderungen sind jedoch die ständig weiterentwickelten technologischen Untersuchungsfortschritte von wesentlicher Bedeutung. Röntgen der nächsten Generation, speziell für die

Halbleiteruntersuchungen mit ultrafeiner Auflösung entwickelt, muss nun die Halbleiterqualität umfassend sichern.

Neue Untersuchungstechnologien für Halbleiter und kleine elektronische Bauteile umfassen Hardware, Software und Dienstleistungen mit unübertroffener Auflösung bzw. Bildqualität, Sie verbinden auch Fähigkeiten der Industry 4.0 Punkt! kein Komma! Für die Halbleiter-NDT-Untersuchung brauchen die Halbleiterhersteller einen Partner mit umfangreichem Fachwissen im Bereich der hochauflösenden Röntgentechnik, der die Details der Halbleiteruntersuchung kennt.

Tagtäglich können die mikrofeinen Details unser gemeinsames Wohlbefinden beeinflussen. Für die Halbleiterhersteller ist die Verlässlichkeit der gleichbleibenden Qualitätssicherung von höchster Wichtigkeit. Die Details zählen sehr wohl. Die Sichtbarkeit dieser Details mit besonderer Klarheit kann den Unterschied zwischen der sicheren und unsicheren Nutzung von Dingen wie beispielsweise Smartphones, Autos, Flugzeuge ausmachen, auf die wir uns tagtäglich verlassen.



# 1. Neue Anforderungen an die Halbleiter-Qualitätssicherung

Haben Sie sich jemals gewundert, was die Welt bewegt? Natürlich sind es die Halbleiter. Unser tagtäglicher Verlass auf die Halbleiter und andere kleine Elektrokomponenten, wie beispielsweise LED-Chips und Dioden, ist atemberaubend.

Da die Halbleiter die allgegenwärtigen Zuhelfer „hinter der Bühne“ in so vielen täglich verwendeten Geräten und Anwendungen sind, ist die Bedeutung ihrer Rolle eventuell nicht ganz einleuchtend. Von den Mobiltelefonen bis hin zu den Computern, dem Internet, Autos, Flugzeugen, Digitalkameras, Waschmaschinen, TVs-, Geldautomaten, Zügen und mehr, tragen die Halbleiter zum Antrieb unserer Welt bei, indem sie Komfort und Leichtigkeit mit sich bringen. So viel Leichtigkeit aber, dass wir annehmen, dass viele von uns so gar nicht über ihre Zuverlässigkeit und Sicherheit nachdenken. Die Verantwortung für die gleichbleibende

Qualitätssicherung, Zuverlässigkeit und Sicherheit liegt sehr stark bei den Halbleiterherstellern, die sich mit der Qualität der Komponenten auf ultrafeinem Detailniveau beschäftigen müssen.

## Halbleiter treiben die Innovation in den neuen Anwendungen voran

Heutige Anwendungen beginnen erst damit, an der Oberfläche der Halbleiterverwendung und des Möglichen zu kratzen. Aufsteigende Kompetenzen, beispielsweise in neuen persönlichen Geräten, autonomen Fahrzeugen, künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen, stärken die Rolle der Halbleiter in unserem Alltag. Betrachten Sie die folgenden Beispiele:



Von Wearables über Smartuhren und Fitnessgeräten bis hin zu **EKG und Blutdruckmonitoren** und sogar neuen Geräteanwendungen wie **DNA Nudge**, die die Optimierung der Auswahl beim Lebensmitteleinkauf auf Basis Ihres DNA-Profiles unterstützt.



Elektro-Lufttaxis wie **Lilium, Volocopter**



Die smarte Produktion wird über Betriebe, Unternehmen und ganze Versorgungsketten von Halbleitern angetrieben.

Die Halbleiter sind tatsächlich so ausschlaggebend für aufkommende Innovationen, dass unsere digitale Transformation, einschließlich der Reise zu Industry 4.0 und darüber hinaus, **ohne Halbleiter nicht möglich ist.**

**Digitale Transformationen sind ohne Halbleiter nicht möglich.**

## Die Halbleiternutzung in den vorhandenen Anwendungen steigt

Zusätzlich zur wachsenden Nutzungsbreite steigt auch die Tiefe der Nutzung von Halbleitern. Das beste Beispiel dafür ist das Automobil. Heute können Automobile bis zu **5.000 Halbleiterbauelemente haben** und so neue Kompetenzen und Fortschritte, einschließlich jener in den autonomen Fahrzeugen, antreiben.

Während Breite und Tiefe der Halbleiternutzung steigen, steigt auch die Anforderung für erhöhte Qualitätsstufen. Die potentielle Auswirkung von kleinen Fehlern in Halbleitern kann weitreichend und signifikant sein. Die öffentliche Sicherheit verlässt sich immer mehr auf die Halbleiterqualität für einen sicheren, zuverlässigen Betrieb von Mobiltelefonen, Computern, Autos, Flugzeugen und einer Reihe von anderen Geräten.

Produktivität und Profitabilität der Herstellung hängen auch immer mehr von der Halbleiterqualität ab. Die Branchen streben nach dem Null-Fehler-Prinzip, ein hochgestecktes aber lohnendes Ziel. Beispielsweise in der Automobilindustrie kann ein Hersteller vielleicht 25.000 Autos pro Tag bauen, wobei jedes 5.000 Halbleiter enthält. Dabei sind die Halbleiter-Qualitätsstufen bei Fehlerraten von einem PPM, was bedeutet, dass 125 Autos pro Tag mit Betriebsproblemen durch Halbleiterqualität erzeugen könnten.

## Die öffentliche Sicherheit verlässt sich zunehmend auf die Halbleiterqualität

Zusätzlich zum oben genannten Automobilbeispiel sind andere halbleiterreiche Anwendungen ganz mit unserem Alltag verflochten. Beispielsweise die Abhängigkeit von den Smartphones wurde von einer **Studie nachgewiesen**, die besagt, ich verstehe nicht was hier gemeint ist. was bedeutet hier "kontrolliert" Computer, Haushaltsgeräte, Flugzeuge und Geldautomaten werden häufig verwendet. Da die Halbleiter für so viele unserer täglichen Gewohnheiten auf der ganzen Welt von zentraler Bedeutung sind, hängt die öffentliche Sicherheit immer mehr von deren Qualität und Zuverlässigkeit ab. Hierdurch lastet viel Verantwortung auf den Schultern der Halbleiterhersteller.

## 2. Herausforderungen der Halbleiter-Qualitätssicherung

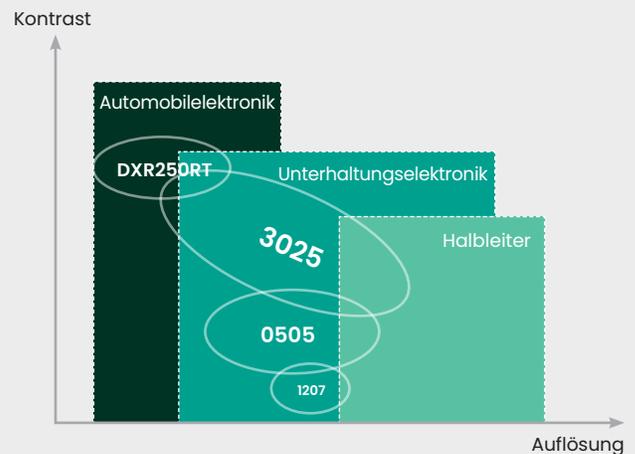
Die umfassenden Qualitätsuntersuchungen von Halbleitern bergen Herausforderungen. Dem Halbleiter- und Komponentendesign liegt der Gedanke zugrunde, dass kleine Baugrößen bei gleichzeitig hoher Funktionalität genutzt werden. Der anhaltende Trend geht dahin, mehr und mehr Komplexität in immer kleinere Designs zu packen, wodurch die Herausforderungen an die Qualitätsuntersuchung weiter verstärkt werden. Zusätzlich befinden sich viele Verbindungsstellen und Verbindungen in Halbleitern und kleinen Elektrokomponenten unter der Oberfläche, und verstecken sich so vor den oberflächlichen oder visuellen Untersuchungstechniken.

Die Erfahrung zeigt, dass die Untersuchungstechnologien für Halbleiter und kleine Elektrokomponenten zwei wesentliche Kompetenzen liefern müssen:

1. Ultrahohe Erkennung von Details bzw. Auflösung bei hohem Kontrast bereitstellen
2. Untersuchung in sichtbaren Bereichen und unter der Oberfläche ermöglichen

Ohne diese Eigenschaften sind die umfassenden Untersuchungen von Halbleitern und kleinen Elektrokomponenten nicht möglich. Die einzige Untersuchungstechnologie, die diese Anforderungen erfüllt, ist die zerstörungsfreie (ZfP) Röntgenuntersuchung.

### Warum die Details in den Halbleiteruntersuchungen zählen



Der Grund dafür ist, dass die Details zählen, wenn es um die Halbleiter-Qualitätssicherung geht. Die Halbleiterdetails können tatsächlich die Funktionalität von viel größeren Endbenutzer-Geräten, wie beispielsweise Mobiltelefonen, Computern, Autos und Flugzeugen sicherstellen oder unterbinden. Daher müssen die Halbleiterhersteller die entsprechenden Qualitätsuntersuchungsansätze übernehmen.

### 3. Pflicht-NDT-Untersuchungsfortschritte

Das Design von Halbleitern und kleinen Komponenten entwickelt sich dynamisch und ihre Nutzung steigt ins Unermessliche, daher müssen sich auch Röntgen und NDT-Untersuchung entsprechend anpassen, um die Erfüllung der Qualitätsstandards

sicherzustellen. Die aufsteigenden Eigenschaften der nächsten Generation der NDT-Radiographie heben die Latte und setzen neue Normen für die Untersuchungsmöglichkeiten, die einen neuen Satz von Fähigkeiten und Vorteilen bereitstellen.

Fähigkeit	Vorteil
 Verbesserung der Bildqualität und Kontrast bei Mikrostrukturen der Auflösung	 Produktion von hochauflösenden und hochdetaillierten Bildern für die Halbleiteruntersuchungen
 Die Untersuchung nicht sichtbarer Bereiche ermöglichen	 Umfassende Untersuchung an sichtbaren und unsichtbaren Oberflächen
 Benutzerfreundlichkeit in den Halbleiter-Herstellungsprozessen bereitstellen	 Für die optimale Behandlung von Halbleitern und Kleinelektronik vorgesehen
 Hochzuverlässig mit gleichbleibender Konsistenz	 Sicherstellung der Untersuchungskonsistenz zwischen Mustern
 Dosiskontrolle zum Schutz aller Typen von Komponenten nutzen	 Vorbeschädigung durch Röntgen der sensiblen Geräte verhindern

## Hardware, Software, Dienstleistungen und Industry 4.0 (4IR)

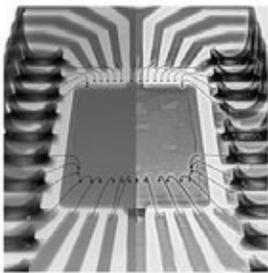
Fortschritte in der NDT-Radiographie liefern diese neuen Möglichkeiten und mehr, erfordern aber sich ständig weiterentwickelnde Innovation über die drei Lösungselemente: Hardware, Software und Dienstleistungen. Wichtiger Wegbereiter für Innovationen ist ein tiefes Verständnis und nachgewiesenes Fachwissen in Bezug auf die Details der Radiographie.

**Hardware.** Industrielle Röntgenhardware umfasst mehrere Elemente, die zur Festlegung der Leistungsparameter entwickelt wurden. Die wichtigsten Komponenten und ihre Primärrollen:

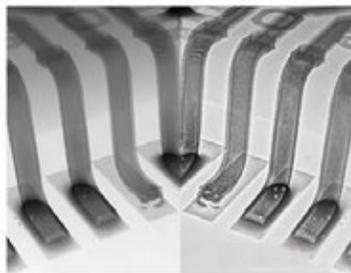
- Röntgenröhre: Ein Röntgenröhre erzeugt die Röntgenstrahlen
- Generator: Ein Hochspannungsgenerator treibt die Röntgenquelle an
- Detektor: Ein Detektor zeichnet die Röntgenstrahlen auf, die die Probe passieren und erzeugt das Bild
- Manipulator: Ein Manipulator unterstützt die Bewegung bzw. Drehung der Probe in die passende Untersuchungsposition
- Steuerung: Ein Bedienfeld ist ein zentralisiertes Feld zur Einstellung und Steuerung des gesamten Prozesses während der Untersuchung

**Software.** Die Radiographie-Software ist ein häufig übersehener aber wichtiger Wegbereiter der klassenführenden industriellen Röntgenlösungen, insbesondere die hochdetaillierte Untersuchung von Halbleitern und kleinen Elektrokomponenten. Intelligente Software treibt die Untersuchungen an und stellt Bildverbesserung und -optimierung, Automatisierung, Messfunktionen und Programmiermöglichkeiten bereit.

**Software macht den Unterschied in den Röntgendetails**



Konventionelle Software



Erweiterte Software

**Dienstleistungen.** Fachwissen in den industriellen Röntgentechnologien unterstützt die Optimierung der Lösungen, ermöglicht eine gemeinsame Problemlösung

und bietet Prüfscans und laufenden Support bei Herausforderungen bzw. einzigartigen Proben.

Während jede Lösungskomponente klassenführende Technologie einsetzen muss, um die entsprechende Untersuchung von Halbleitern und kleinen Elektrokomponenten sicherzustellen, stellt das Versprechen von Industry 4.0 (4IR) neue Bedingungen. Insbesondere erfordern die 4IR-Fähigkeiten eine Anknüpfung zu den Management-Exekutivsystemen (MES, Management Executive Systems).

Für die industrielle Röntgenuntersuchung in der Halbleiterherstellung sind die Einsätze hoch und die Details zählen deutlich. Daher brauchen die Hersteller mehr als ein Produkt, sie benötigen einen Partner, der die Qualitätsuntersuchungen ermöglicht, die zur Optimierung des Betriebs und Sicherstellung der gemeinsamen Sicherheit über die Endbenutzer-Anwendungen erforderlich sind.

## Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften

Zusätzlich zu Lieferantenaufträgen, Verwaltungsbehörden, wie beispielsweise IPC (der Verband, der die Elektronikbranchen verbindet), unterstützen die Begründung von Normen zur Anleitung der Qualitätsstufen für Halbleiter und kleine Elektrokomponenten. **IPC-** Klassifikationen sind die Stufen 1, 2, 3 sowie 3A und werden primär nach Endbenutzer-Anwendungstyp ausgewählt. Die weltweit anerkannten Normen unterstützen die Konsistenz in Qualität, Zuverlässigkeit und Anforderungen.

## 5. Zusammenfassung

Es braucht einen globalen Aufwand, um die Qualität und Sicherheit in Tiefe und Breite der Halbleiteranwendungen sicherzustellen, die im Vordergrund und Mittelpunkt unseres Alltags sind. Jeden Tag prüfen wir unsere Smartphones 96-mal, fahren mit Autos und fliegen mit Flugzeugen. Die Mikrostrukturdetails in den Halbleitern und kleinen Elektrogeräten treiben unsere Geräte, Haushaltsgeräte und Fahrzeuge an, die im Endeffekt unsere umfassende, kollektive Sicherheit bestimmen. Der Dreh- und Angelpunkt von Qualität in der Halbleiterherstellung liegt in der Übernahme von NDT-Röntgenlösungen der nächsten Generation, die für die Erfüllung der einzigartigen Bedürfnisse der Halbleiter-Qualitätsuntersuchungen vorgesehen sind. Und diese Qualität liegt in den ultrafeinen Details. Die Bereitstellung einer klaren Sicht auf diese Details unterstützt die Sicherung unseres Alltags, während wir die Leichtigkeit und den Komfort von Smartphones, Computern, Autos und Flugzeugen genießen.



