



## Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen – Prüfmethoden aus OEM-Sicht

FED Regionalgruppe Berlin/Hamburg, November 2019



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen - Prüfmethode aus Sicht eines OEM

## INHALT

### Elektronik im Fahrzeug

Fehlerbilder und Grenzen von visuellen Prüfmethode

Fehlerbilder und Grenzen der Röntgendiagnostik

Alternative Prüfmöglichkeiten

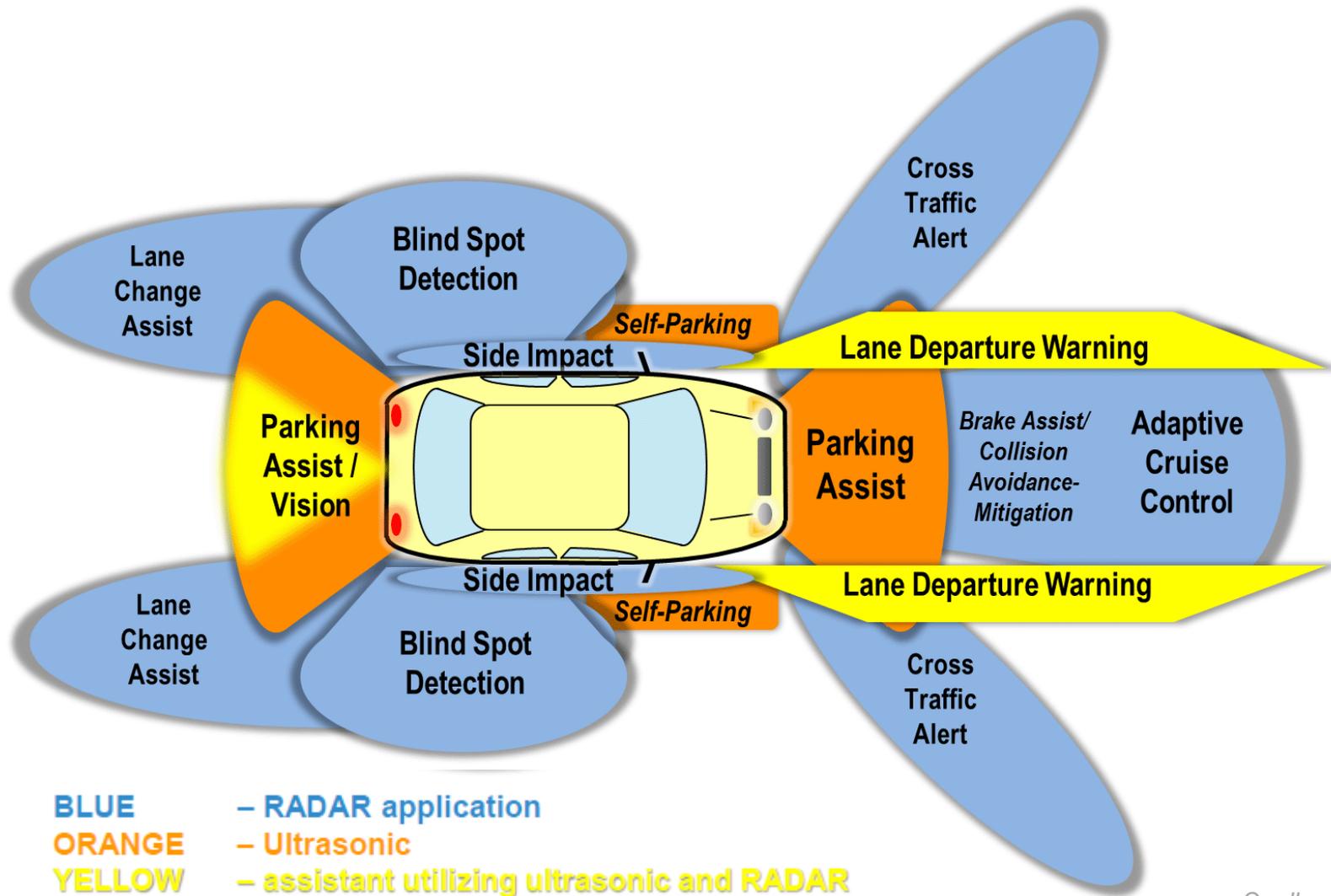
Zusammenfassung





# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Kameras und Sensoren an einem VW



Quelle: Analog Devices



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Anforderungen an Elektronik im Fahrzeug

- Elektromobilität
  - signifikant höhere Anforderungen durch Hochvolt, Hochstrom, Leistung
  - Werkstoffverhalten in den Batteriezellen hinsichtlich Wechselwirkung von Verbindungen und Elektronik mit der Umwelt
- gesetzliche Forderungen nach
  - Unterstützung von Sicherheit und Komfort → Fahrsicherheits-, Fahrerassistenzsysteme
  - höherer Energieeffizienz
  - Umweltverträglichkeit
- Kundenwünsche hinsichtlich mobiler Kommunikation und Vernetzung
- vernetzte Architektur von Elektronikkomponenten, insbesondere Sensoren
  - zunehmende Komplexität
  - zunehmende Verknüpfung innerhalb des Bordnetzes
  - Wechselwirkung und Einfluss auf das System bezüglich Funktion und Energiehaushalt
- zahlreiche innovative Funktionen und Technologien sind Consumer–Elektronik getrieben
  - daher häufig nur nicht automobil konforme Bauelemente am Markt verfügbar, die zudem einen sehr kurzen Produktionszeitraum besitzen

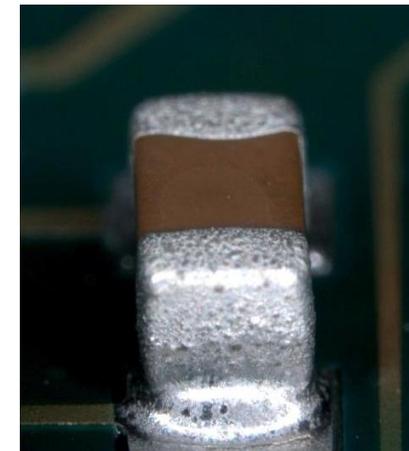
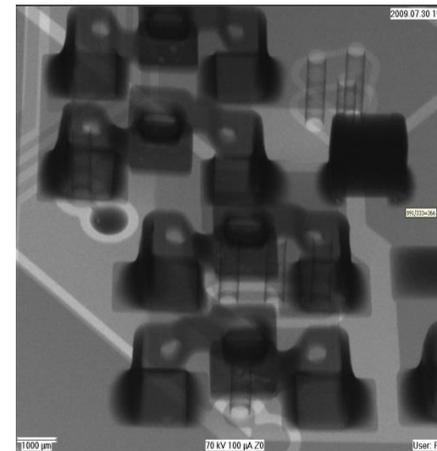
# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Elektronik – ein Black-Box-Bauteil?



- ~~Minor Change – Obliegenheit des Tier1~~
- ~~Major Change – Abstimmung zw. OEM & Tier1~~
- ~~⇒ Deltaerprobung nach Vorgabe Tier1~~

PCN - Anzeigepflicht des Tier 1  
 Abstimmung zw. OEM & Tier 1 nach VW82240  
 ⇒ Deltaerprobung



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Bewertung von Bauteilen in der VW 80808

### VW 80808 – Elektronische Bauelemente und Baugruppen in elektrischen und elektronischen Komponenten in Kraftfahrzeugen bis 3,5 t – Teil 1 & 2

- Allgemeine Anforderungen, Änderungsmanagement und Analysenorm
- Allgemeine Anforderungen an den Einsatz elektronischer Bauelemente
- Bauelement Chip-Technologien
- Aktive Halbleiterbauelemente
- Passive Bauelemente
- Schaltungsträger
- Baugruppen
  - Anforderungen an das Produkt
  - Anforderungen an den Fertigungsprozess
    - Löttechnologie
    - Drahtbondtechnologien
    - Einpresstechnologie
    - Nacharbeit und Reparatur
    - Nutzentrennung von Baugruppen
    - Reinheit von Baugruppen
    - Beschichtung (Gel, Schutzlack oder Verguss) von Baugruppen
  - Leistungsmodule

# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Fehlerklassifizierung / Dokumentation in Prüfberichten

### VW 52000 - Werkstoffliche Bemusterung (Neuteile aus Metall, Polymer oder für Betriebsstoffe)

- Werkstoffauswahl im frühen Entwicklungsprozess
- Anforderungen an den werkstofflichen Qualitätsnachweis
- Werkstoffprüfungen am Bauteil
- Laboreinrichtungen und Prüfstellen
- Werkstoffprüfung – Durchführung
- Dokumentation → Standard-Prüfbericht

Werkstoffliche Bemusterungsleistung (%)	Auswirkung für Lieferanten
≥ 90 (werkstofflich bemusterungsfähig)	in der Regel keine Gegenprüfung durch Volkswagen
< 90 und ≥ 80 (werkstofflich bedingt bemusterungsfähig)	Erstellung eines Verbesserungsprogramms; in der Regel Gegenprüfung durch Volkswagen
< 80 (werkstofflich nicht bemusterungsfähig)	Erstellung eines Verbesserungsprogramms; Prüfung durch externe, akkreditierte Labore; in der Regel keine Gegenprüfung durch Volkswagen



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Fehlerklassifizierung / Dokumentation in Prüfberichten

### VW 80005 - Analyseanforderungen für elektrische und elektronische Komponenten in Kraftfahrzeugen bis 3,5 t

(Anforderungen an die physikalische Analyse von Schadensteilen und Baumustern)

#### TearDown-Prüfbericht / Physikalische Analyse

Befundung	Note			n. b. (nicht betrachtet)	n. a. (nicht angewendet)	Bemerkung
	1	3	6			
Basis Funktionsprüfung						
Gehäuse / Mechanik / Dichtigkeit						
Schaltungsträger / Layout						
Lötverbindungen						
Einpressverbindungen						
Crimpverbindungen						
Interne Steckverb. / Kontaktierung						
Bondverbindungen						
Reinheit Baugruppe						
Beschichtung						

Befundung / Note		Referenz	1	3	6	n. b.
visuell	Lotperlen / Lotspritzer / Lotreste	VW 80808-1				
	Lötstellenanomalien (Überschusslot, Brücken)	IPC-A-610				
	Lötmeniskus am Bauelement	IPC-A-610				
	Benetzung auf Pad	IPC-A-610				
	Bauelemente-Platzierung	IPC-A-610				
	Durchstieg (bei THT)	VW 80808-1				
	Kontakte von THT-Bauelementen verbogen	IPC-A-610				
	fehlende oder lose Bauelemente auf der Baugruppe	IPC-A-610				
Röntgen	Poren	VW 80808-1				
	Metallische Verunreinigungen	VW 80808-1				
	Durchstieg (nur bei THT)	VW 80808-1				
Schliffbild	Meniskushöhe, -ausbildung	IPC-A-610				
	Grenzflächenanbindung, Benetzung	homogen, 100%				
	Intermetallische Phasen	vorhanden, gleichförmig				
	Fehlstellen (Risse, Poren)					

# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen - Prüfmethode aus Sicht eines OEM

## INHALT

Elektronik im Fahrzeug

## Fehlerbilder und Grenzen visueller Prüfmethode

Fehlerbilder und Grenzen der Röntgendiagnostik

Alternative Prüfmöglichkeiten

Zusammenfassung



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Prüfmethoden für elektronische Baugruppen

### Analysen & Prüfung - Verfahren und Methoden

#### Zerstörungsfreie Prüfung

Fotodokumentation

Elektrische Messung

Signalaufnahme /  
Ansteuerung

Makroskopie /  
Mikroskopie

Radioskopie 2D/3D

#### Zerstörende Prüfung

Metallographie

Rasterelektronen-  
mikroskopie

Elementbestimmung  
(EDX, RFA, ICP-OES)

Mechanische Festigkeit  
von Verbindungen

Stabilität von  
Crimpkontakten

#### Sonstige Prüfmöglichkeiten

Dichtigkeitsmessung

Umweltprüfungen  
(thermisch, mechanisch,  
chemisch)

Thermographie

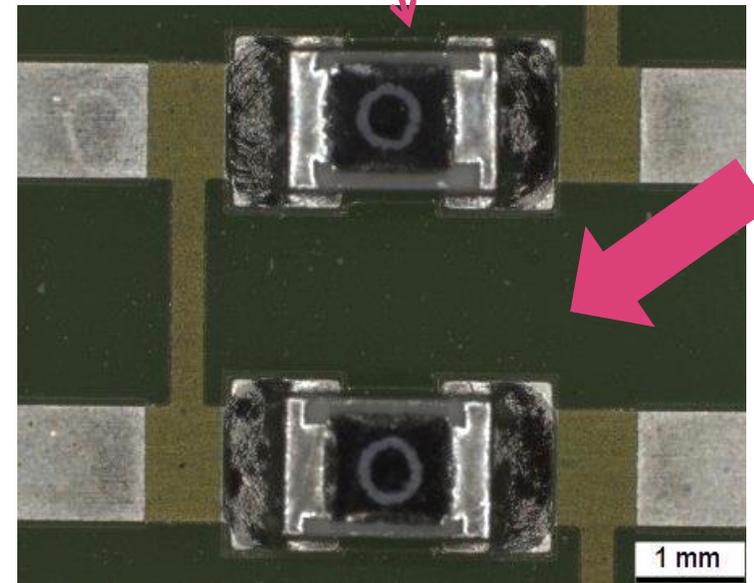
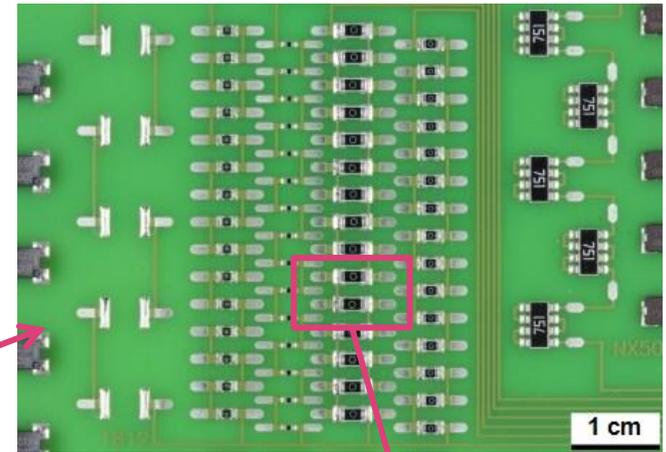
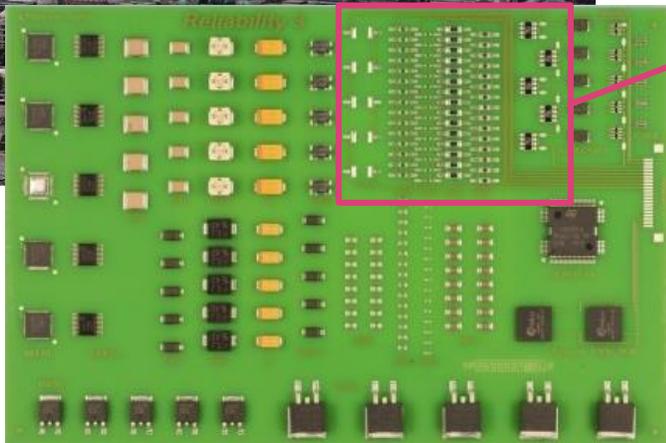
Schichtdickenmessung

Reinheit von  
Baugruppen



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfmethode – welche Vergrößerung?

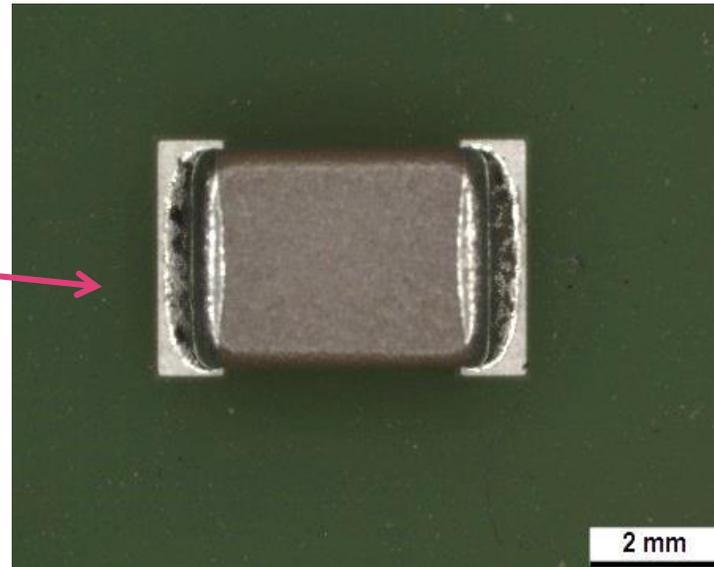
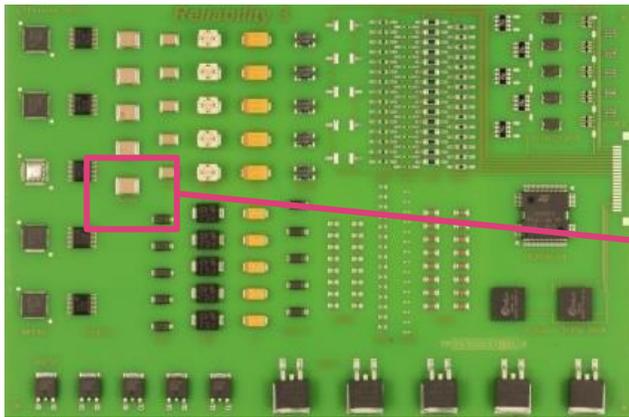


Wie würden Sie die Qualität einer Lötverbindung bewerten?

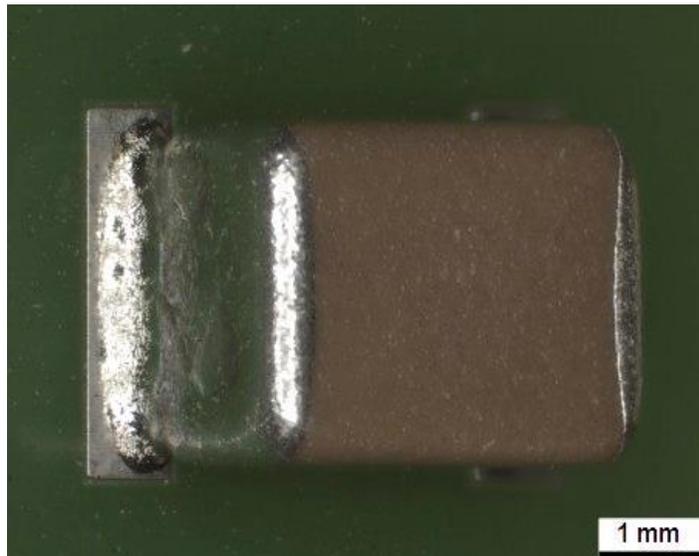


# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfmethoden – welche Ansicht?



Wie würden Sie den Lotanstieg an einem Chipkondensator bewerten und ggf. messen?

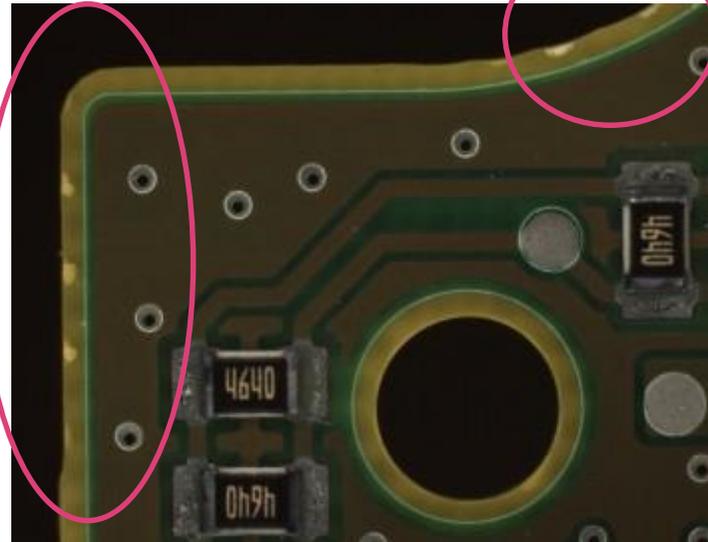
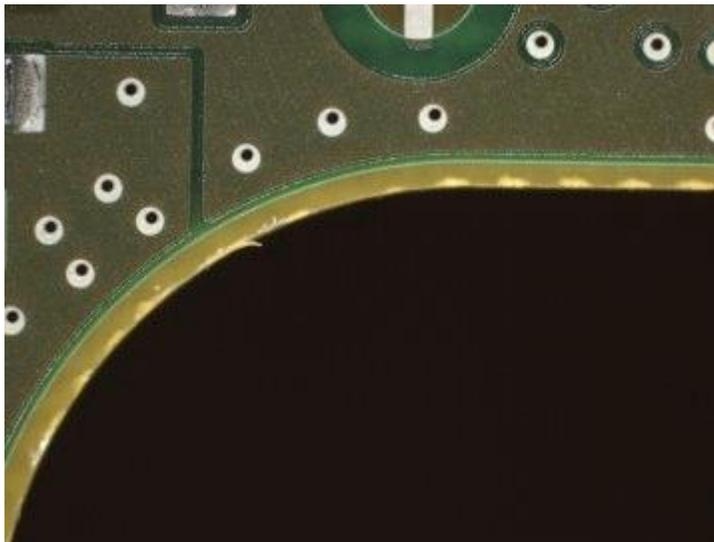
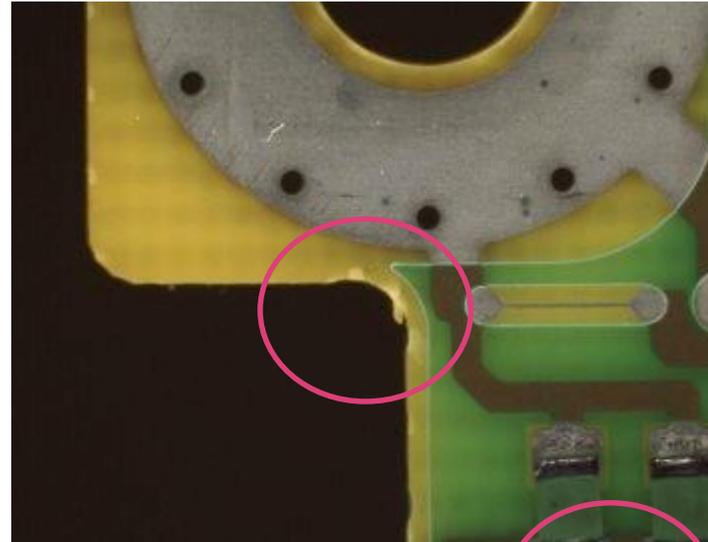
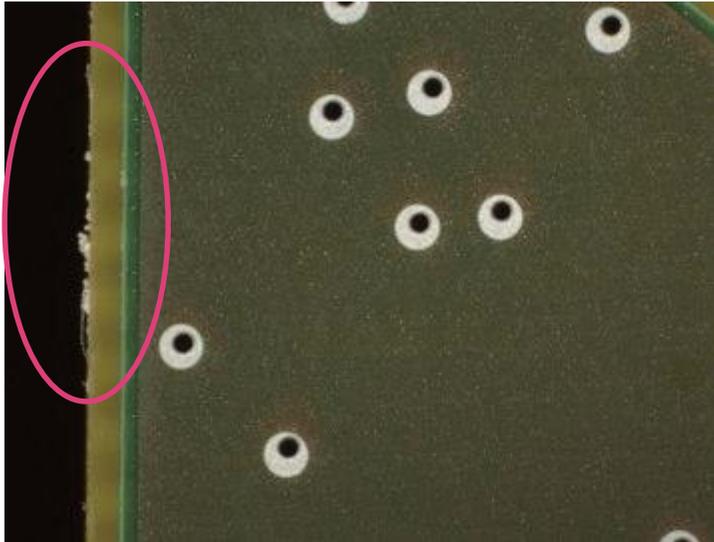


Messung nur  
derart möglich



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfung des Leiterplattenrandes



Würden Sie eine solche Leiterplatte bzw. Baugruppe erkennen und freigeben?

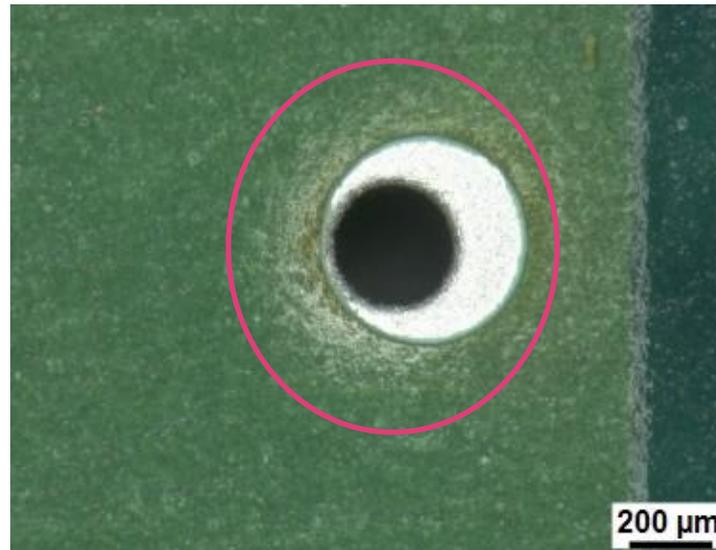
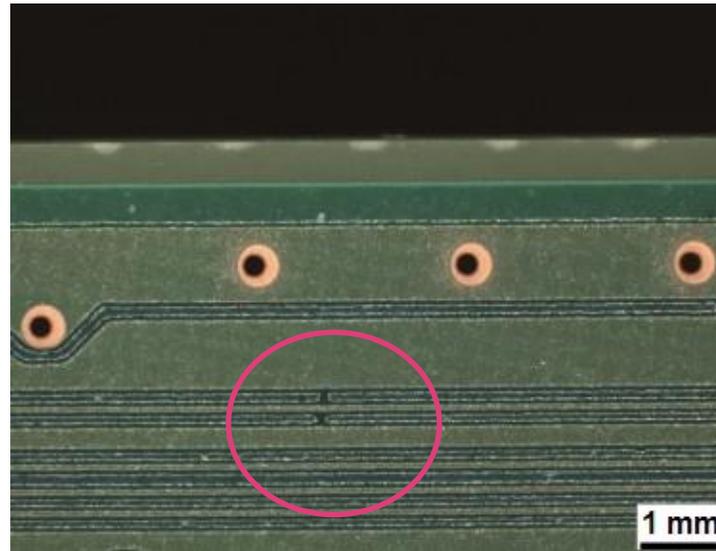
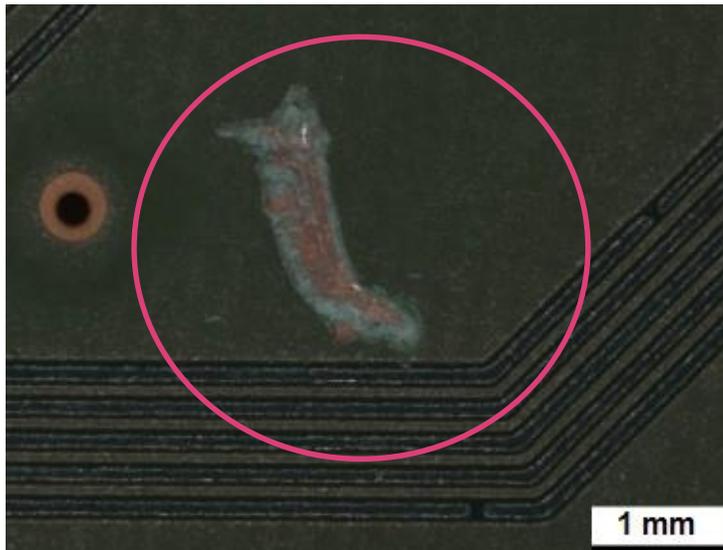
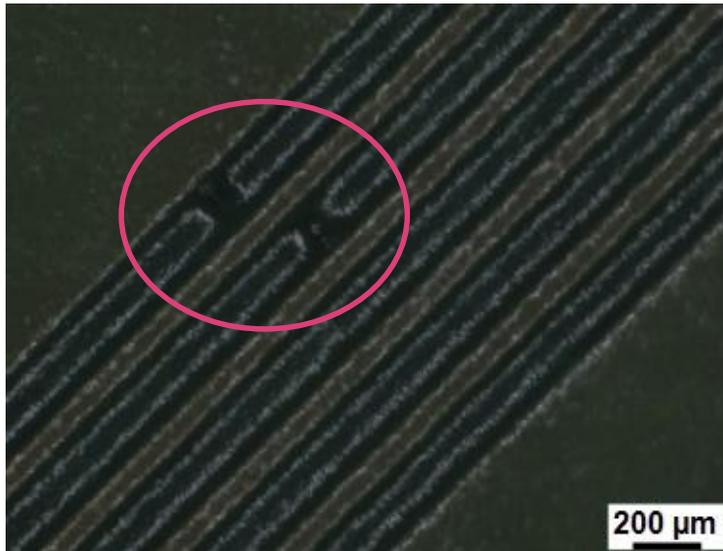


bei VW keine Freigabe mit solchen Kanten (VW80808, IPC-A-600)



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfung der Leiterplattenstrukturen



Würden Sie solche Fehler auf der Leiterplatte bzw. Baugruppe erkennen und freigeben?

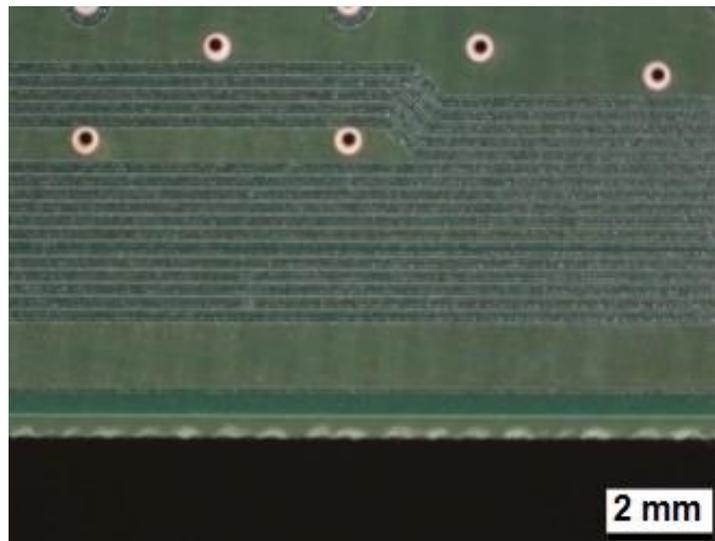
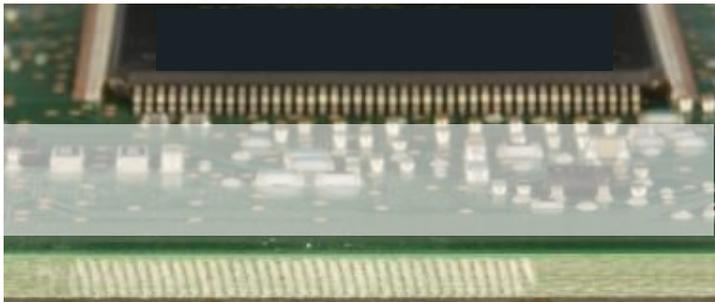


bei VW keine Freigabe mit solchen Fehlern (VW80808, IPC-A-600)



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfung von Fräsergebnissen



Würden Sie solche Ergebnisse vom Fräsen erkennen und an den Kunden weiterleiten?

bei VW keine Freigabe mit solchen Rückständen (VW80808)

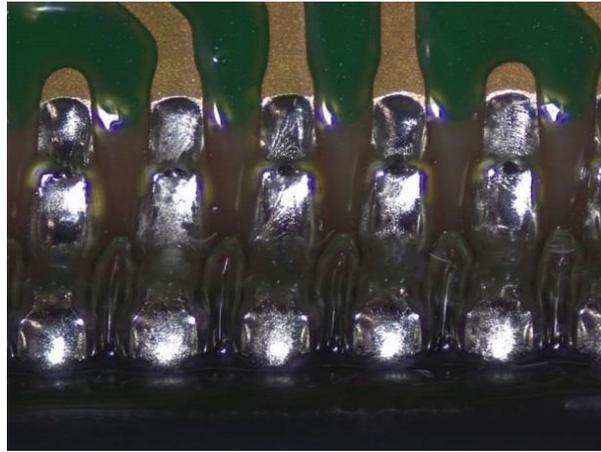


# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

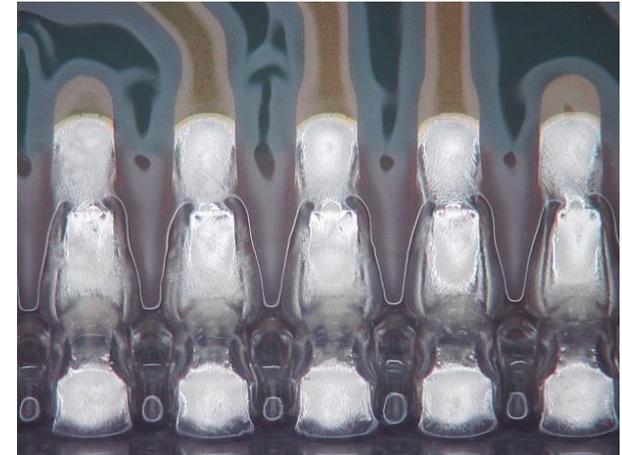
## Visuelle Prüfung einer Schutzlackierung



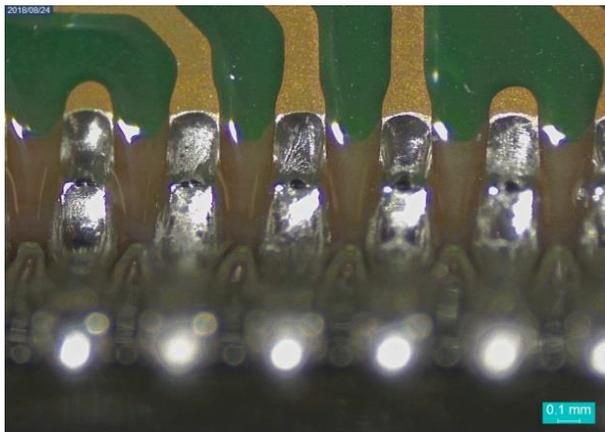
Standardeinstellungen Mikroskop



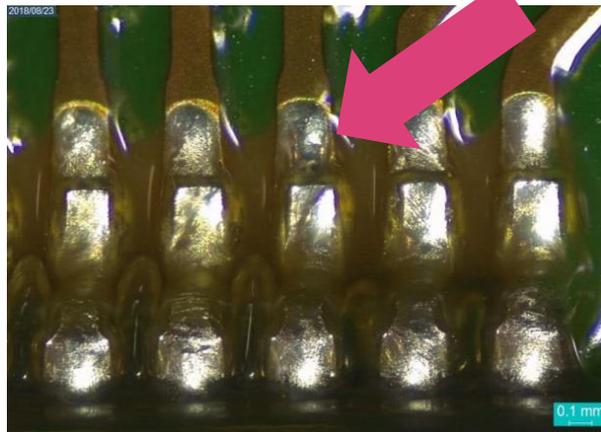
mit Multifokus



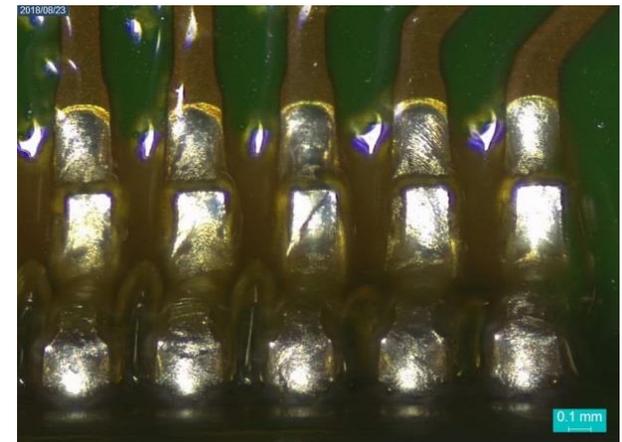
mit „Standard“-Mikroskopbeleuchtung



mit externer Lichtquelle (ohne Multifokus)



mit verschobener externen Lichtquelle (mit Multifokus)



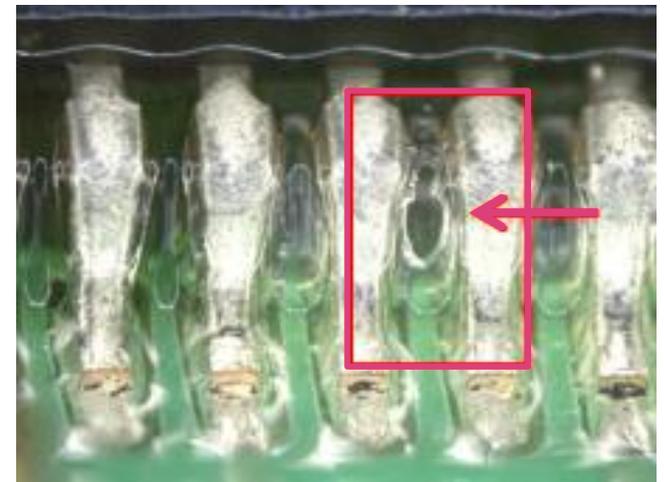
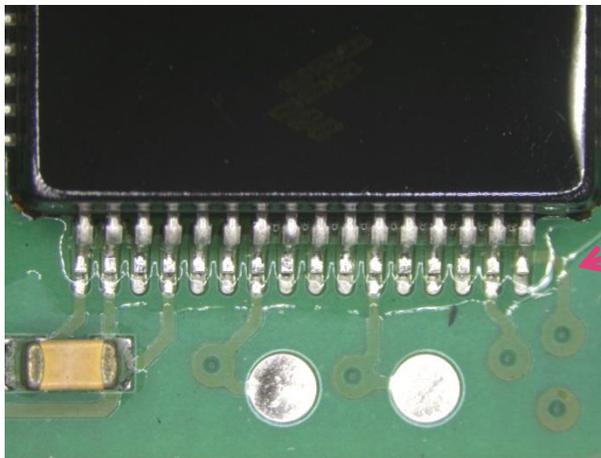
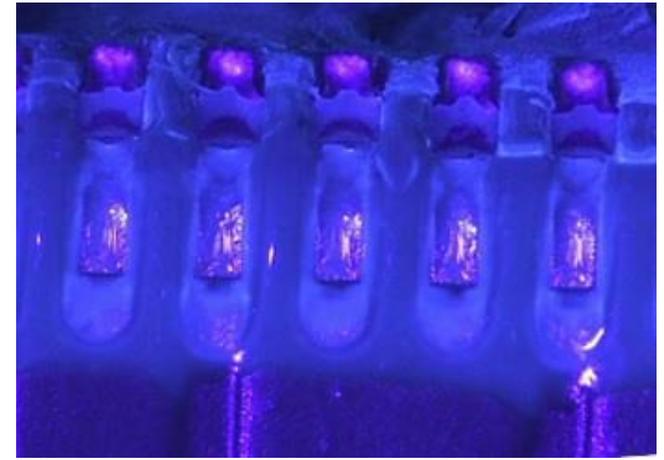
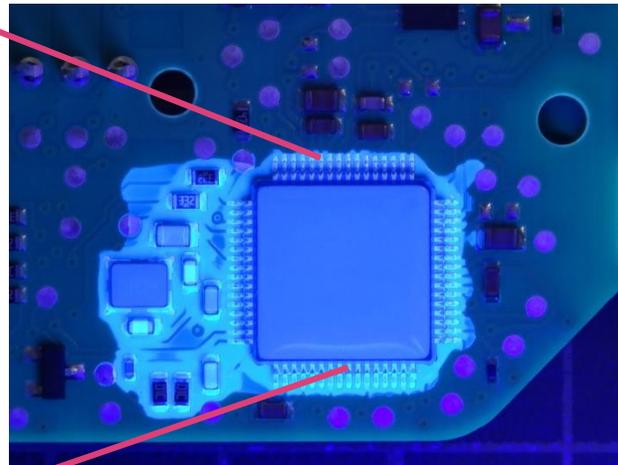
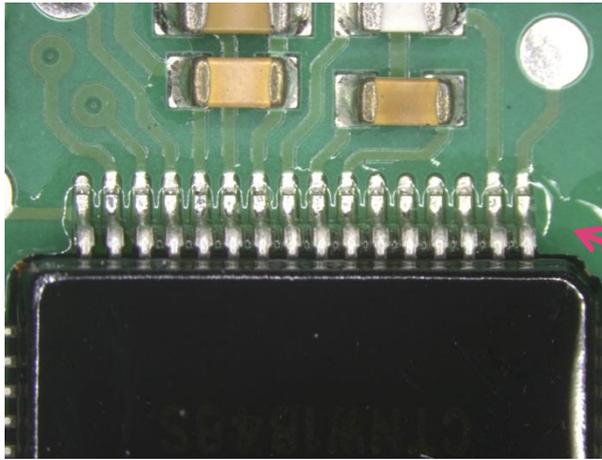
mit geänderter verschobener externen Lichtquelle (mit Multifokus)

Welche Einstellung würden Sie für die Bewertung der Schutzlackierung wählen?



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfung einer Schutzlackierung

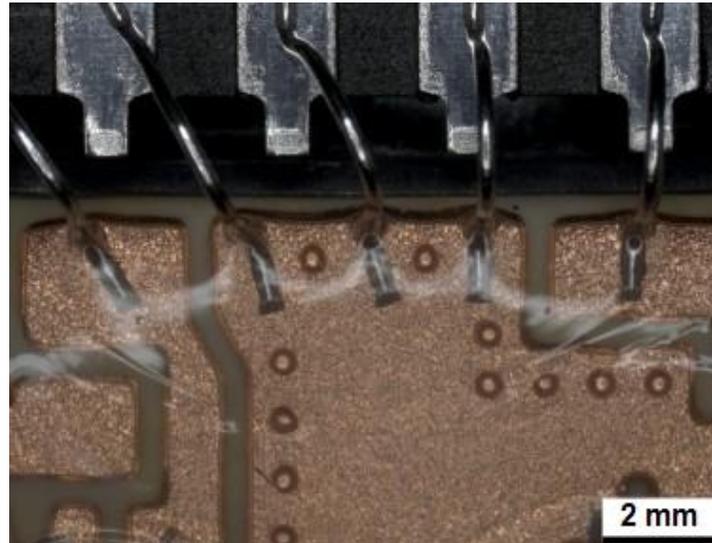
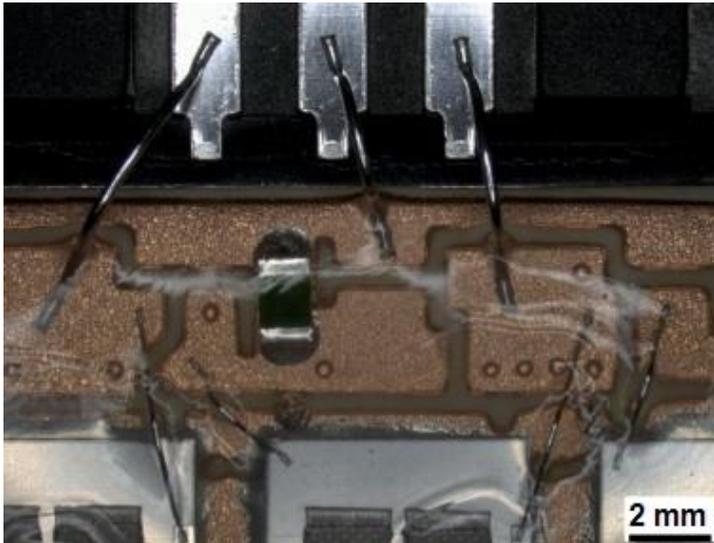


Welchen „Gewinn“ erreichen Sie bei einer Schutzlackierung mit UV-Licht für die Erkennbarkeit von Blasen?

Lackierfenster und ggf. Dicke des Schutzlacks erkennbar, Fehlstellen nein

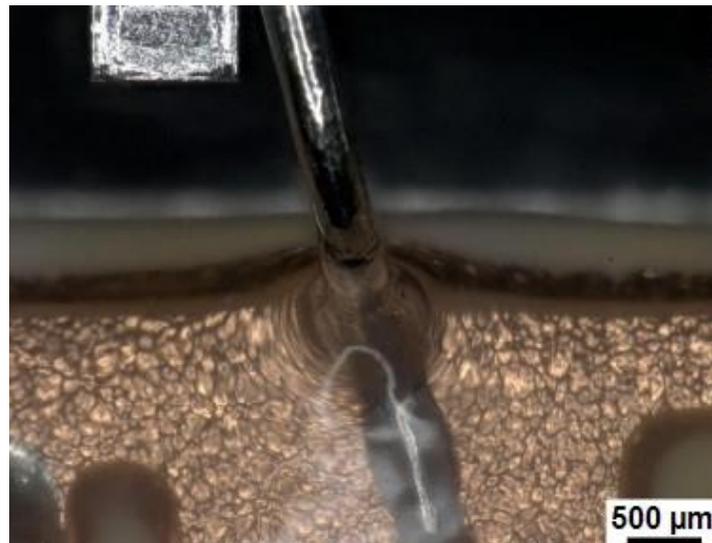
# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle Prüfung von Bondverbindungen im Gel



Sind diese Bondverbindungen im Gel einwandfrei und nicht zu dicht am Rand?

→ VW 80818  
(DVS-Merkblatt 2811)

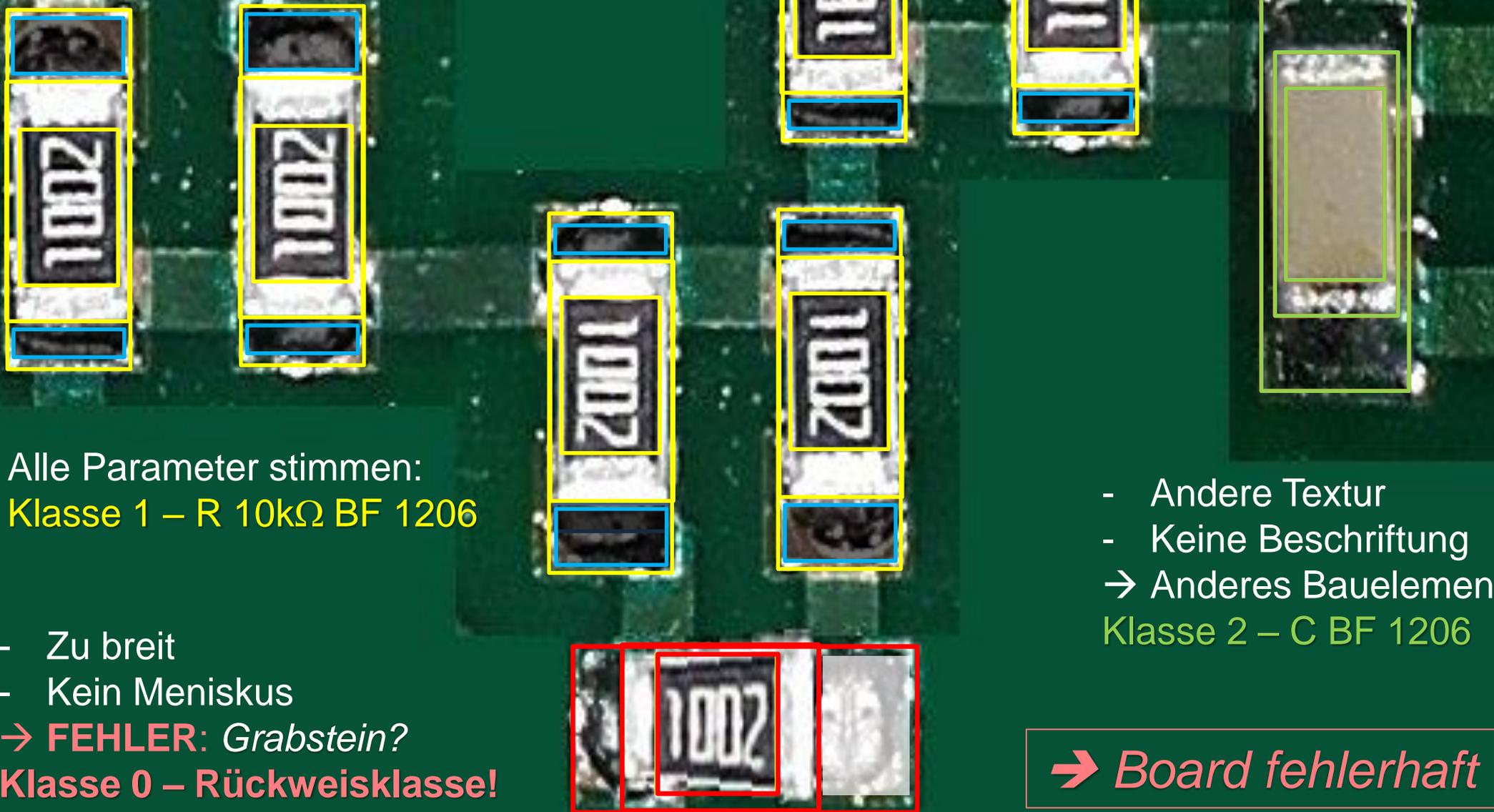


Überprüfung der Bondverbindungen ohne Gel erforderlich



# - Modellbasierte BE-Suche:

- Padsuche
- BE-Suche
- Texterkennung
- Meniskuserkennung



Alle Parameter stimmen:  
**Klasse 1 – R 10kΩ BF 1206**

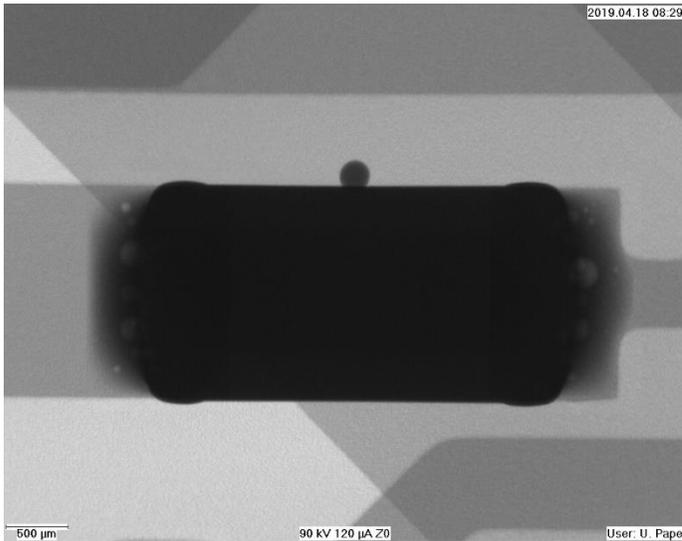
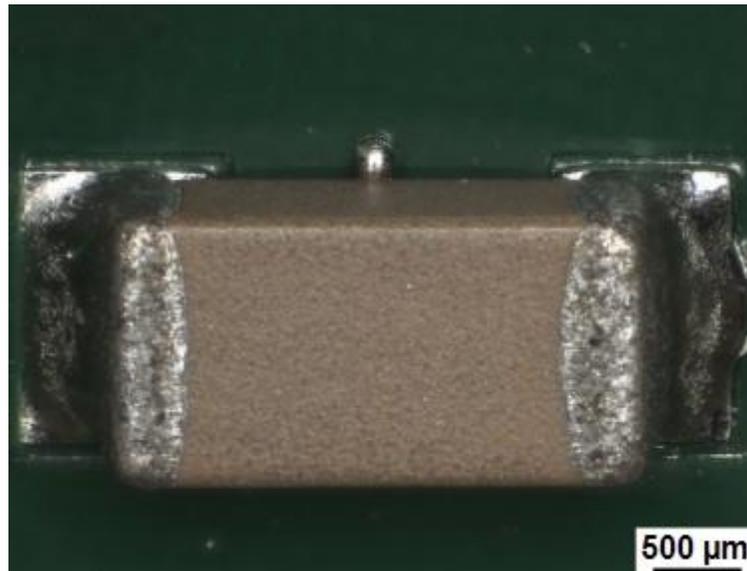
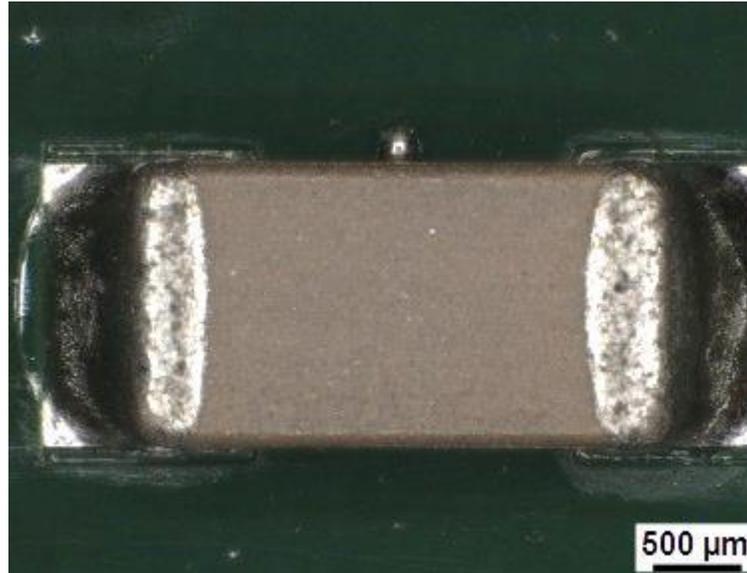
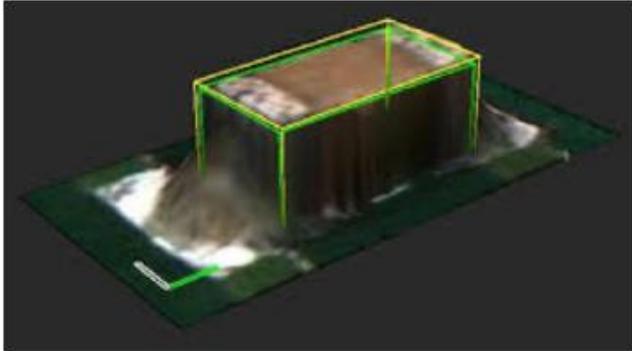
- Zu breit
- Kein Meniskus
- **FEHLER: Grabstein?**
- Klasse 0 – Rückweisklasse!**

- Andere Textur
- Keine Beschriftung
- Anderes Bauelement:  
**Klasse 2 – C BF 1206**

→ **Board fehlerhaft**

# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## AOI – Lassen sich alle Fehler erkennen?



Lotperle an CC ~ 250 µm

Würden Sie diese Lotperle mit Standard-Einstellungen im AOI detektieren oder sollte diese Lotperle einem Bearbeiter auffallen?

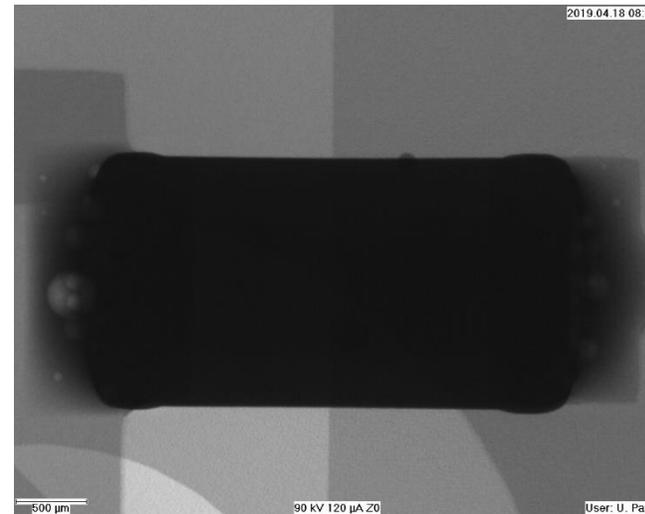
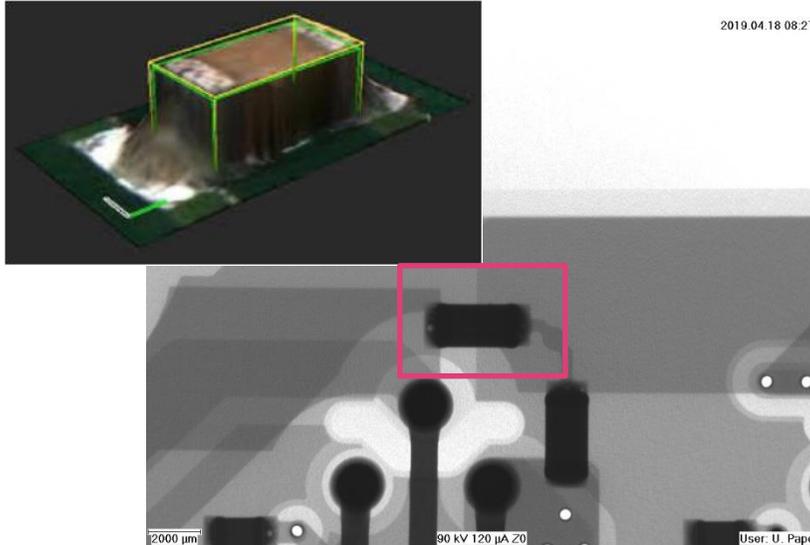


mit AOI eher nicht, wenn nur das Bauelement geprüft wird, einem Mitarbeiter sollte dies auffallen

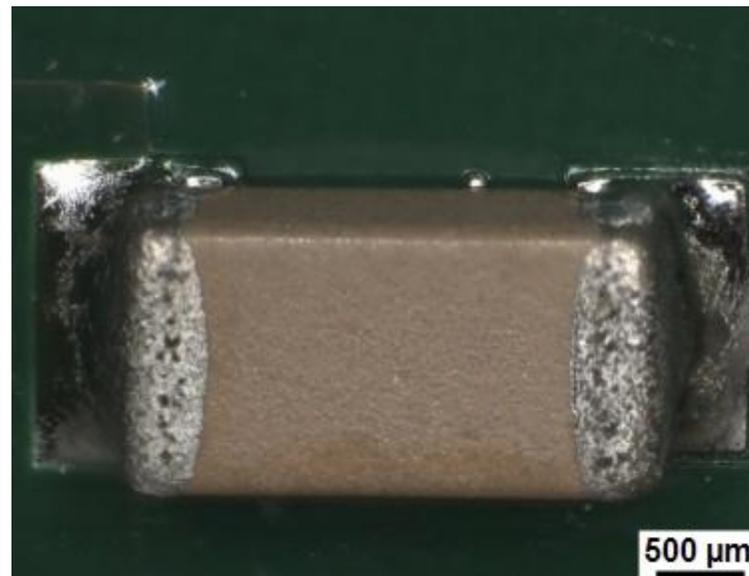
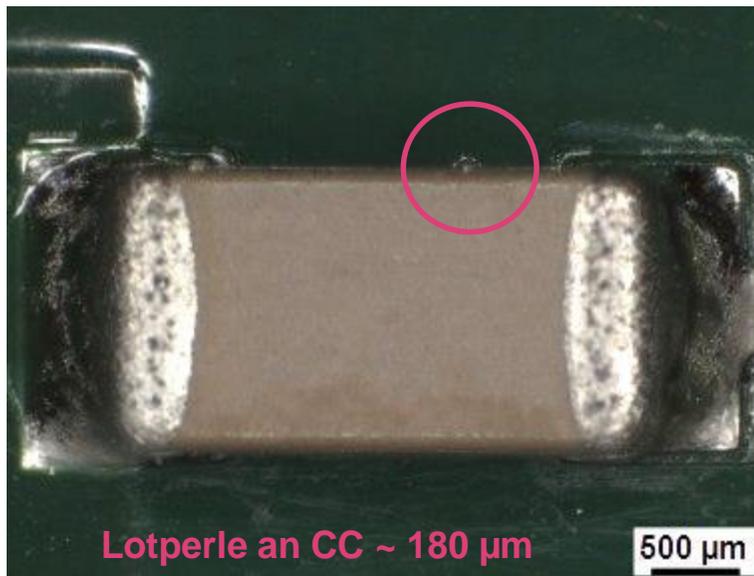


# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## AOI – Lassen sich alle Fehler erkennen?



Würden Sie diese Lotperle mit Standard-Einstellungen im AOI detektieren oder sollte diese Lotperle einem Bearbeiter auffallen?

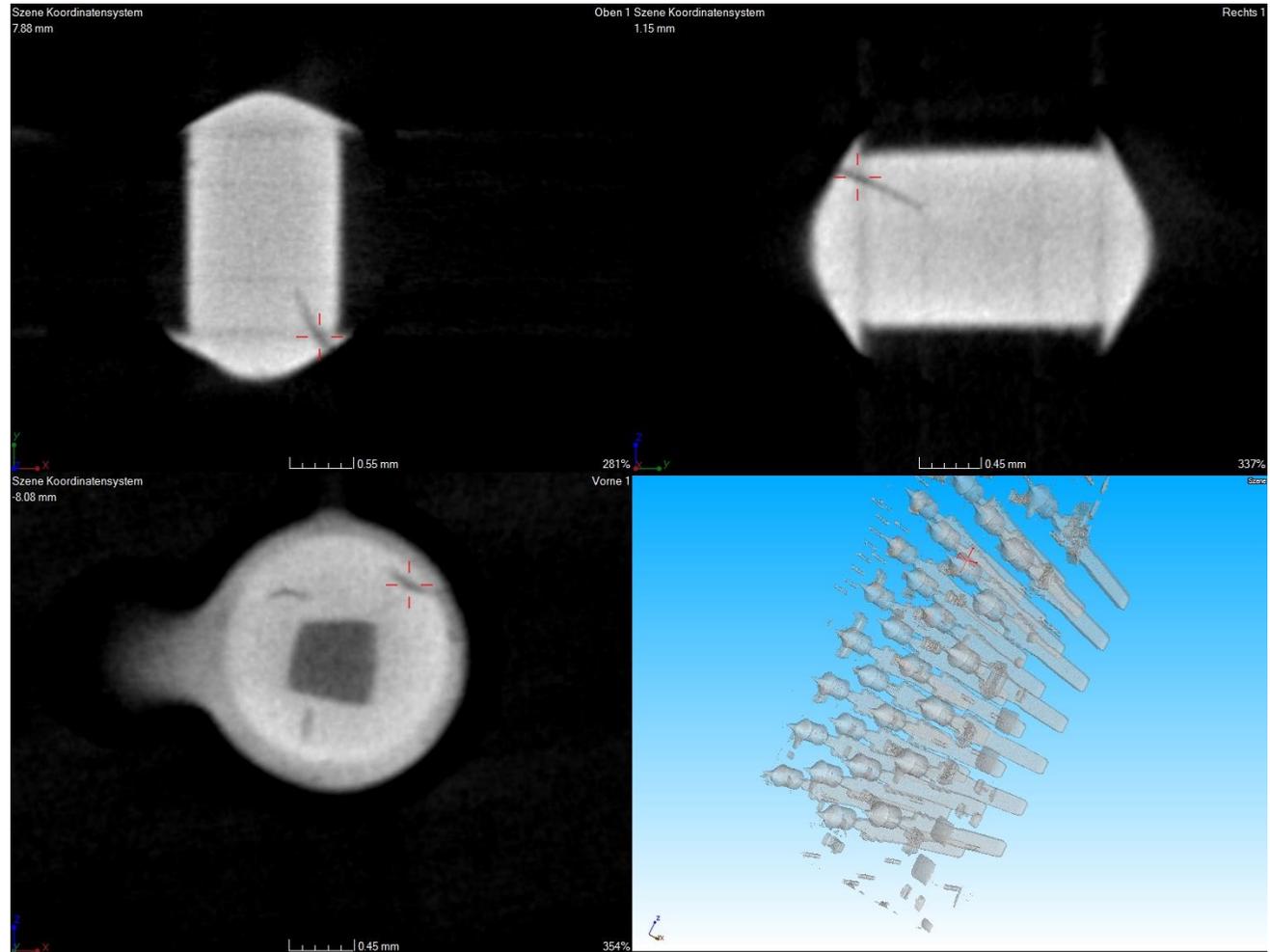
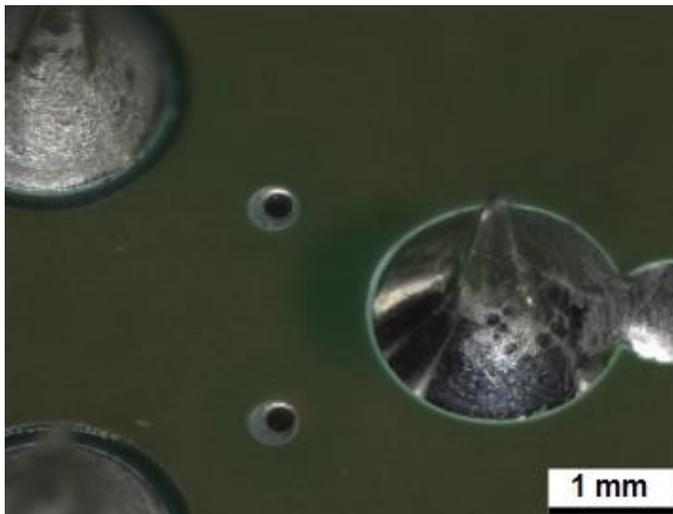
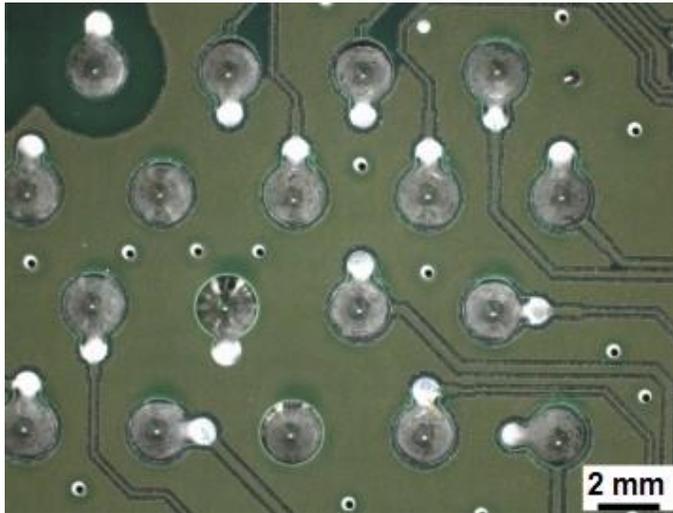


mit AOI definitiv nicht, auch einem Mitarbeiter wird dies kaum auffallen

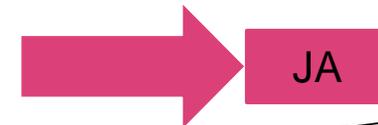


# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Visuelle und X-Ray-Prüfung von THT-Lötverbindungen



Halten Sie eine Kombination aus mehreren Prüfverfahren für sinnvoll?



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen - Prüfmethode aus Sicht eines OEM

## INHALT

Elektronik im Fahrzeug

Fehlerbilder und Grenzen visueller Prüfmethode

## Fehlerbilder und Grenzen der Röntgendiagnostik

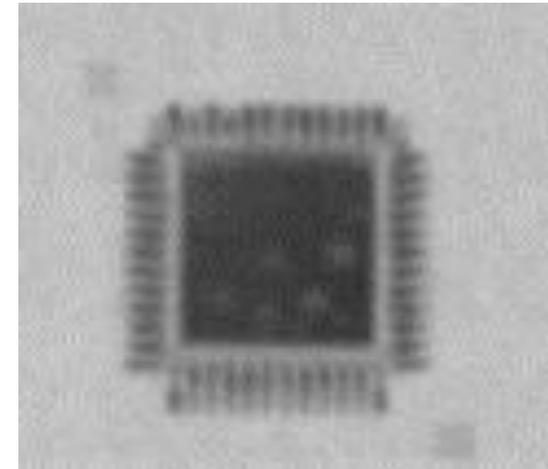
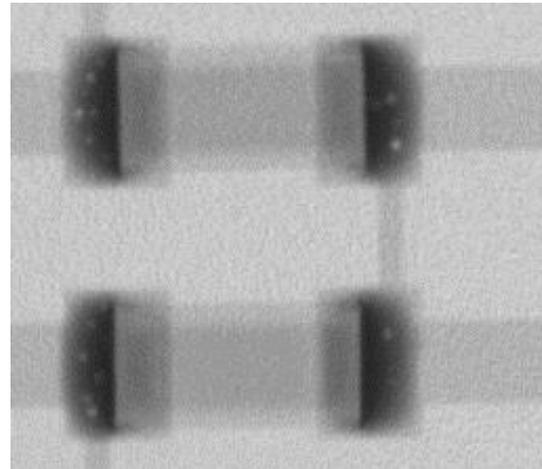
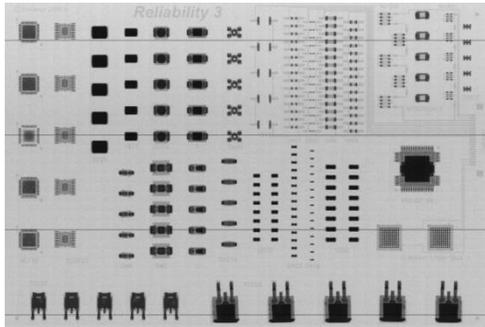
Alternative Prüfmöglichkeiten

Zusammenfassung

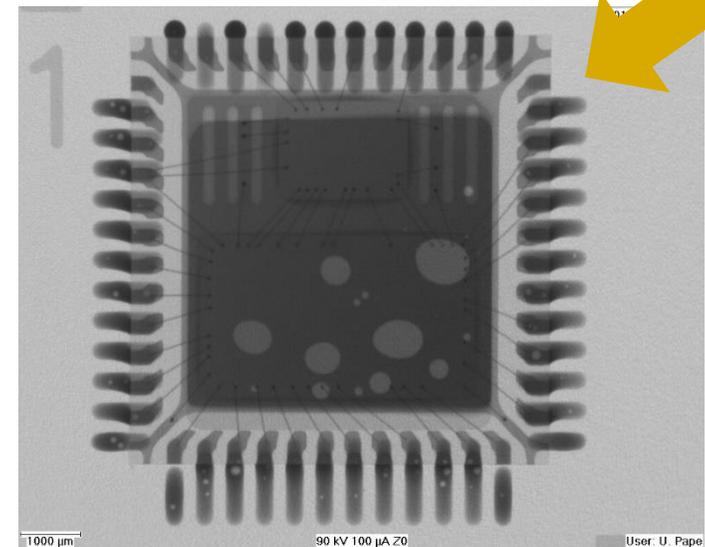
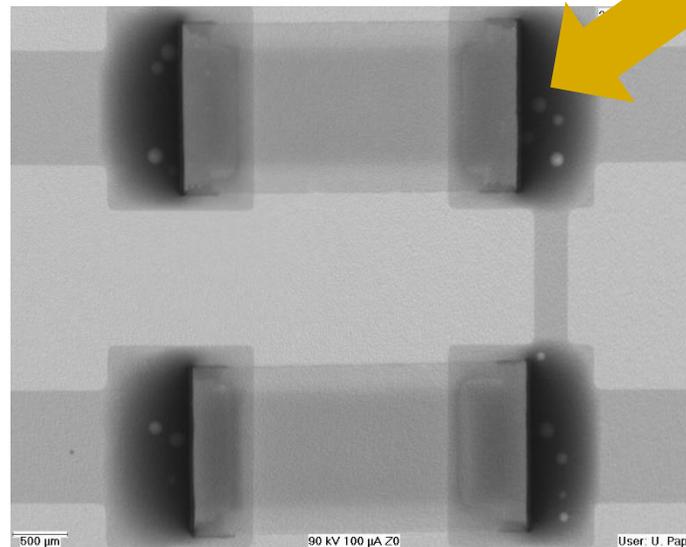


# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Grenzen der X-Ray-Analyse durch Bildqualität

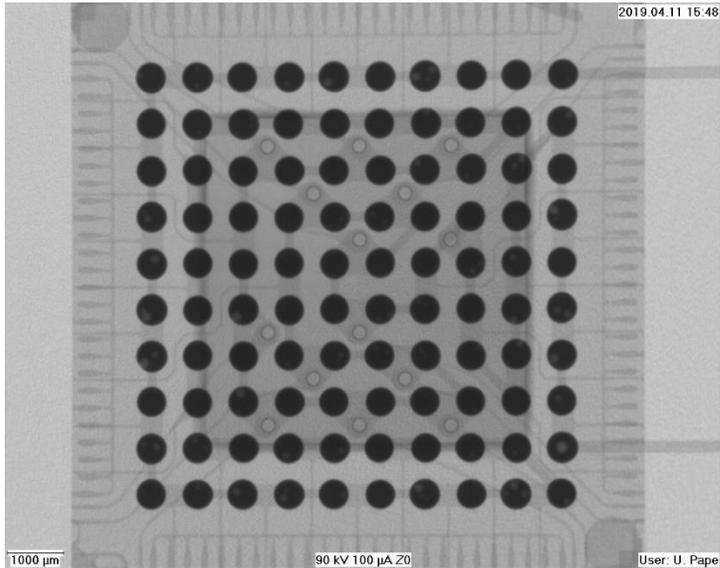


An welchen Bildern könnten Sie eine Porenauswertung durchführen?



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

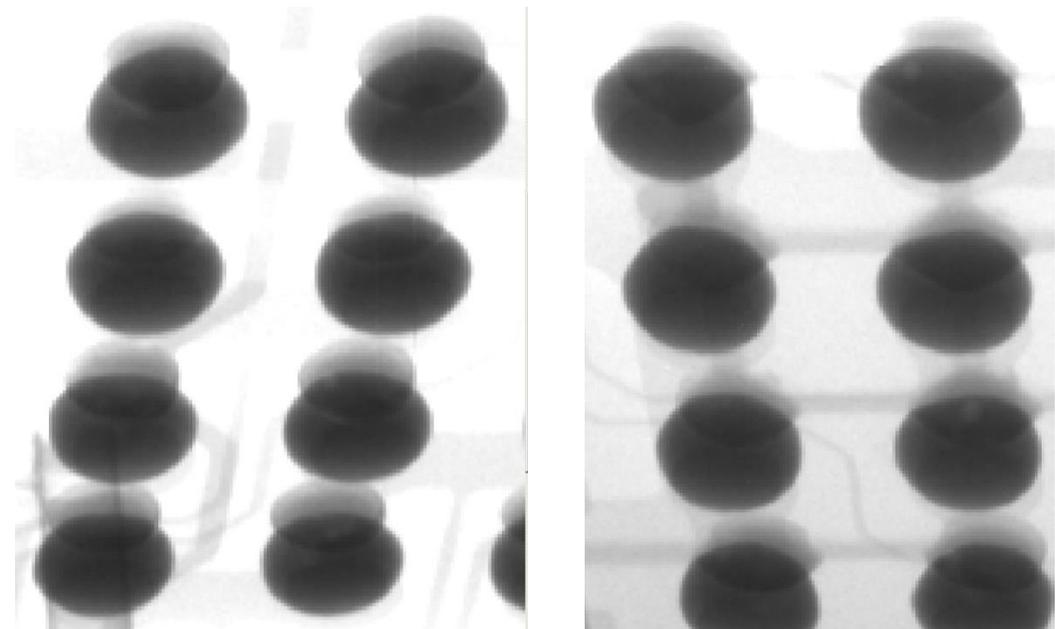
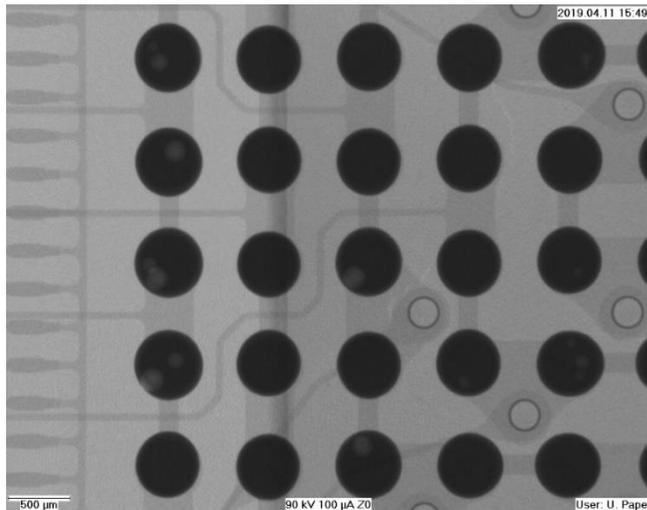
## Grenzen der X-Ray-Analyse durch Bildqualität



Können Sie mit 2D-Röntgenstrahlung Poren in BGA detektieren oder sogar einen Head-in-Pillow?



Poren mit entsprechender Vergrößerung ja, auch auswertbar  
Head-in-Pillow höchstens zu vermuten, 2½D X-Ray oder besser CT erforderlich

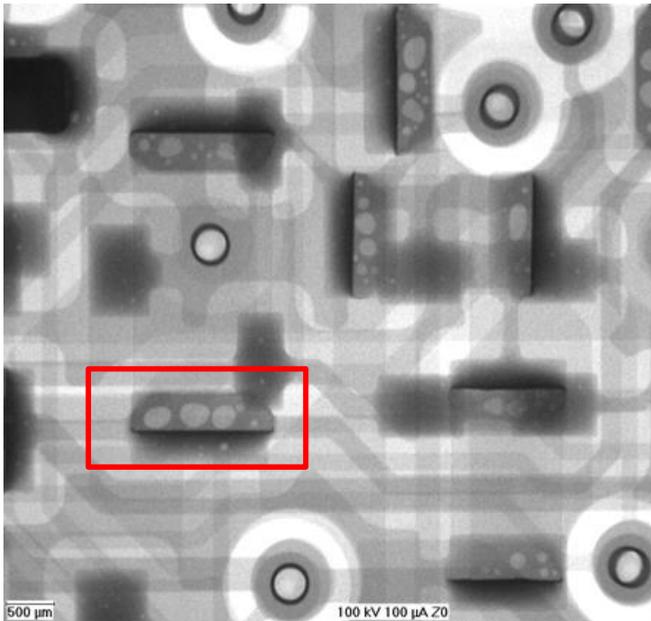


Quelle: Viscom AG



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Auswertemethodik für Poren in Lötverbindungen



Lotspalt ~ 30 %



Lotspalt und Meniskus < 20 %

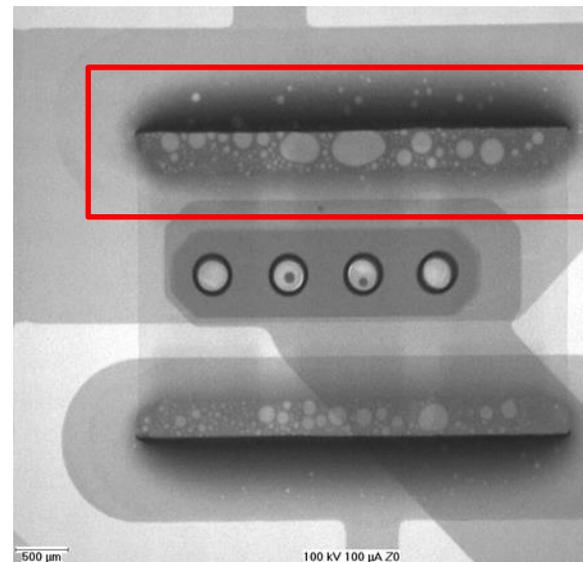
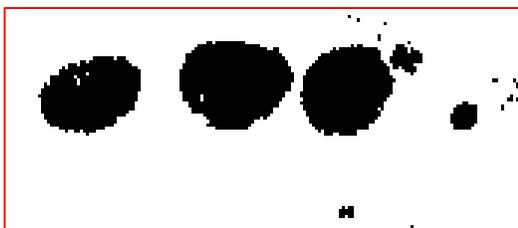


Wie oft detektieren Sie Poren im Meniskus?  
Wo werden die größten Spannungen erzeugt?

Lotspalt ~ 37 %



Lotspalt und Meniskus ~ 19 %



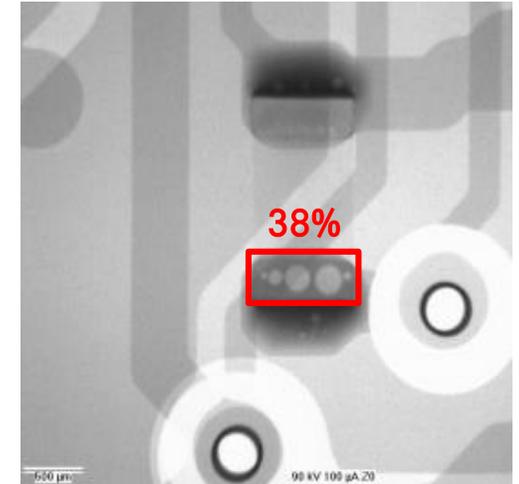
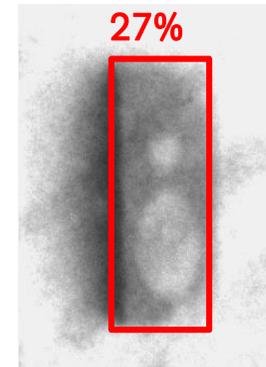
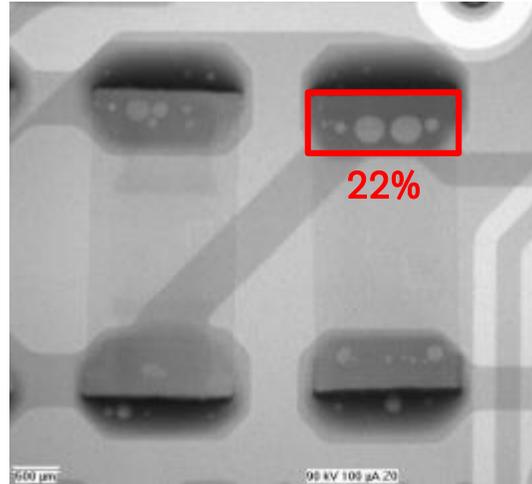
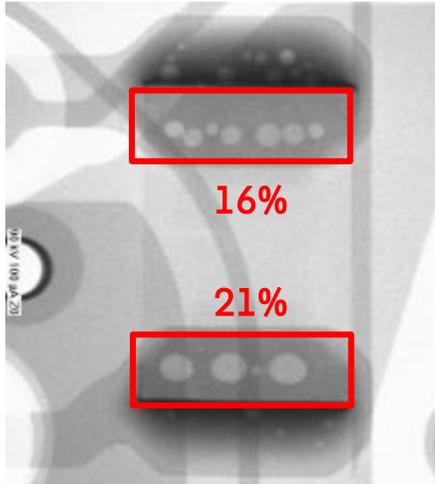
Auswertung von Poren nur im Lotspalt (VW 80808 und demnächst als technical report vom DKE)



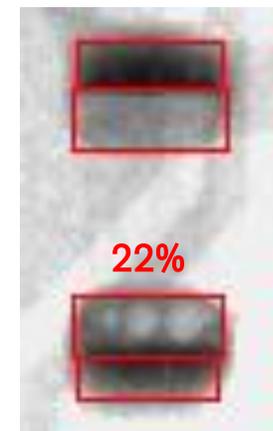
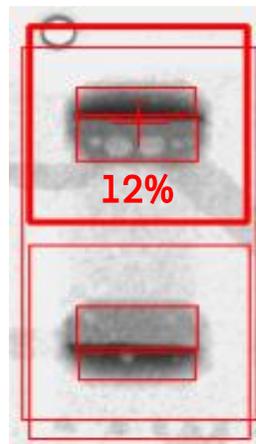
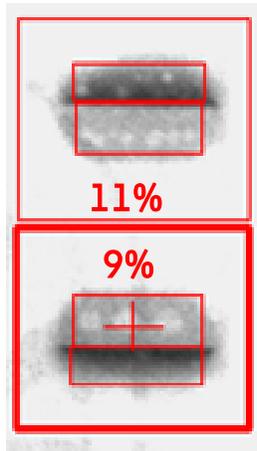
# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Vergleich zwischen OEM und Lieferant

Berechnung  
manuell



Berechnung  
in AXI Anlage



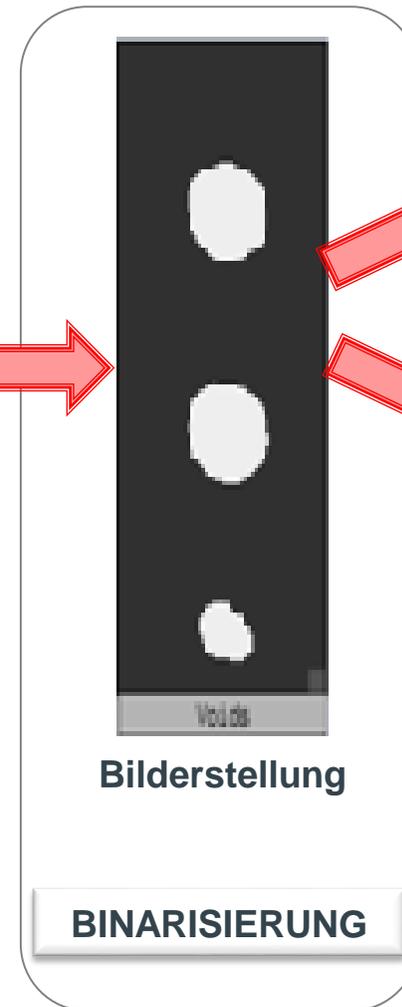
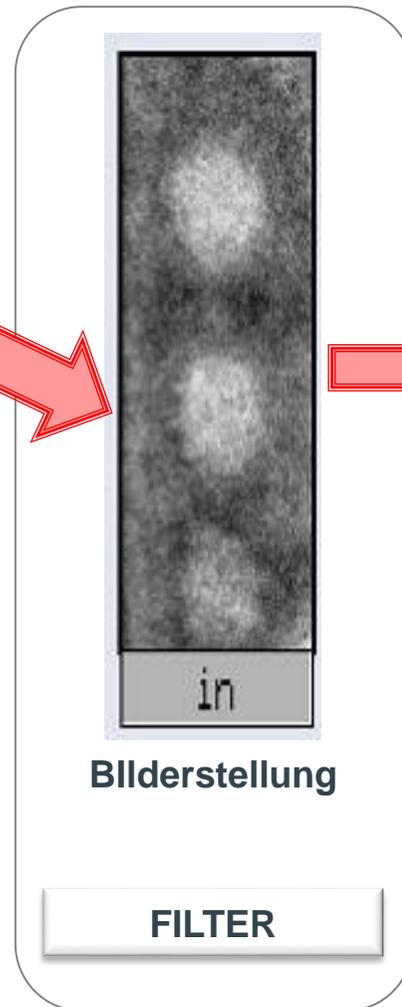
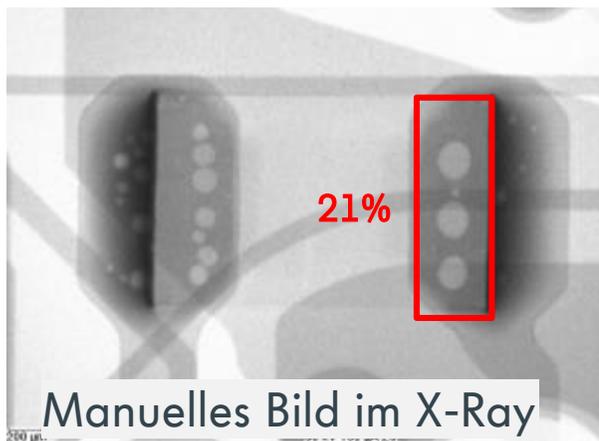
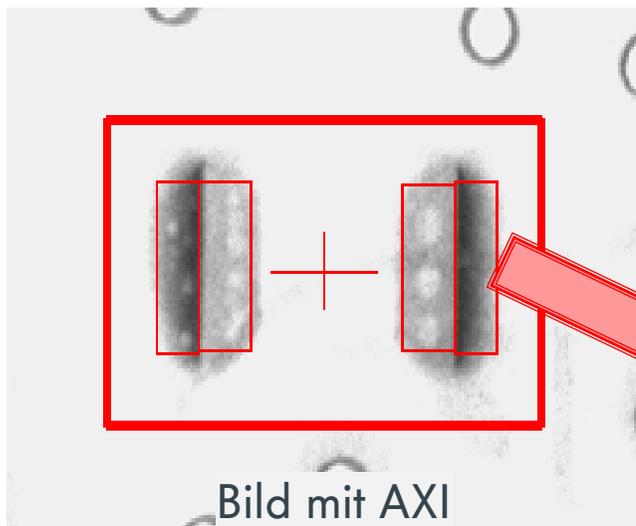
Welchen Messwerten würden Sie mehr vertrauen?

grundsätzlich manuell, aber handhabbar in Serie?



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Optimierung der automatischen Porenauswertung



aktueller Status  
**9%**

nach Optimierung  
**19%**

Berechnung des Ergebnisses

PORENGEHALT

nach Optimierung der automatischen Porenauswertung durchaus realistische Werte



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Fortdauernde Diskussion des Porengehalts



### DKE/AK 682.0.7 "Aufbau- und Verbindungstechnik in der Automobilelektronik"

- erste Idee eines gemeinsamen Projektes im Mai 2017 auf dem Rehm-Technologietag „Avoid a Void“
- Gründung des AK unter dem Dach der DKE im November 2017
- seitdem im 3 Monats-Rhythmus Treffen aller Teilnehmer, dazwischen 2-3 Webkonferenzen eines Redaktionsteams
- aktueller Status:
  - erster Entwurf eines Technical Reports kurz vor der Verabschiedung,
  - Arbeitsteam mit OEM, Tier 1 und Anlagenherstellern für einen Round Robin zur Porenanalyse gebildet
- Ziel: IEC-Norm mit klaren Anweisungen zur Analyse von Poren

### “VOIDING IN SOLDER JOINTS OF PRINTED-CIRCUIT BOARD ASSEMBLIES FOR USE IN AUTOMOTIVE ELECTRONICS – BEST PRACTICES”

# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen - Prüfmethode aus Sicht eines OEM

## INHALT

Elektronik im Fahrzeug

Fehlerbilder und Grenzen visueller Prüfmethode

Fehlerbilder und Grenzen der Röntgendiagnostik

## Alternative Prüfmöglichkeiten

Zusammenfassung



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Alternative Prüfungen – Aktive Flussmittelrückstände



Aufbringen

[www.zestron.com](http://www.zestron.com)

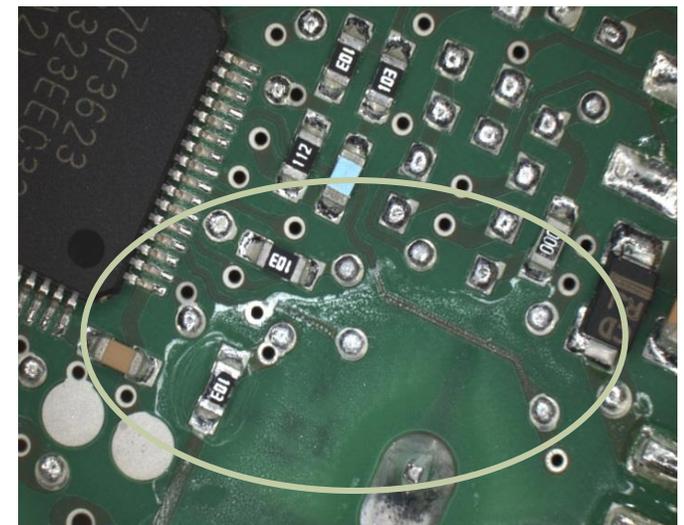
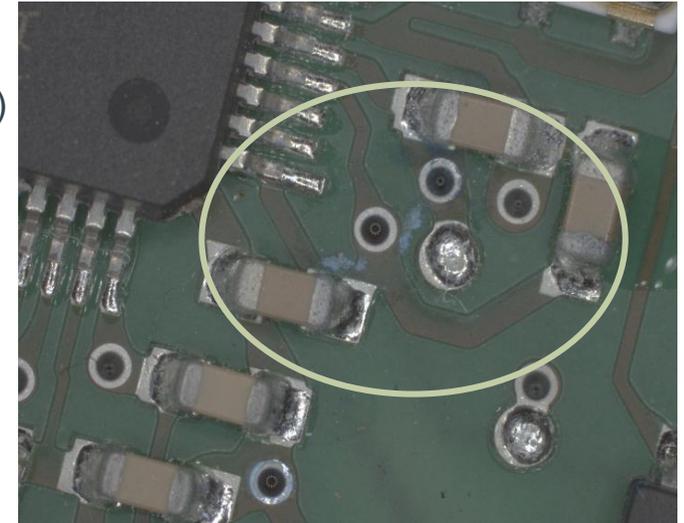


Spülen



Trocknen

- kritische Verunreinigungen bläulich sichtbar
- kurzer Test (1 min Einwirken, Spülen, Trocknen)
- in Produktion problemlos integrierbar



Was würden Sie bei diesen Pfaden aus kritischen Verunreinigungen erwarten?

Test in Qualifikation und auch in Serie sinnvoll anwendbar



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Alternative Prüfungen – Ionische Kontamination

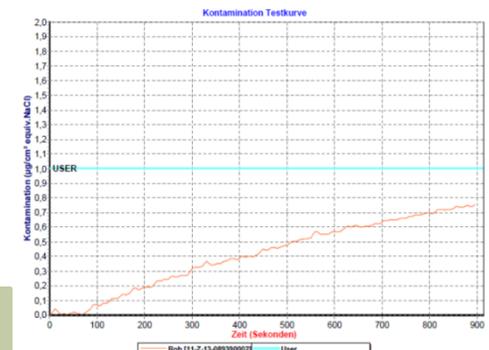
- ursprünglich nur vorgesehen für Qualifikation der Leiterplatten nach der Fertigung
  - Anforderung in IPC 6012:  $0,75 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  NaCl-Äquivalent
- aktuell auch eingesetzt zur Baugruppenqualifikation und Serienüberwachung
  - Referenzwert an Baugruppen aus der Serienfertigung an je 2 Mustern aus 3 Chargen messen
    - Grenzwert = Mittelwert + 3 Sigma
  - PV-Tests mit Mustern aus identischen Chargen
    - keine elektrochemische Migration
    - Grenzwert für Serie übernehmen
  - Einhaltung des Grenzwerts über die Serienfertigung an zwei Mustern monatlich gewährleisten



Kontaminometer C22 von Gen3

Haben Sie eine solche Messmethode in der Qualifikation und Serie in Anwendung?

bei VW zukünftig erforderlich (VW80808, IPC-JSTD001G-Am1)

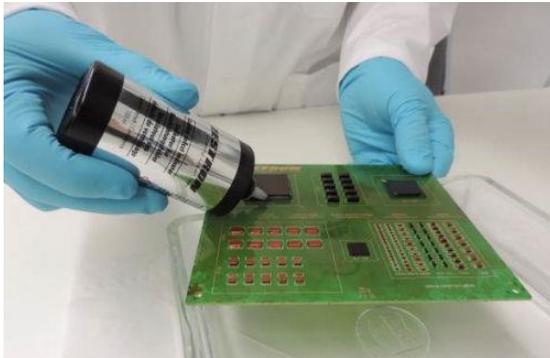


# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

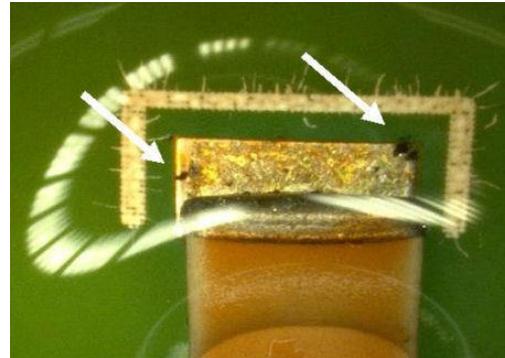
## Alternative Prüfungen – Fehler in der Schutzlackierung

### Einfaches Prüfverfahren in nur wenigen Schritten

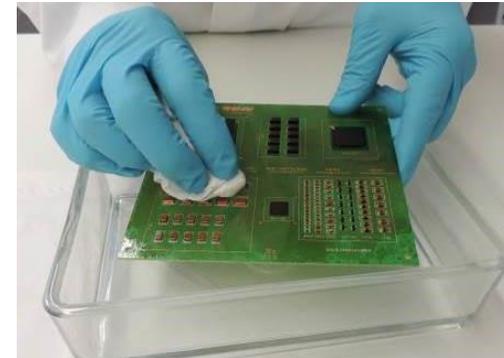
Indikatorflüssigkeit aufbringen



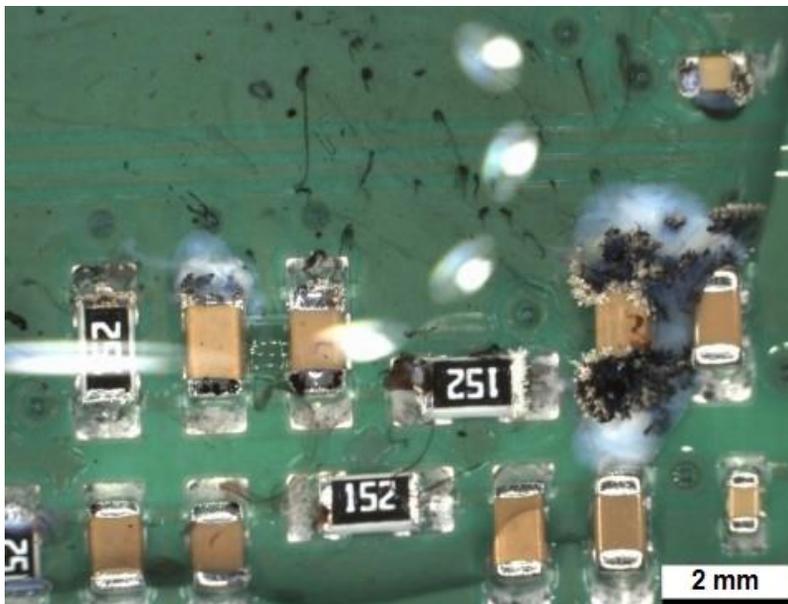
3 Minuten warten, auswerten



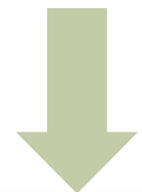
Testflüssigkeit abtupfen



[www.zestron.com](http://www.zestron.com)



Sehen Sie hier eine wirksame Schutzlackierung?



**NEIN**, klären Sie die Ursache (Haftung, Verunreinigungen)



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen - Prüfmethode aus Sicht eines OEM

## INHALT

Elektronik im Fahrzeug

Fehlerbilder und Grenzen visueller Prüfmethode

Fehlerbilder und Grenzen der Röntgendiagnostik

Alternative Prüfmöglichkeiten

## Zusammenfassung



# Detektion von Fehlstellen auf elektronischen Baugruppen

## Zusammenfassung / Diskussion

- Miniaturisierung – lässt sich ein CR0201 noch mittels AOI / AXI bewerten?
- AOI und KI – wann wird diese Kombination Realität?
- neuartige Bauelemente – gestackte Module – welche Ebene ist visuell und/oder radioskopisch noch erreichbar?
- Embedding Components – Analyse von 4-8 lagigen Leiterplatten schon recht schwierig, wie lässt sich das eingebettete Bauelement und seine Verbindungen bewerten?
- IMS Baugruppen – welcher Abschattungseffekt wird durch das Aluminium erreicht und wie wird die Ausbreitung des TIM sichergestellt?
- Risse in Lötverbindungen unter dem Bauelement (BGA, QFN, ...) – ab welcher Größenordnung sind Risse detektierbar?
- Porenauswertung – wie können Schatteneffekte durch Innenlagen, Leiterbahnen reduziert werden und eine Pore gleichmäßig berechnet werden?
- Wie können Fehlstellen neben den Lötverbindungen oder auch am Leiterplattenrand sicher detektiert werden?

⇒ **Zuverlässigkeit der Elektronik ist extrem wichtig für unsere Kunden**

⇒ **Zeiten der Elektronik-Komponenten im Fahrzeug als „Black Box“ sind für OEM lange vorbei**

Uwe Pape

Volkswagen AG

Werkstofftechnik (Labor) Metalle, UA

Elektrik/Elektronik

+49 5361 9 43660

[uwe.pape@volkswagen.de](mailto:uwe.pape@volkswagen.de)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Fragen?  
Thank You for Your Attention! Questions?