

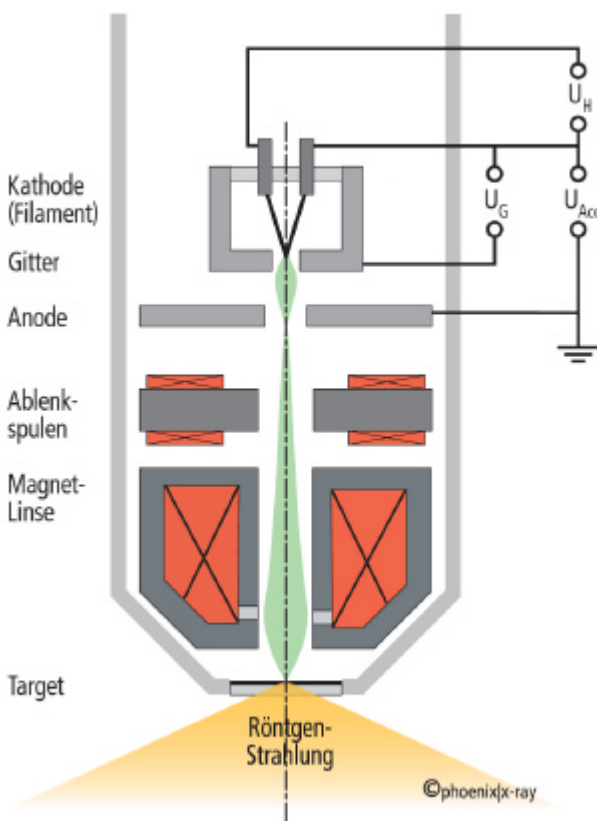
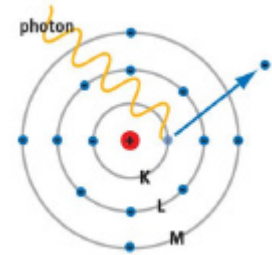
## Röntgeninspektion von Baugruppen in der Elektronik

Im November 1895 entdeckte der Nobelpreisträger Wilhelm Conrad Röntgen an der Würzburger Universität beim Experimentieren mit Glühkathodenröhren zufällig eine ihm noch unbekannt, „neue Art von Strahlen“, die er in der Folge „X-Strahlen“ nannte. Diese unsichtbaren Strahlen durchdringen Körper und Materie und können auf Leuchtschirmen und fotografischen Platten sichtbar gemacht werden. Mit seiner revolutionären Entdeckung eröffnete Röntgen neue Diagnosemöglichkeiten in der Medizin und erweiterte die Analyse von Werkstoffen, die nun zerstörungsfrei untersucht werden konnten.



### Das Funktionsprinzip einer Röntgenröhre

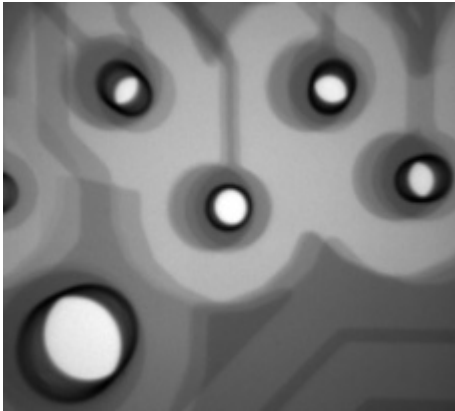
Röntgenstrahlen sind elektromagnetische Wellen, deren Länge im Bereich von 0,1 nm bis 10 nm liegt. Da bei der Erzeugung von Röntgenstrahlung eine Wechselwirkung mit den Hüllen-Elektronen der Atome stattfindet, teilt man diese in die Gruppe der ionisierenden Strahlung ein.



Neben der natürlichen Röntgenstrahlung kann durch so genannte Röntgenröhren eine solche auch künstlich erzeugt werden.

In einer evakuierten Röhre emittiert ein Glühfaden aus Wolfram Elektronen, die über eine angelegte Hochspannung von bis zu 160 keV auf eine offene Anode beschleunigt werden. Magnetische Linsen fokussieren den Elektronenstrahl, der gebündelt auf eine mit Wolfram bedampfte Aluminium-Platte trifft. Dabei werden die Elektronen abrupt abgebremst, wodurch die typische Bremsstrahlung als Röntgenquanten austritt. Die punktförmige Röntgenquelle, der Brennfleck, durchstrahlt die Probe und bildet auf einer Detektoreinheit eine Projektion der Probe ab. Dafür kommt eine volldigitale 12 Bit-Bildkette mit 4096 Grauwertabstufungen und eine 6“-Echtzeit-Bildverstärkung zum Einsatz. Um den Prüfling aus verschiedenen Winkeln betrachten zu können, ist eine Inspektion mit maximaler Schrägdurchstrahlung von 61° möglich. So können Abbildungen in Mikrometerauflösung bei einer totalen Vergrößerung von 9800fach erreicht werden.

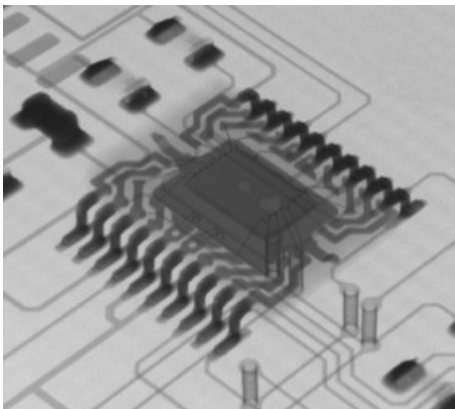
## Anwendung der Röntgenstrahlung in der Elektronikfertigung



Da die verwendeten Materialien von Leiterplatten, Bauteilen und Lotlegierungen unterschiedlich die Röntgenstrahlung absorbieren, ist es über eine Bildverarbeitung möglich, die Komponenten und ihre Verbindungen darzustellen.

Schon vor der Fertigung der Baugruppen können mehrlagige Leiterplatten auf den Versatz ihrer Innenlagen geprüft werden, was potentiellen späteren Ausfällen der Baugruppe vorbeugt.

Die Röntgeninspektion macht nicht normgerechte Anbindungen der Kupferbahnen an die Durchkontaktierung sichtbar, die defekten Leiterplatten können leicht erkannt und aussortiert werden.

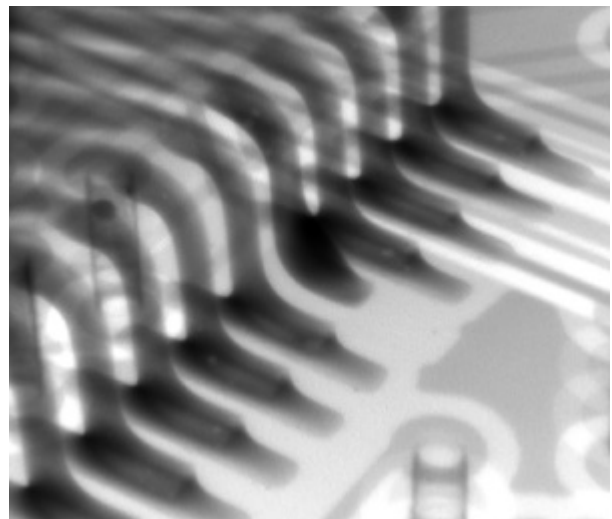
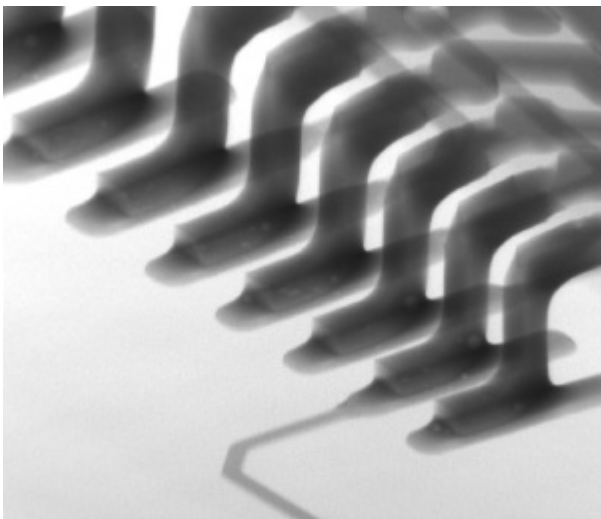


Die Qualität der Lötstelle ist ein wesentliches Kriterium für die Zuverlässigkeit der elektronischen Baugruppen.

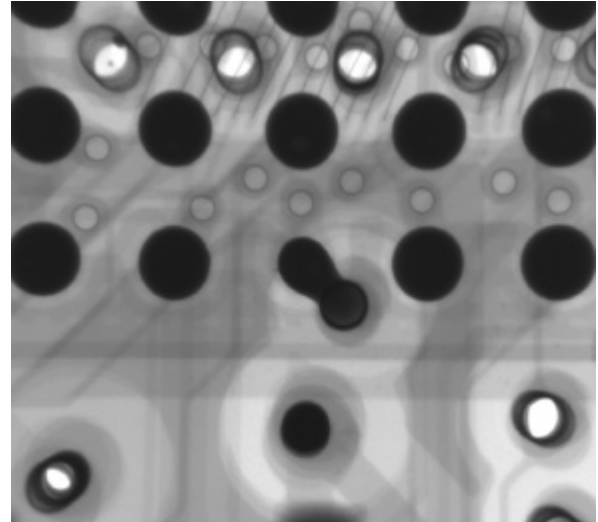
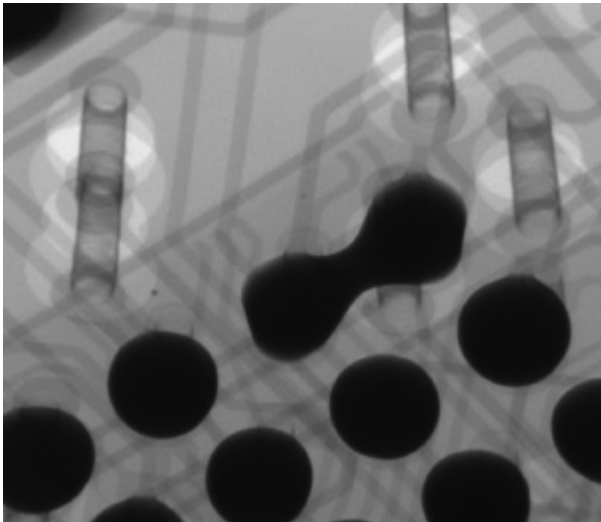
Durch die Röntgenanalyse ist es möglich, wichtige Merkmale und Eigenschaften der Lötstelle darzustellen.

Die Anbindung kann auf die Meniskusausbildung, den Versatz, die Brückenbildung, sowie fehlende und offene Lötstellen analysiert werden.

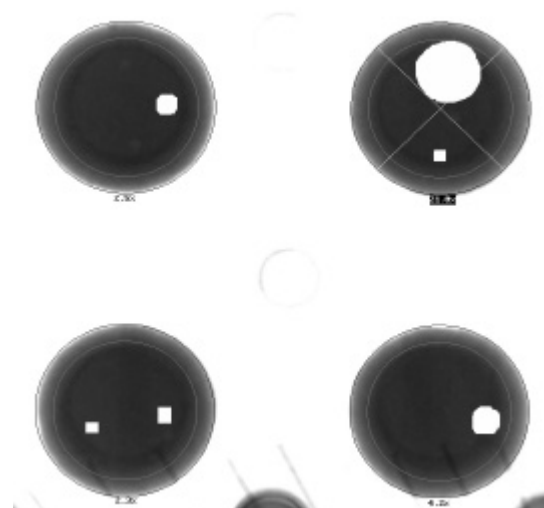
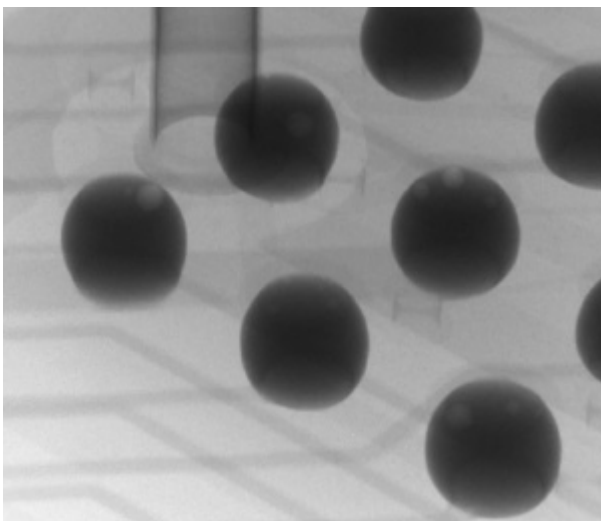
Um eine sichere Lötverbindung bei Gullwing-Anschlüssen zu gewährleisten, ist es notwendig, die Füllung der „Fersenbereiche“ zu inspizieren. Sind die Menisken der Anschlüsse dort fehlerhaft, ist auch dies im Röntgenbild detektierbar.



Bei Bauteilen wie BGA, CSP und QFN, deren Anschlüsse von außen nicht kontrollierbar sind, werden Fehler wie Lotbrücken, Lotabfluss oder unvollständiges Aufschmelzen des Lotes nachgewiesen.



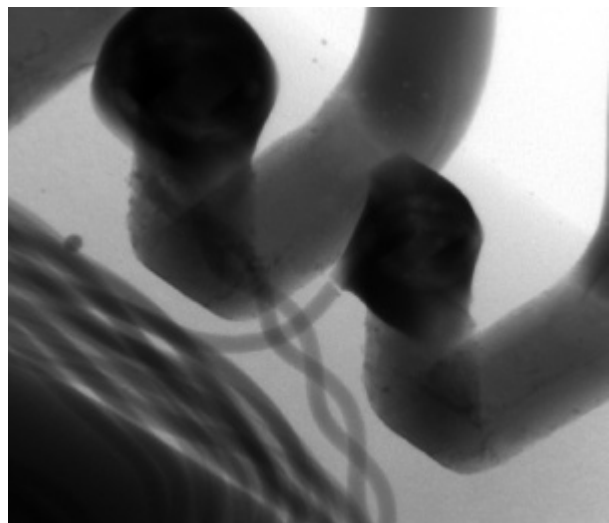
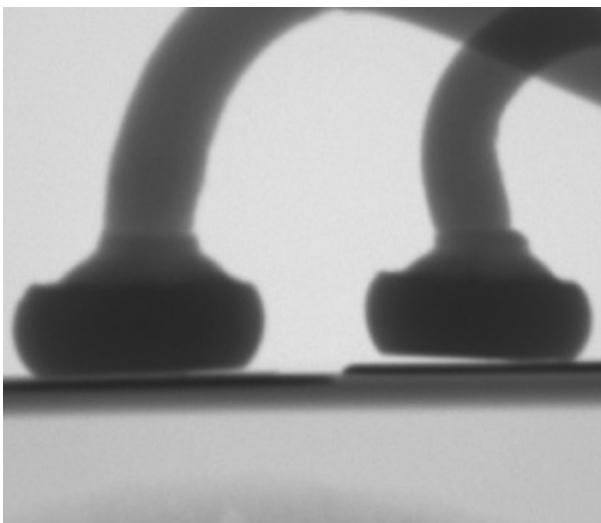
Die Güte der Lötstellen ist auch abhängig vom Anteil an Lunkern und anderen Einschlüssen, die mittels Röntgendurchstrahlung detektiert werden. Die Poren können über ein Softwaremodul ausgemessen werden, das nach den Abnahmekriterien der IPC-A-610 D die Menge und Größe der Einschlüsse erfasst.



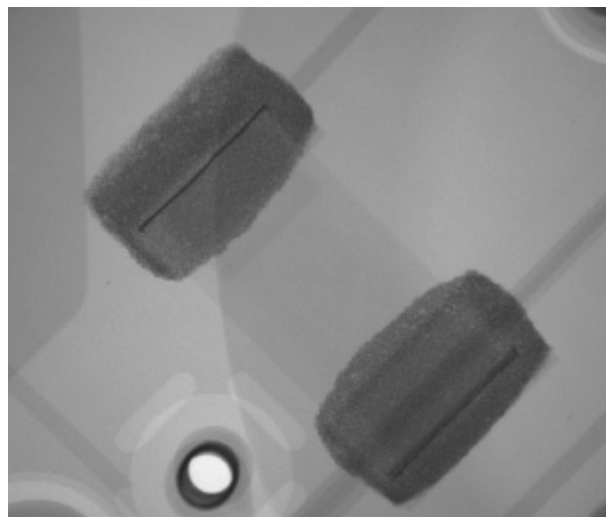
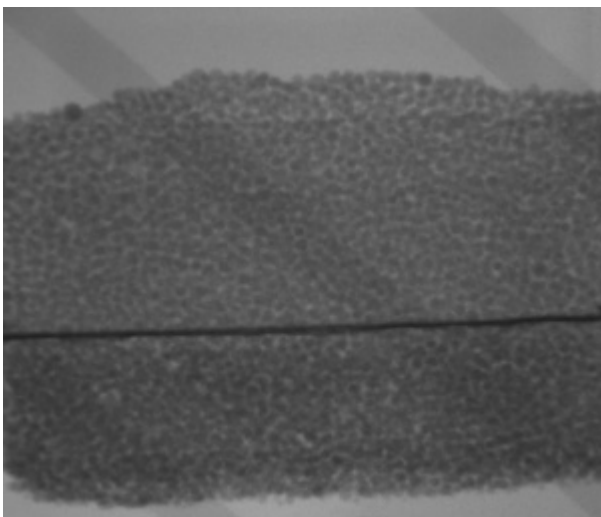
Ein vermehrtes Auftreten an Poren kann möglicherweise als Prozessindikator gesehen werden. Bei einer rechtzeitigen Röntgen-Detektion der Lunker ist es möglich fertigungstechnisch im Sinne der Qualitätssicherung gegenzusteuern.

Doch nicht nur die Lötstelle, sondern auch die Bauteile selbst können auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden. So werden in der Röntgeninspektion die Drähte und deren Ankontaktierung zum Chip sichtbar, mögliche Fehler wie vom Pad abgehobene oder abgerissene Bonddrähte sind deutlich zu erkennen.

Dadurch wird im Idealfall verhindert, dass defekte elektronische Elemente verbaut werden und es zu Funktionsbeeinträchtigungen oder zum Ausfall der ganzen Baugruppe kommt.



Auch der Pastendruck muss gerade bei Finepitch-Bauelementen als kritisch gesehen werden und kann via Röntgeninspektion einer Prüfung unterzogen werden. Dabei ist es möglich, Fehler schon im Vorfeld des Lötvorgangs zu beseitigen und Lotperlen oder Lotbrücken gezielt zu vermeiden.



Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Röntgeninspektion die Analyse von Werkstoffen deutlich erweitert und damit einen erheblichen Teil beiträgt, die Zuverlässigkeit der von uns gefertigten elektronischen Baugruppen sicher zu stellen.

***Weiterführende Literatur zur Röntgenstrahlung und deren Anwendung:***

*Ardenne, Manfred von:* Effekte der Physik und ihre Anwendung, Frankfurt am Main 2005

*Bachmann, Jens:* Röntgenstrahlung in der Technik, Illmenau 2003

*Biedorf, Rolf:* Lexikon Elektronikfertigung, Bad Saulgau 2006

*Chronik der Technik,* München 1997

*Dorn, Friedrich:* Physik, Hannover 1976

*Hadland, Nick:* Digitale Röntgensysteme, Leinfelden 2005

*Höhlein, Karl-Heinz:* Strahlenschutz, Nürnberg 2006

*Kittel, Charles:* Einführung in die Festkörperphysik, München 2002

*Kuchling, Horst:* Taschenbuch der Physik, Köln 1994

*Leicht, Hans:* Wilhelm Conrad Röntgen, München 1994

*Roth, Holger:* Beeinträchtigung elektr. Bauelemente durch Röntgenstrahlung, Stuttgart 2005

*Roth, Holger:* Lötfehler im Röntgenbild, Stuttgart 2004

*Roth, Holger:* Phoenix X-Ray Operator Training, Stuttgart 2006

*Scheel, Wolfgang:* Baugruppentechologie der Elektronik, Berlin 1999

u. v. a.