

Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik

# Entwicklung und Fertigung eines Fehlerboards zur Evaluierung von Röntgenanlagen für die Elektronikfertigung

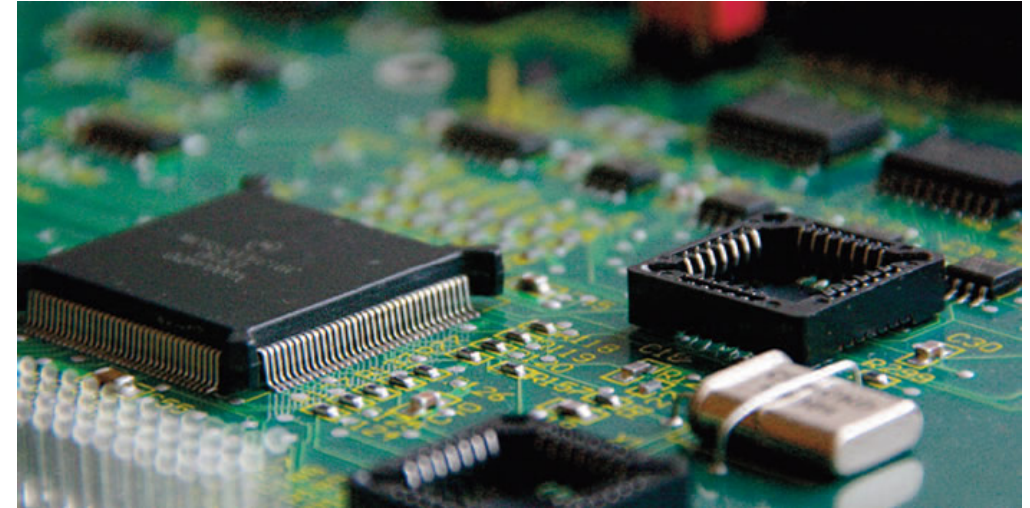
Victoria Constance Köst

77. Treffen des Sächsischen Arbeitskreises Elektronik-Technologie

08.12.2021

# Motivation

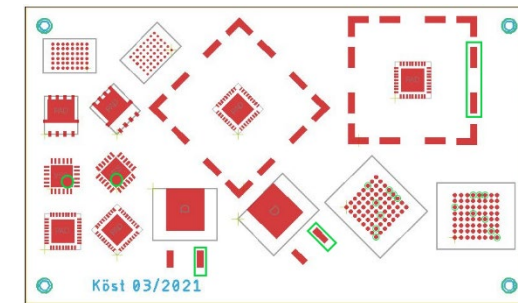
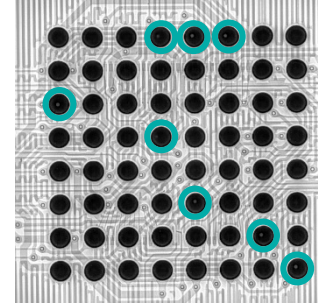
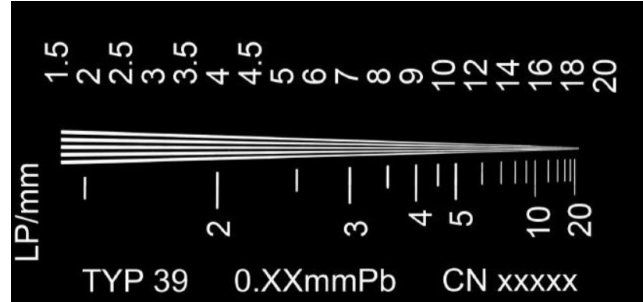
- Trends in der Elektronikfertigung:
  - Kleinere Bauteile
  - Verdeckte Strukturen
  - Doppelseitige Bestückung ...



Quelle: <http://www.hw-wagner.de/de/smd-baugruppen.htm>

- Prüfen der Baugruppen mit optischen Systemen allein nicht möglich
  - Röntgen-Inspektion notwendig
- Evaluierungsmöglichkeiten für die Röntgen-Inspektion
  - anhand einer Fehlerbaugruppe wünschenswert

# Agenda



Röntgen-  
technologie

Testkörper

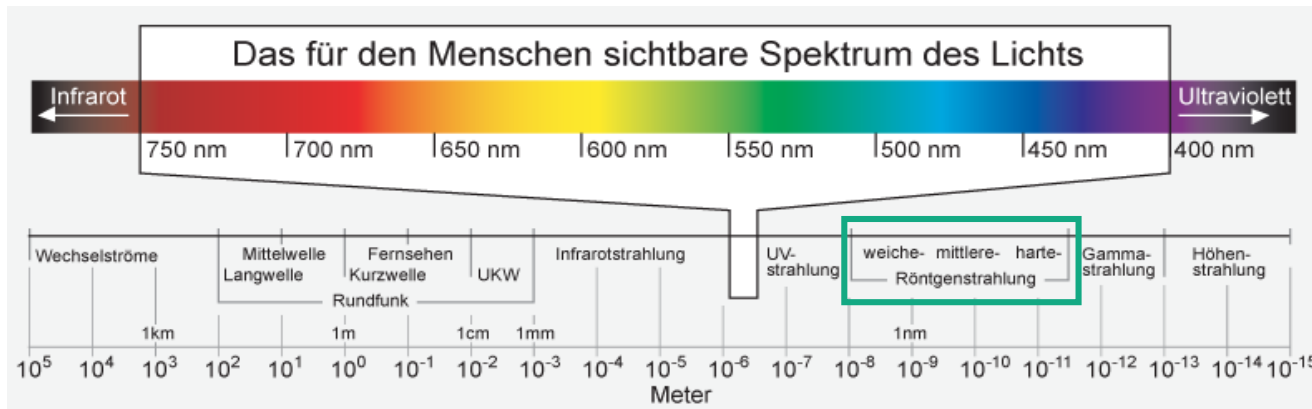
Manipulation  
BGA

Manipulation  
Baugruppe

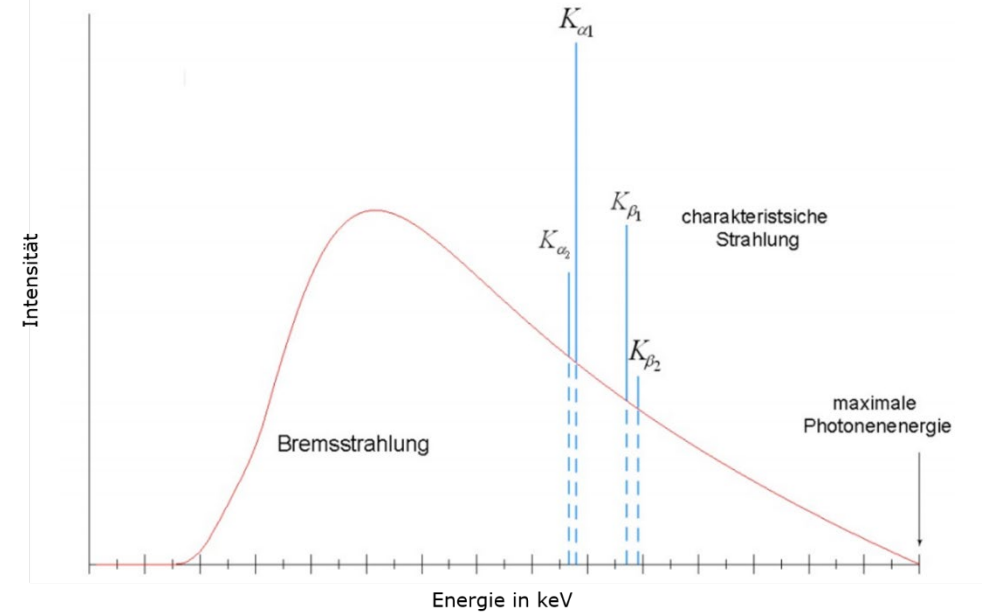
# Grundlagen Röntgentechnologie

# Grundlagen Röntgentechnologie

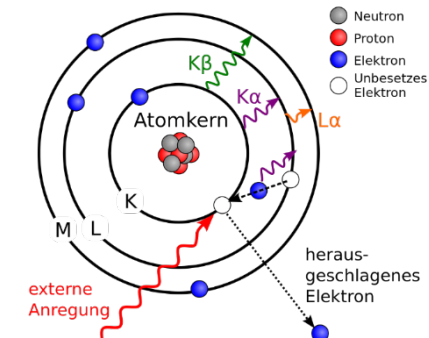
- Elektromagnetische Wellen ( $10^{-9} - 10^{-12}$  m)
- Entstehung durch Abbremsen beschleunigter Elektronen auf Target
- Unterscheidung - Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung



Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Spektrum\\_v1.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Spektrum_v1.png)



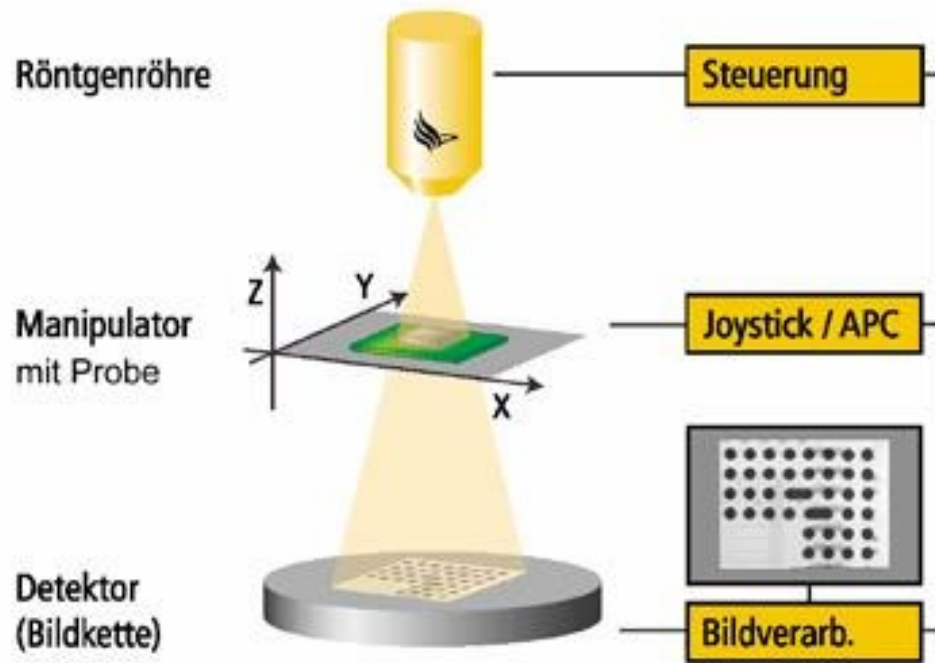
Quelle: Hirzberger, Daniela:  
Beurteilung der zeitlichen Veränderung von Röntgensystemen für die Mammographie mittels Halbwertschichtdicke und Röntgenspektren



Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgenstrahlung>

# Grundlagen Röntgentechnologie

## Prinzipaufbau Röntgen-Mikroskop (Senkrechtdurchstrahlung)



Quelle: Fa. GE Sensing & Inspection Technologies GmbH / phoenix-x-ray®

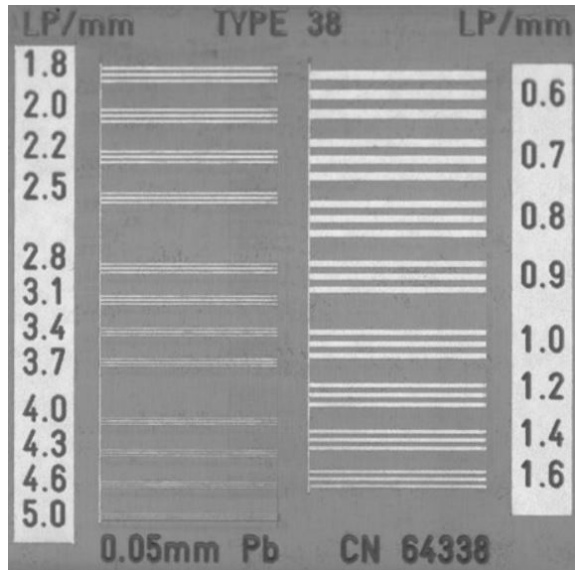
## Anlagenfoto



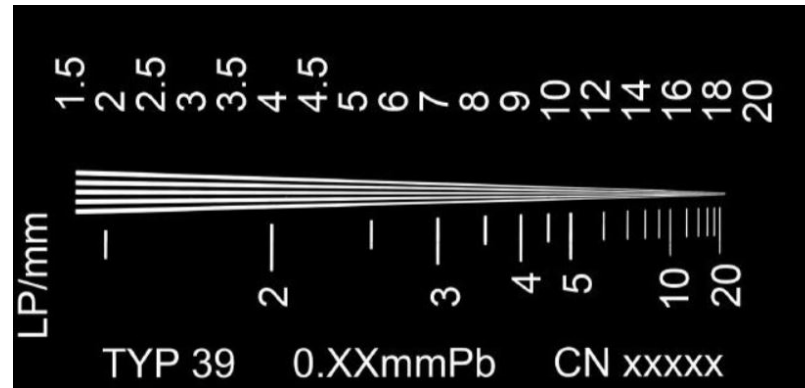
# Röntgenprüfkörper- Röntgentechnik

# Röntgenprüfkörper - Röntgentechnik

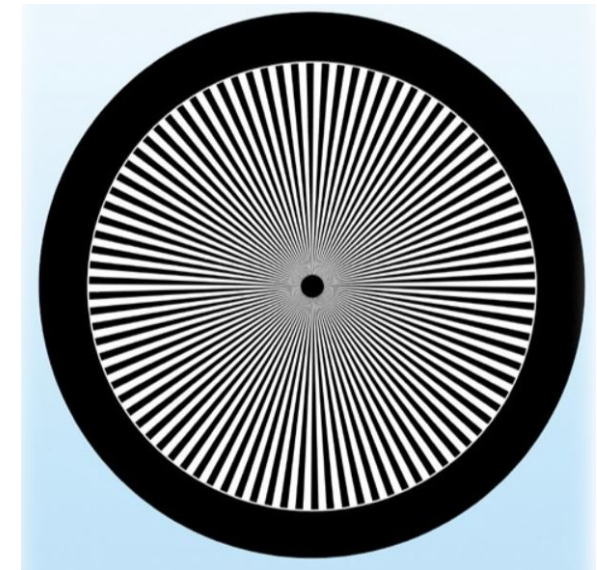
- Röntgenprüfkörper (für Senkrechtdurchstrahlung)
- Meist einfache Strukturen zur Prüfung von Auflösung, Brennfleckdurchmesser



Linienpaartest



Besentest

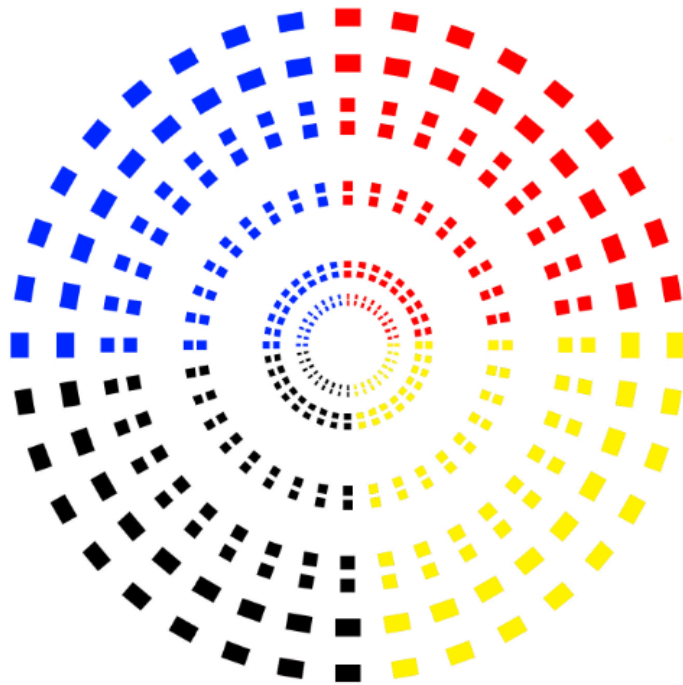


Brennflecktest

Quelle: <https://quart.de/produkte/pruefkoerper>

# Evaluationsboards - Röntgentechnik

- Testboards enthalten typische elektronische Bauelemente
- Beispiel Aufbau am Testboard von Göpel



Quelle: Göpel electronics

- Ca. 800 Bauelemente in verschiedenen Orientierungen
- Vorlage für Bauelementauswahl dieser Arbeit

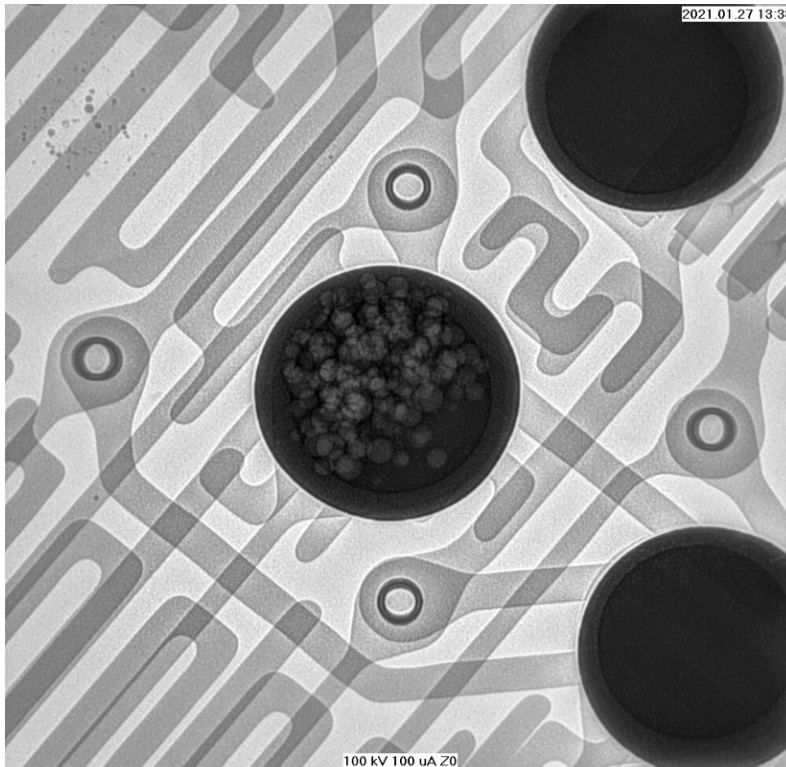
Merkmal	Farbe
Lotvolumen 0%	
Lotvolumen 25%	
Lotvolumen 50%	
Lotvolumen 100%	
Lotvolumen 125%	
Kurzschluss	

# Entwicklung Fehlerbaugruppe

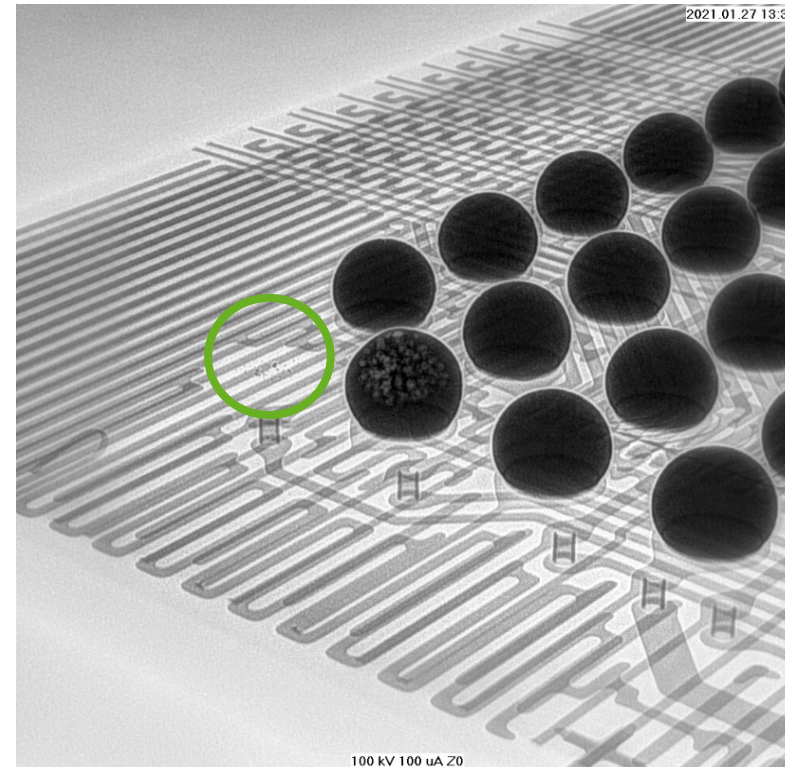
## BGA - Manipulation

# Lasermanipulation

- Führt bei gleichen Einstellungen zu nicht reproduzierbaren Ergebnissen



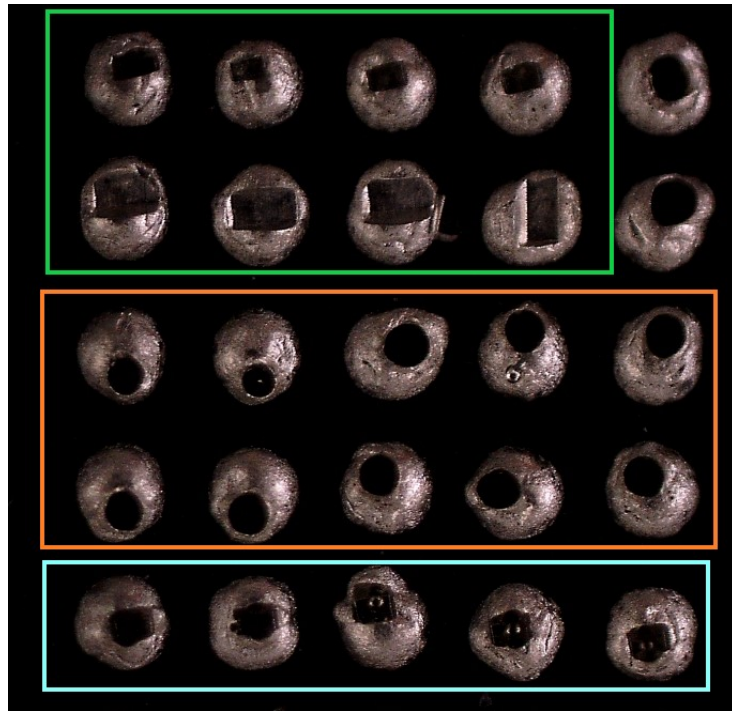
Oberfläche wirkt angeraut



Ball (links außen) völlig zerstört

# Manipulation mit xyztec Sigma Lite

- Eindrücken der BGA Balls mit einem Sheartool (100  $\mu\text{m}$  breit)



# Reflow-Ofen

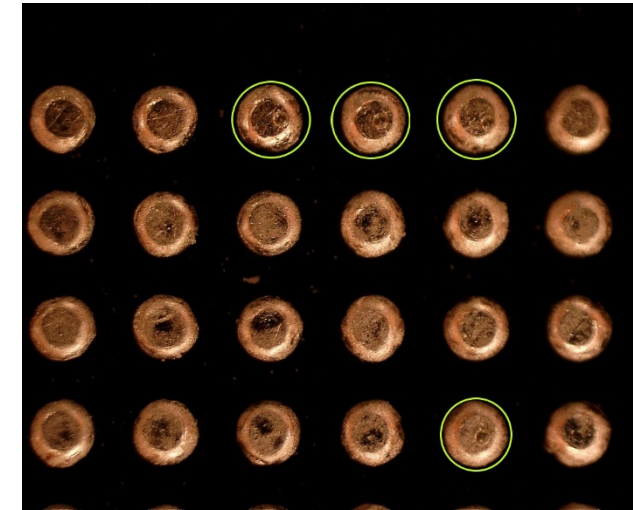
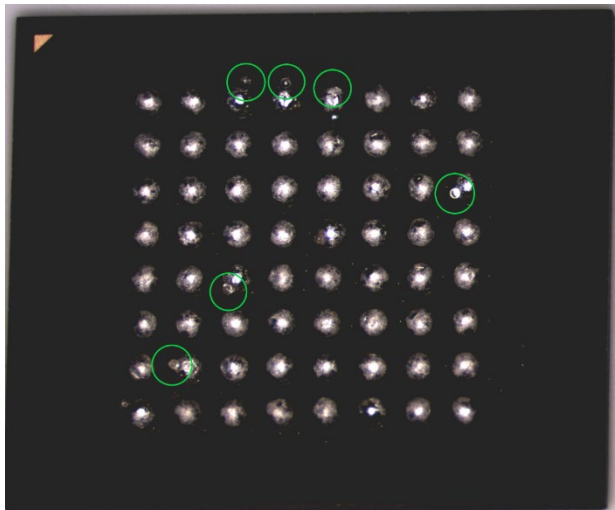
## Umschmelzen von Bauteilen

1. Mit Glaskugeln

2. Mit zusätzlichem Gewicht

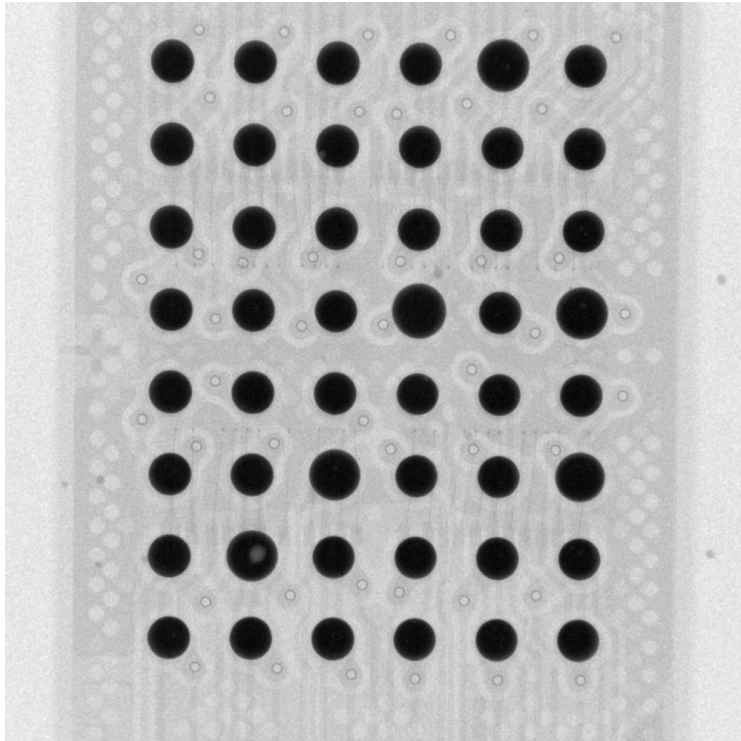
- mit Keramikplatte (ca. 2g)

- plane Fläche auf Balls

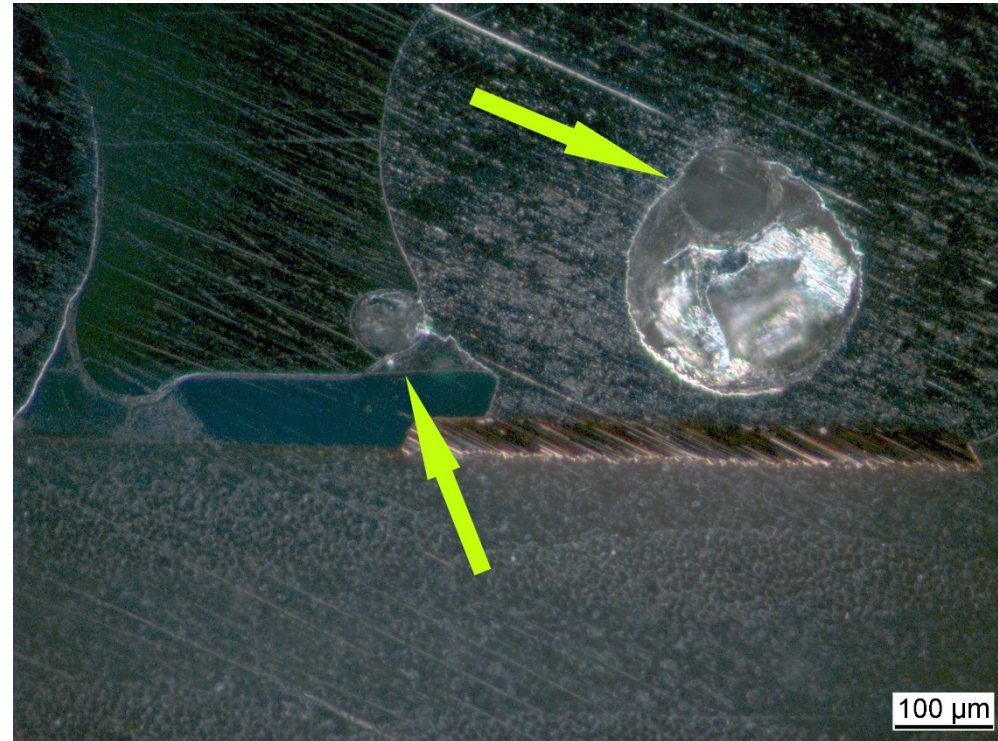


# BGA Manipulationen

Vergrößerte BGA Balls

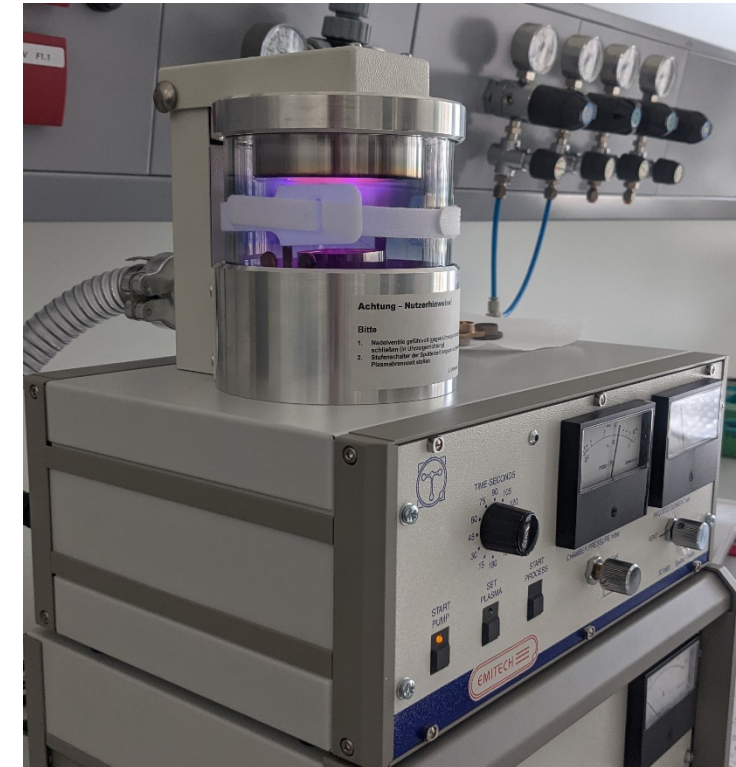
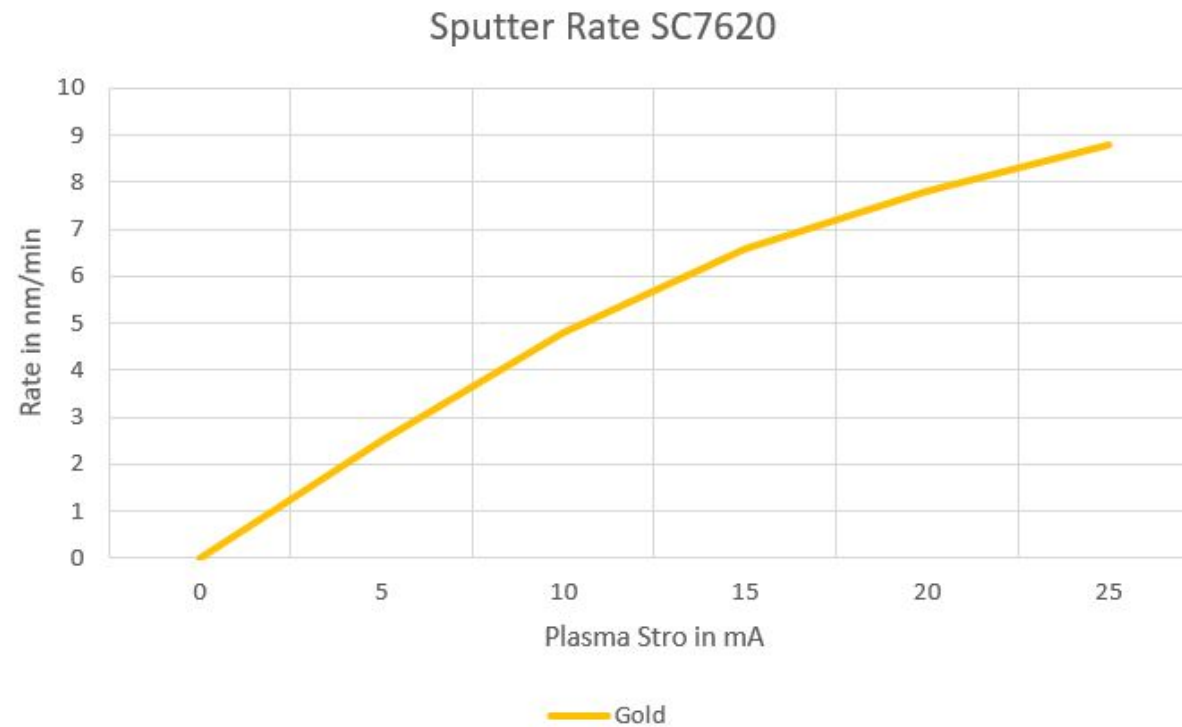


Glaskugel in Void & neben dem Ball



# Sputtern

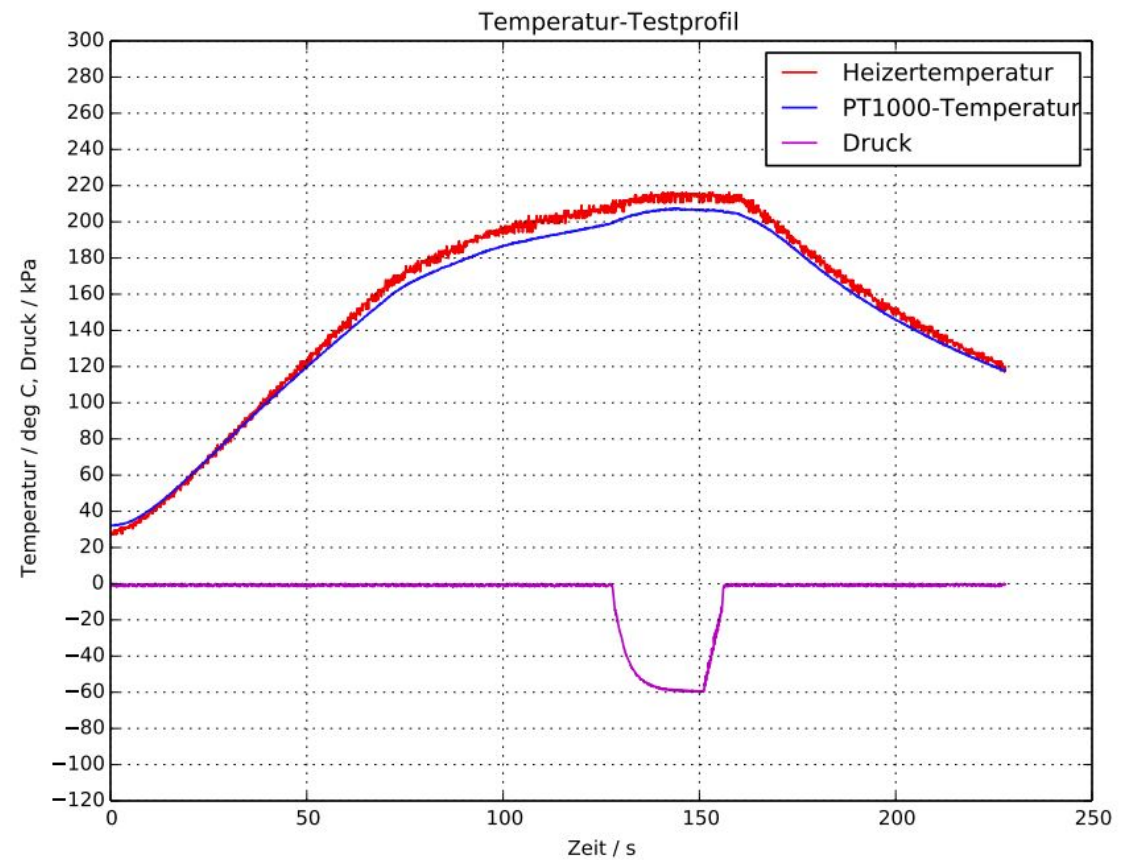
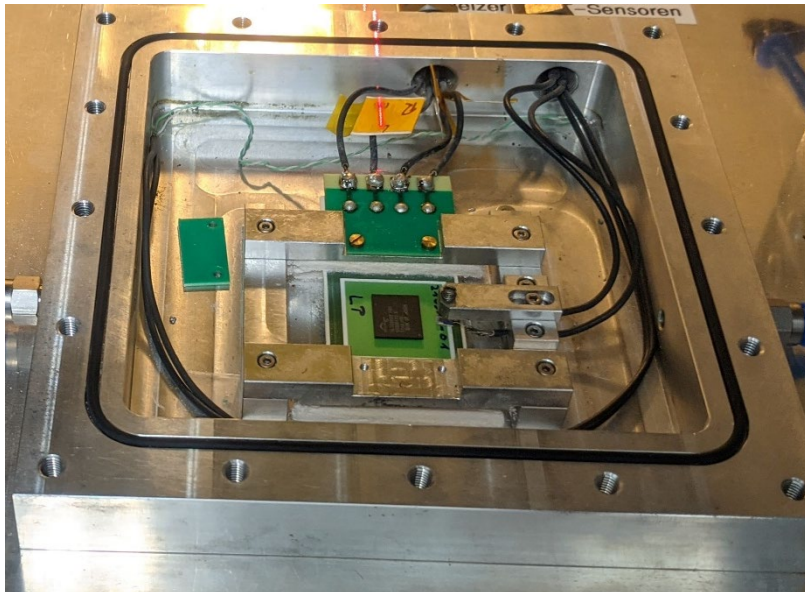
- 3 x 3 min (15 mA) → Schichtdicke ~ 20 nm



Anlagenfoto

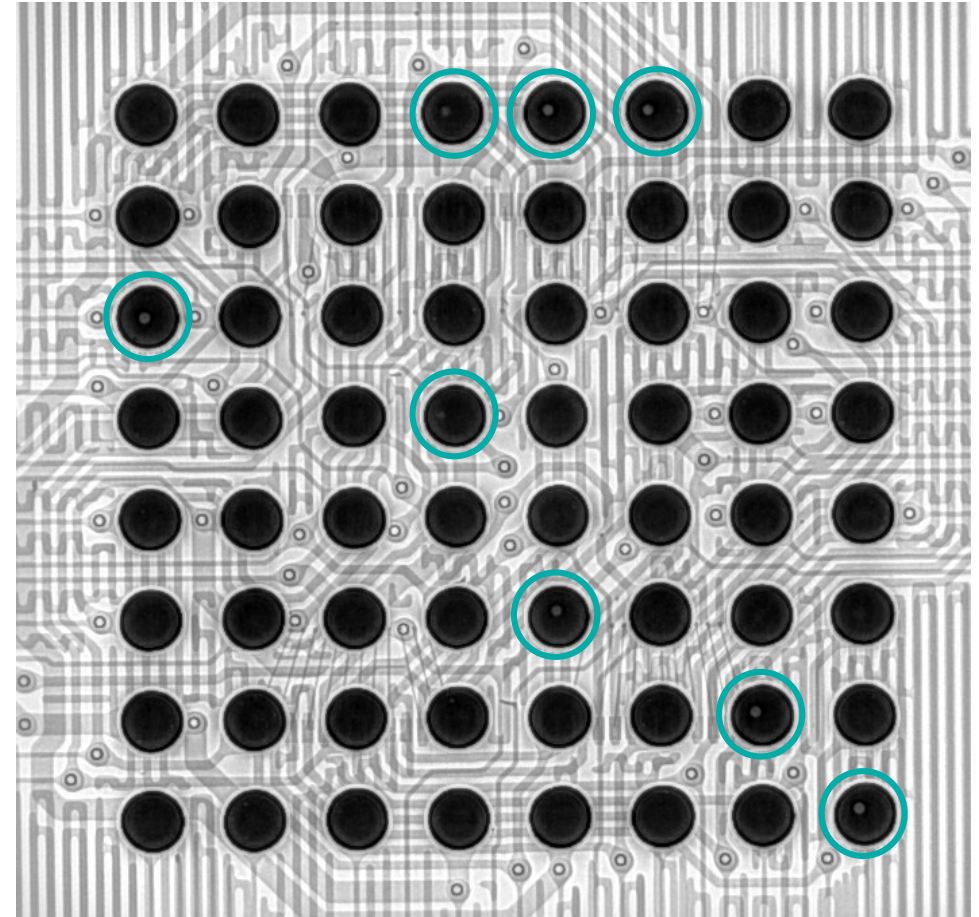
# In-Situ Löten

Bauteil in In-Situ Kammer & Lötprofil mit Vakuum



# Versuchsaufbauten BGA - Ergebnisse

- 8 BGA Balls gebohrt und mit Glaskugel gefüllt
- Lotpastendruck: KOKI Paste (100  $\mu\text{m}$ )
- Lötverfahren: In-Situ (Vakuum: - 60 kPa, ca. 10 s)
- Alle Kugeln enthalten
  - Voids in Röntgenaufnahme sichtbar
  - Definierte Durchmesser (96-105  $\mu\text{m}$ )



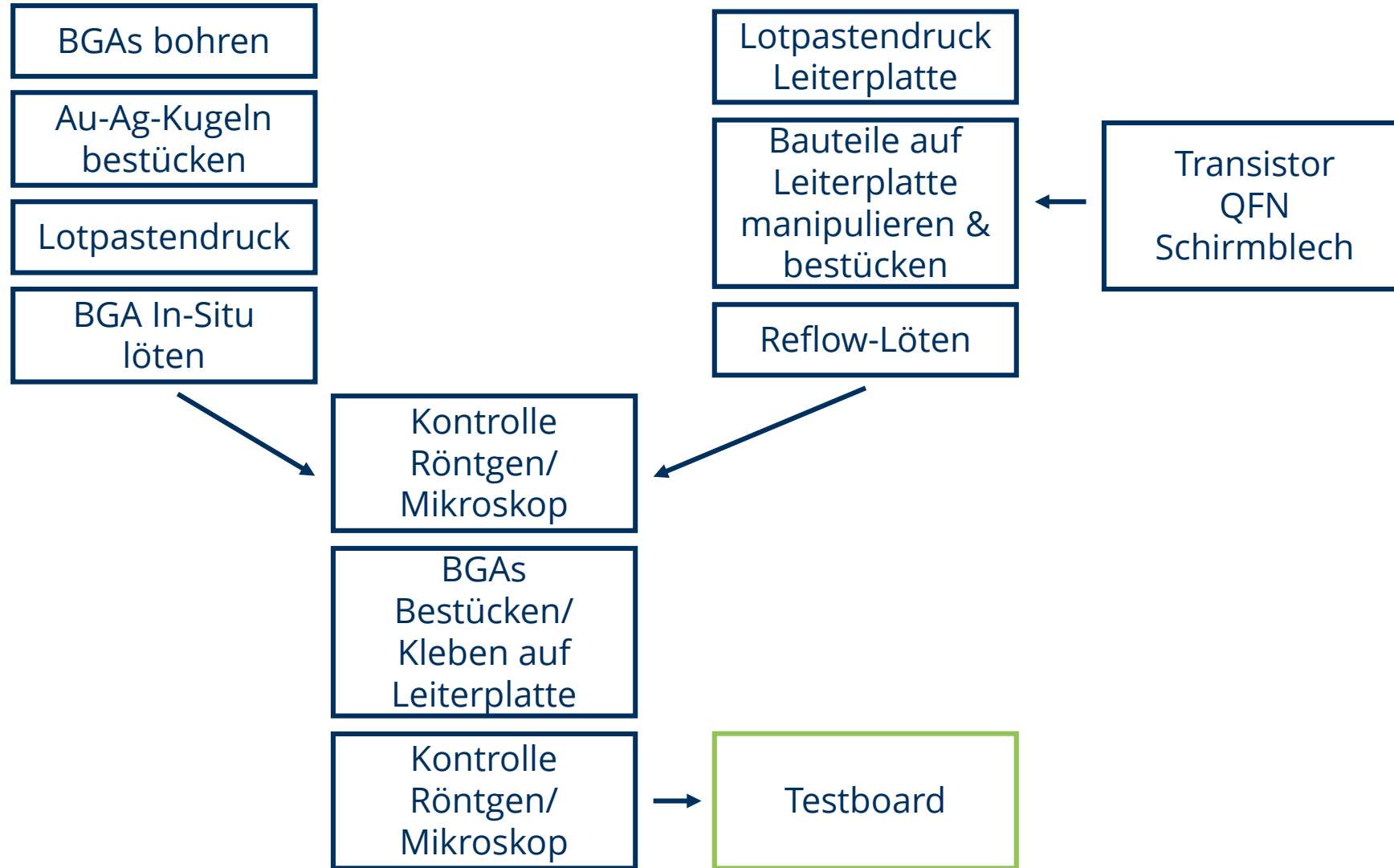
# Manipulation Baugruppe

# Auswahl Bauelemente

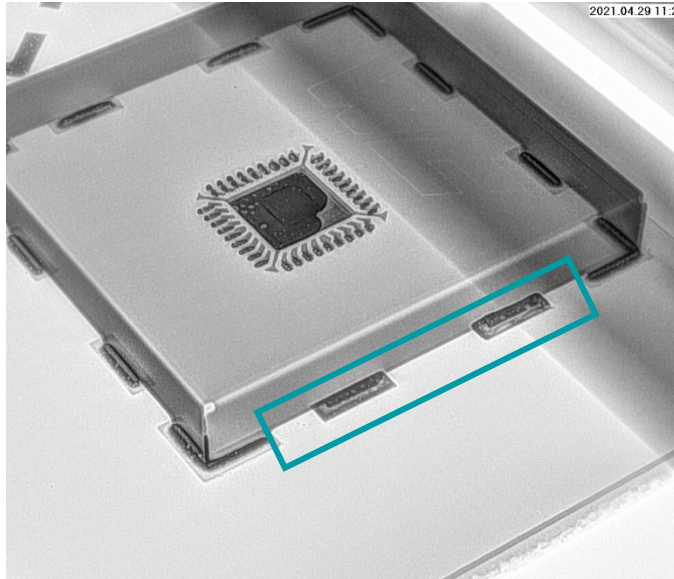
Typ	Bauform	Bemerkungen
Transistor	DPAK TO-263AB	
IC	TDSON8	
IC-QFN	QFN36P05	Pitch 0,5 mm
IC-QFN	QFN24P065	Pitch 0,65 mm
IC	BGA64P10	Pitch 1mm
IC	BGA64 P05	Pitch 0,5 mm
IC	BGA48P08	Pitch 0,8 mm
Schirmblech	Würth Elektronik – 36903205S	20 mm x 20 mm

Markierte Bauelemente wurden für den Aufbau der Leiterplatte genutzt

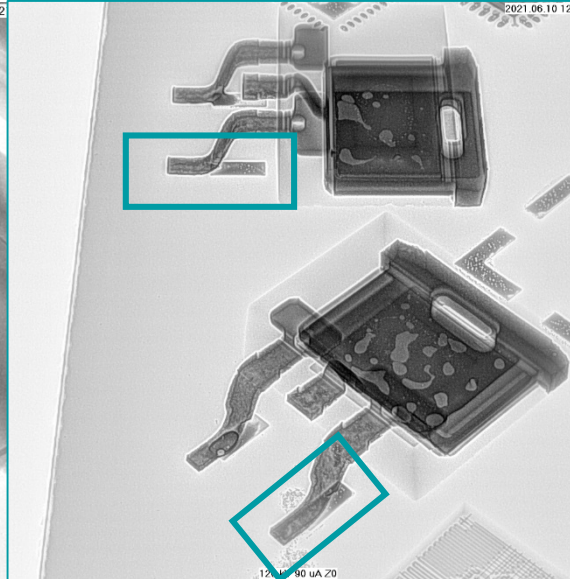
# Manipulation Baugruppe - Manipulationsschema



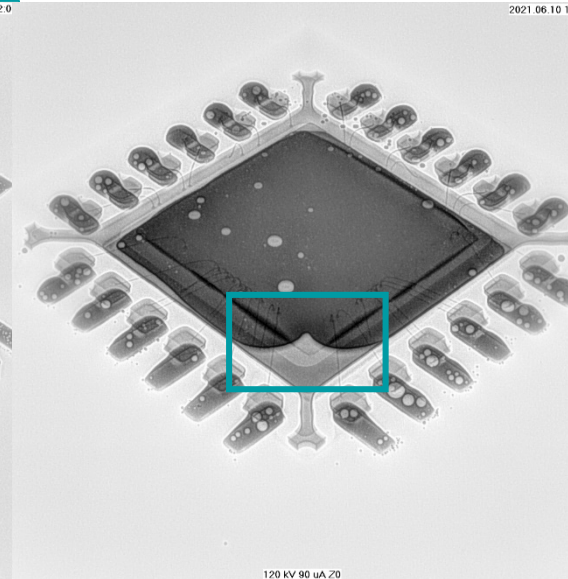
# Manipulation Baugruppe - Manipulationsvarianten



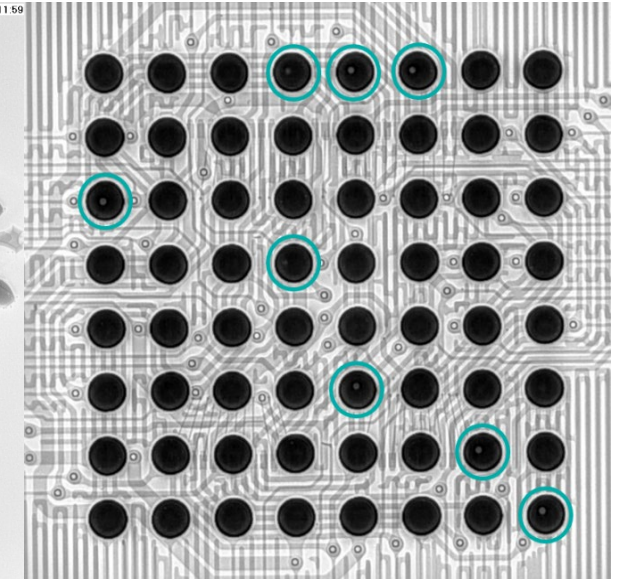
Schirmblech mit Alufolie manipuliert



Transistor TO-263 mit Alufolie manipuliert



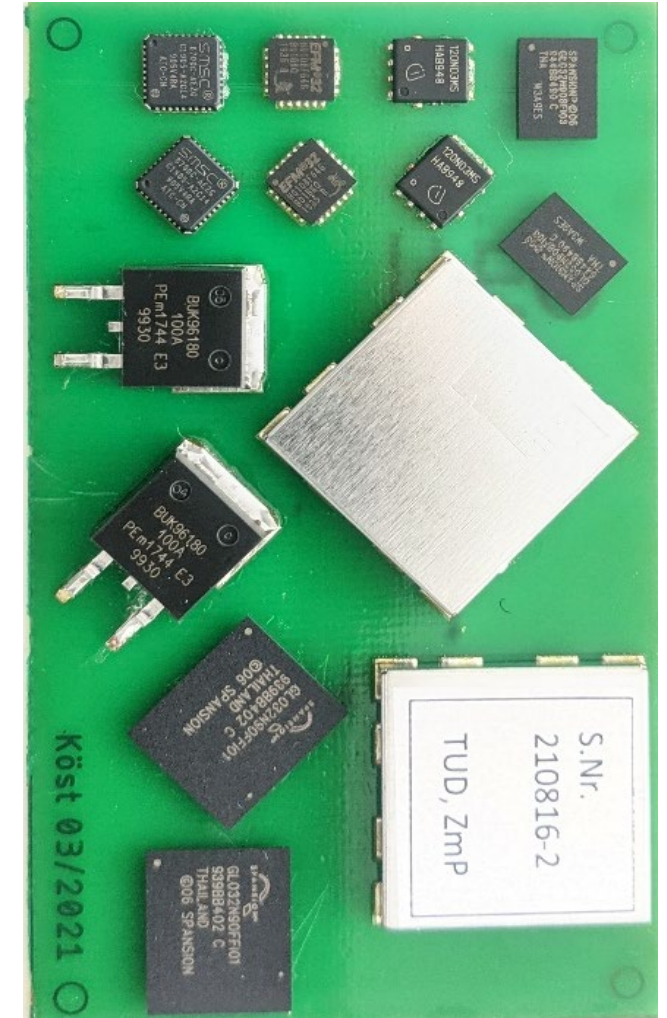
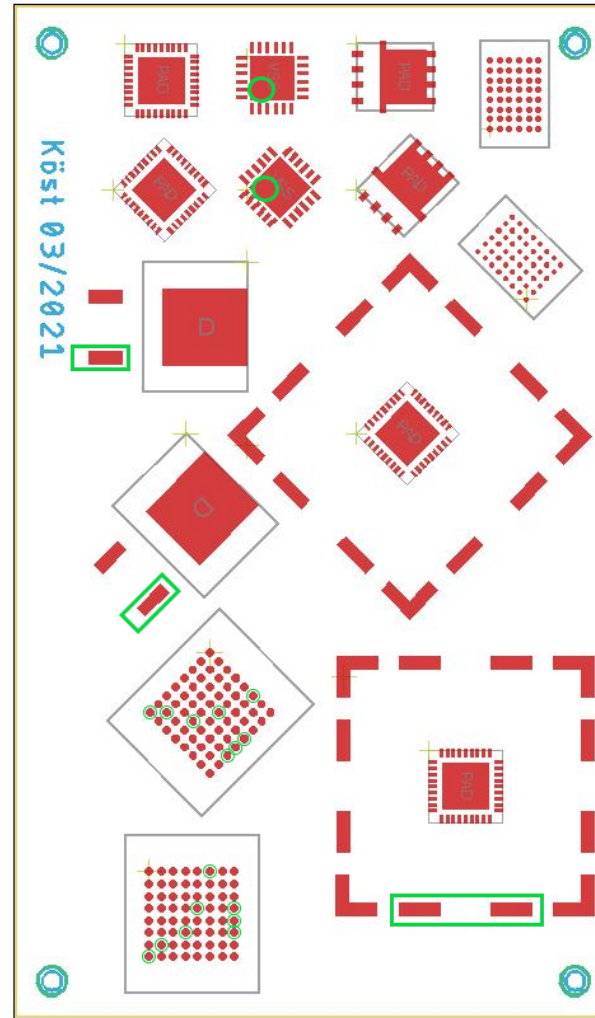
QFN24 mit Glaskugel angekippt



BGA64 mit Glaskugeln (Voids)

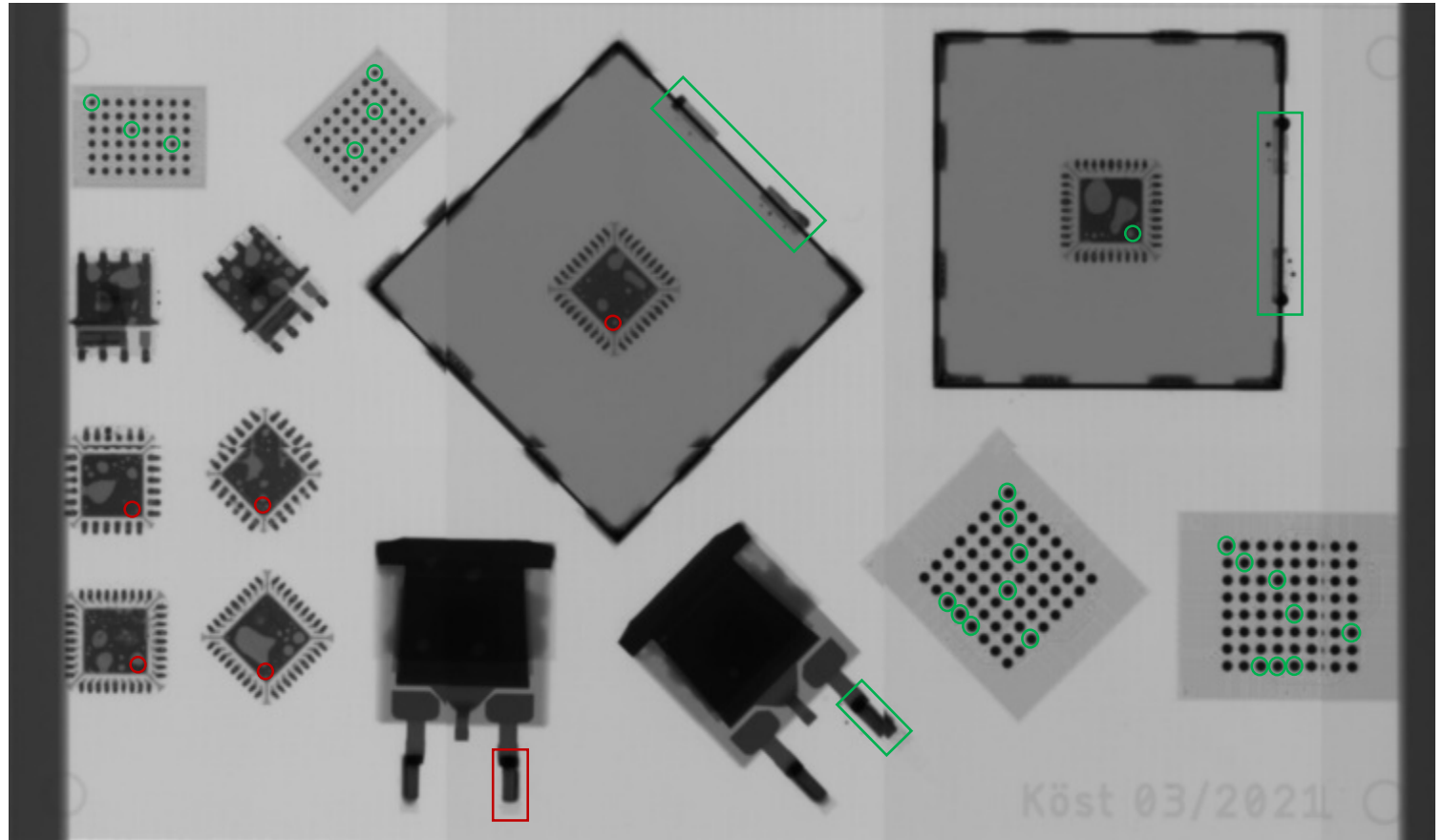
# Manipulation Baugruppe - Ergebnisse

- Manipulierte Bauteile markiert
- Zu kurze Alufoliestreifen → kein Halt
- QFN durch Glaskugeln (unter einer Ecke) angekippt
- BGAs geklebt – zuvor kein Lotpastendruck → zweites Aufschmelzen verhindern



# Leiterplatte - Übersicht

- Manipulierte Bauteile hervorgehoben:
- rot: Fehler nicht erzeugt
- grün: Fehler erzeugt



# Zusammenfassung & Ausblick

# Zusammenfassung & Ausblick

## Manipulation BGA

- Bohren → (Doppelt-) beschichtete Glaskugeln bestücken → In-Situ Löten (unter Vakuum)

## Manipulationen weiterer Bauelemente

- Alufolie → keine Verbindung zwischen BE und Pad (Transistor und Schirmblech)
- Kugeln unter QFNs und anderen flächigen BE führt zum Kippen
- Keil unter BGA (schräg stellen) → „Kissing Ball“ (nicht auf Leiterplatte enthalten)
- Ergebnis: Leiterplatte mit definierten Fehlerstellen zur Evaluation von Röntgen-Inspektionssystemen

## Ausblick

- Aufbau komplexerer Schaltungen
  - Evtl. bereits existierende Schaltungsentwürfe manipulieren
- Elektrische Funktionen nutzen (Prüfmöglichkeiten einbauen)
- in Anlehnung an Göpel Testboard → Manipulation der Druckschablone für weitere Fehlerbilder
  - Aufstellen von SMD Bauteilen (Tombstone-Effect)
  - Kurzschlüsse (durch Drucken)

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

# Göpel Testboard - Schablone

SMD- Bauteile und  
Durchsteckelemente (Sockel)

Ca. 800 Bauelemente

Merkmal	Farbe
Lotvolumen 0%	
Lotvolumen 25%	
Lotvolumen 50%	
Lotvolumen 100%	
Lotvolumen 125%	
Kurzschluss	

Quelle: Göpel electronics

