

ZUVERLÄSSIGKEITSNACHWEIS DURCH INTERCONNECT **S**TRESS **T**EST



Reliability

Teil 2 – Vertiefung

Dr.-Ing. David Kurzmanowski

AGENDA



- 1** Einführung in die Zuverlässigkeit von Leiterplatten
- 2** Wie wird Zuverlässigkeit „gemessen“?
- 3** Darstellung der Testergebnisse
- 4** Einflussfaktoren Zuverlässigkeit
- 5** Portfolio zuverlässigkeitsbezogene Serviceleistungen

Kontakte für Fragen

Helmut Trippel
+49 7940 946-5911
helmut.trippel@we-online.de

Andreas Dreher
+49 7622 397-133
andreas.dreher@we-online.de

ZUVERLÄSSIGKEIT VON LEITERPLATTEN

Einführung



- Was ist Zuverlässigkeit?

„Die Zuverlässigkeit ist eine Eigenschaft, die angibt wie verlässlich ein Produkt die ihm zugewiesenen Funktionen über einen bestimmten Zeitraum erfüllt.“

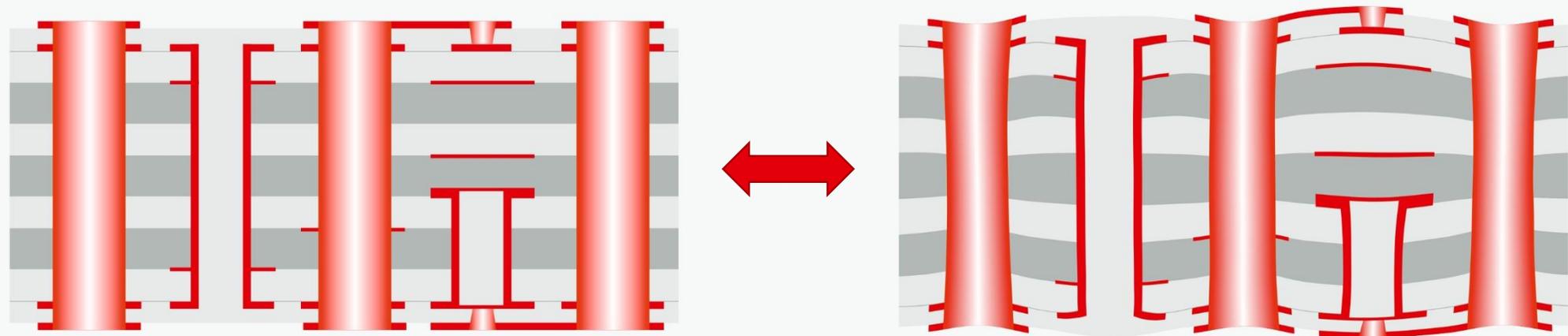
ZUVERLÄSSIGKEIT VON LEITERPLATTEN

Einführung



- **Was bedeutet dies konkret für Leiterplatten?**

- Gewährleistung der elektrischen Funktionen während der gesamten angestrebten Nutzungsdauer.
- Auch fehlerfreie Leiterplatten fallen irgendwann aus, sofern sie Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Ursache hierfür sind die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in z-Achsenrichtung (CTEz)



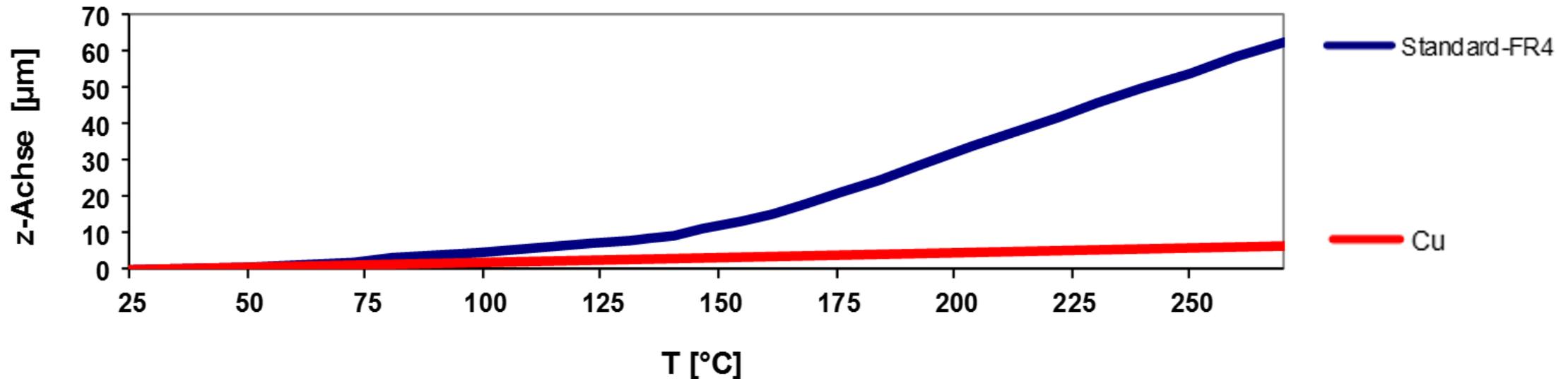
ZUVERLÄSSIGKEIT VON LEITERPLATTEN

Einführung



Vergleich der z-Achsenausdehnung von Kupfer (Cu) und Basismaterial FR4

- FR4: CTE_z = 40ppm/C°
- LP-Dicke: 1,60mm

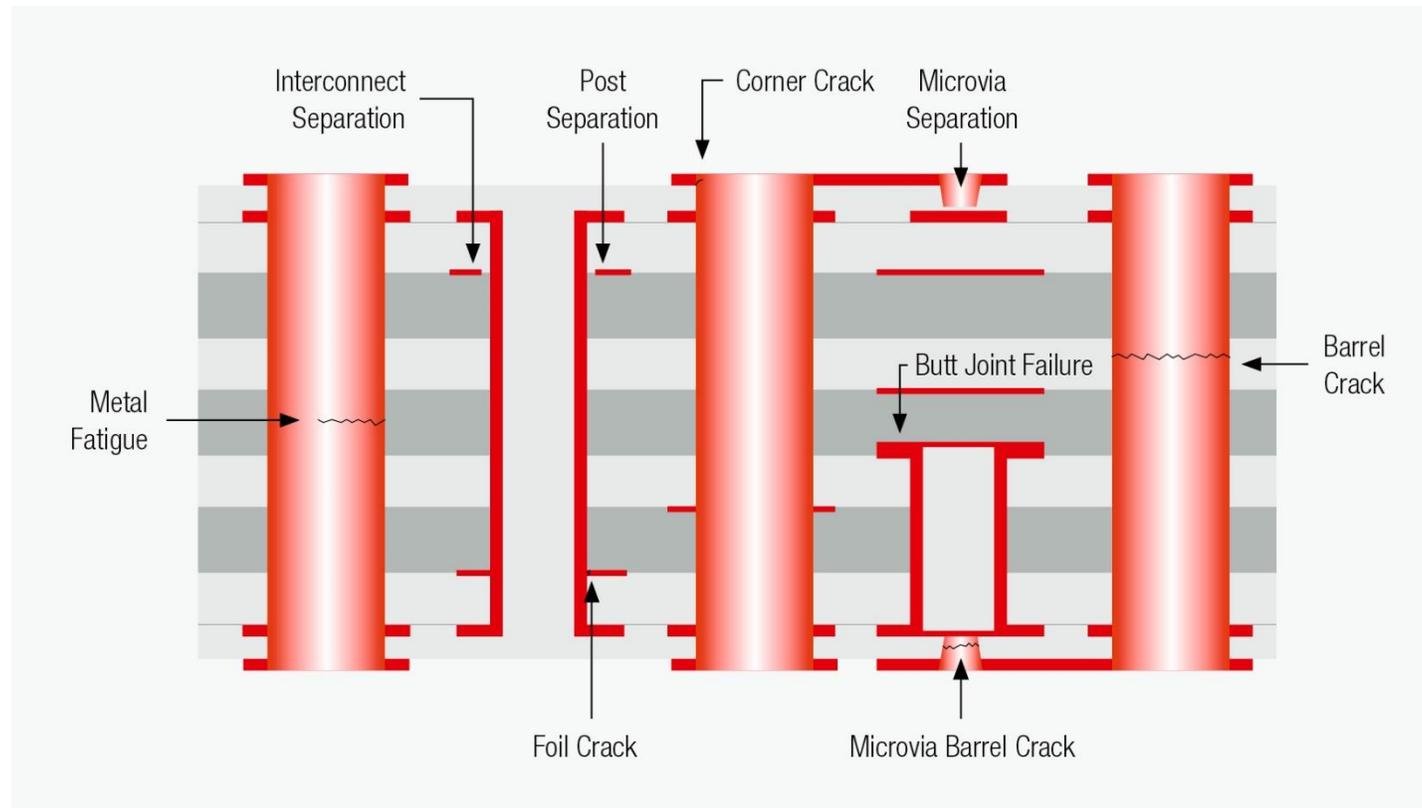


ZUVERLÄSSIGKEIT VON LEITERPLATTEN

Einführung



Folgende Arten von Defekten können hierdurch auftreten:

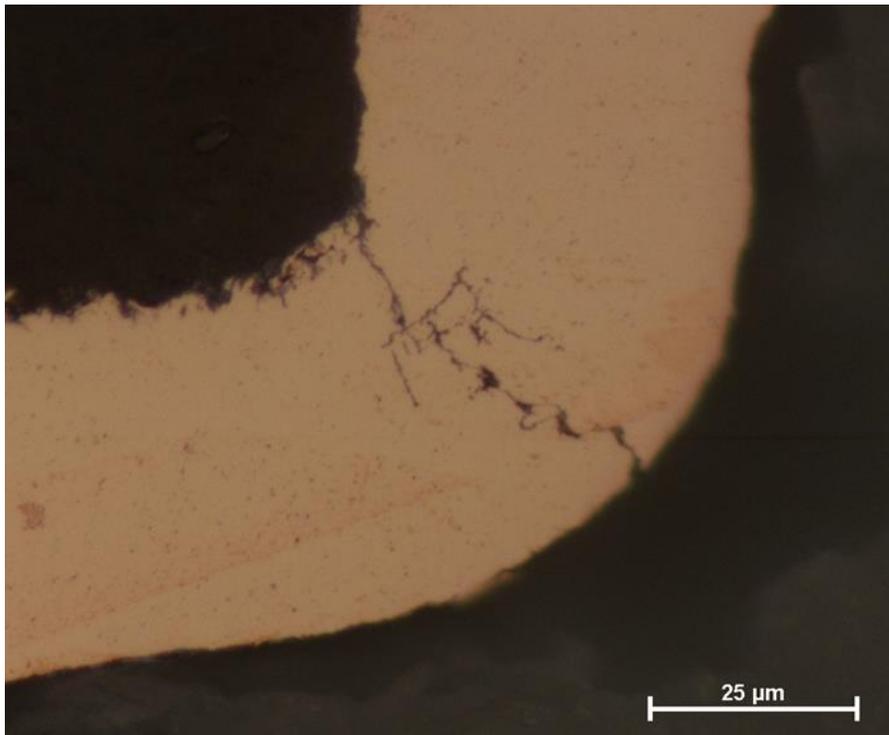


ZUVERLÄSSIGKEIT VON LEITERPLATTEN

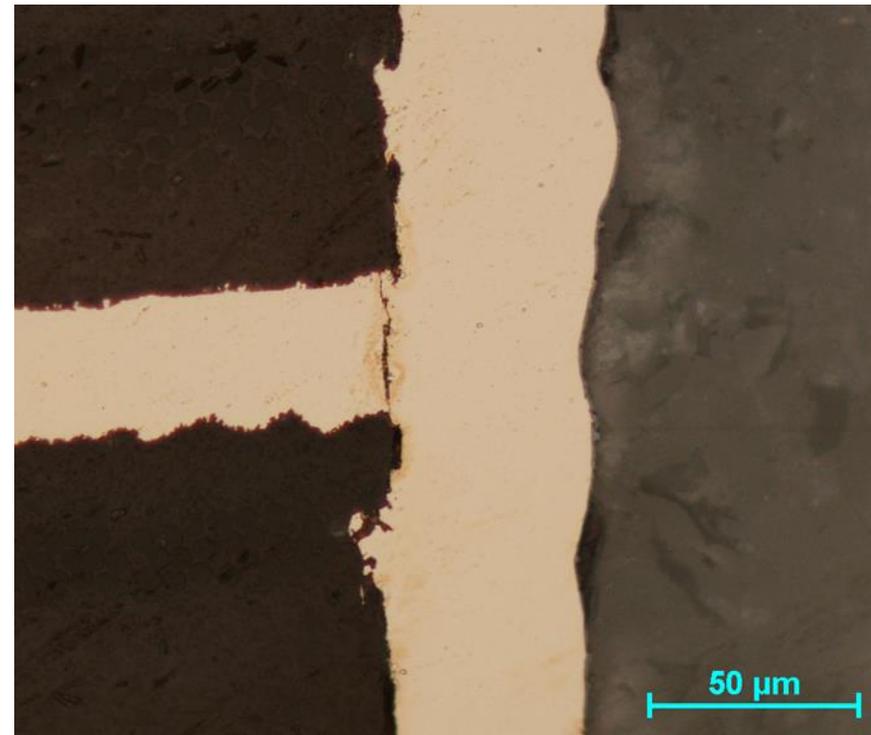
Einführung



Riss der Schultermetallisierung



Abriss der Innenlagenanbindung

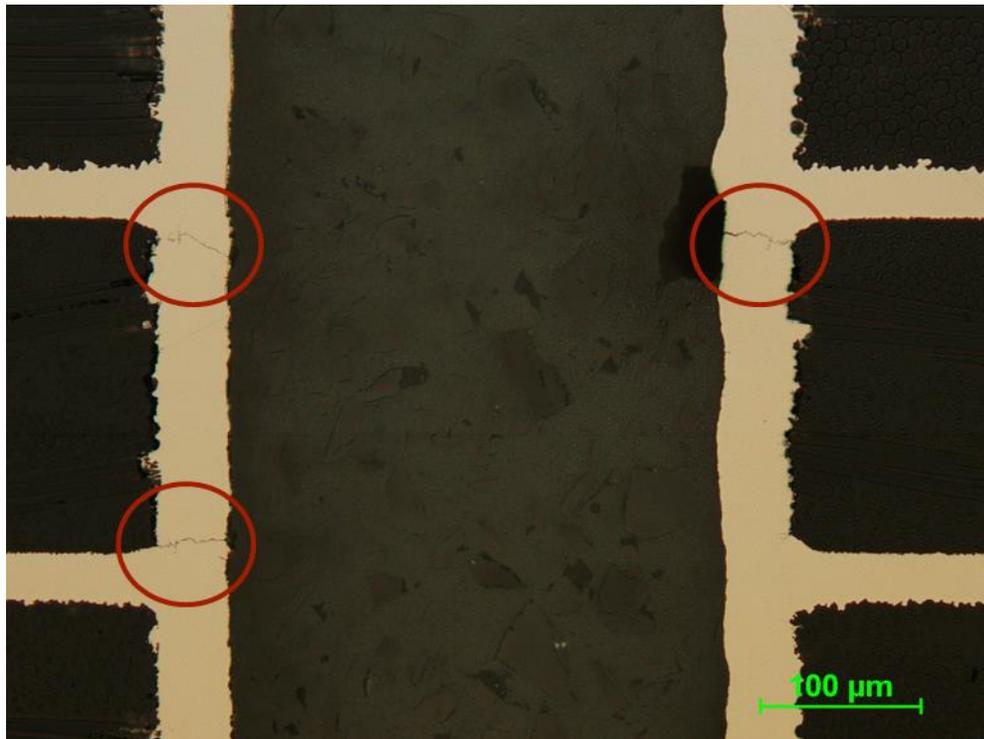


ZUVERLÄSSIGKEIT VON LEITERPLATTEN

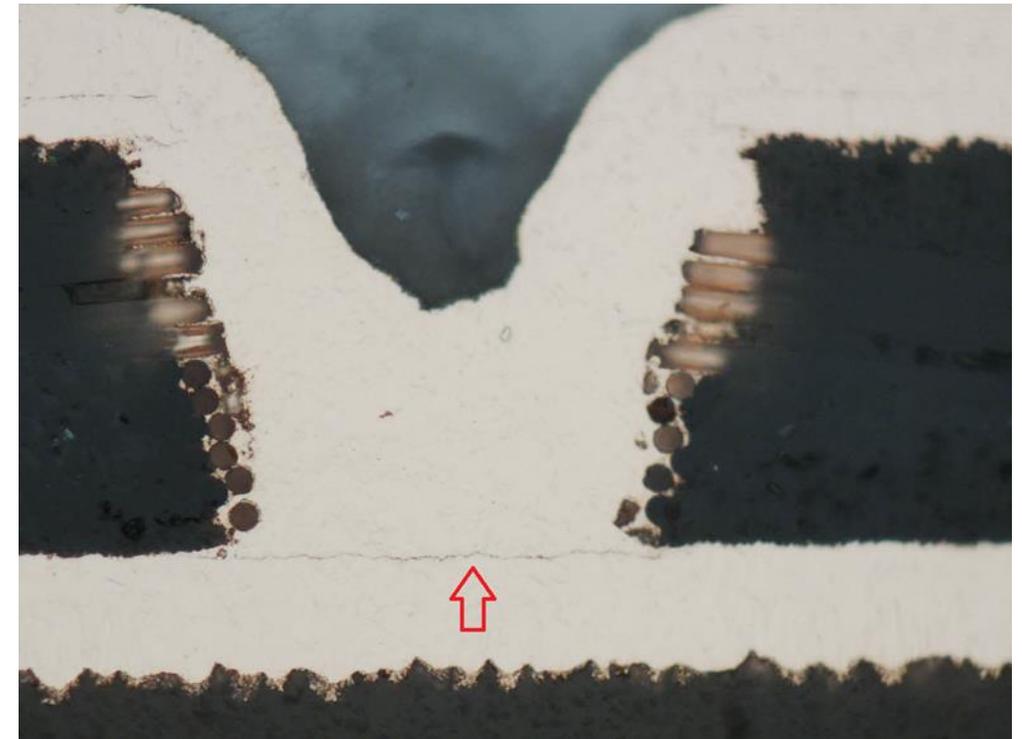
Einführung



Riss der Kupferhülse in Bohrung



Separation des Microvias vom Lochboden



AGENDA



- 1 Einführung in die Zuverlässigkeit von Leiterplatten
- 2 **Wie wird Zuverlässigkeit „gemessen“?**
- 3 Darstellung der Testergebnisse
- 4 Einflussfaktoren Zuverlässigkeit
- 5 Portfolio zuverlässigkeitsbezogene Serviceleistungen

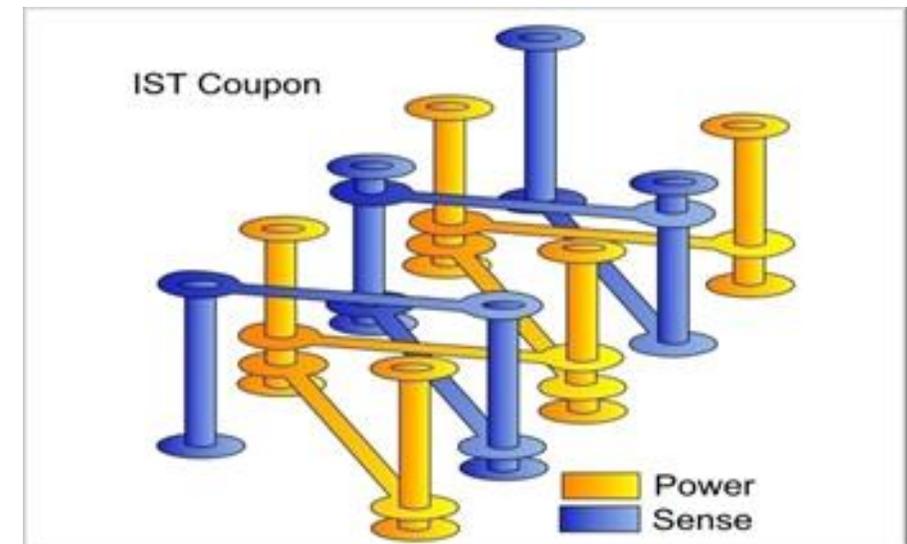
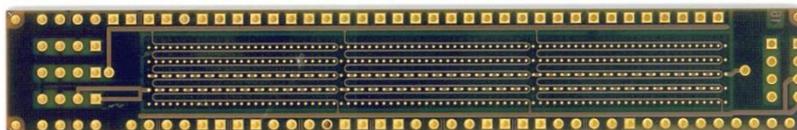
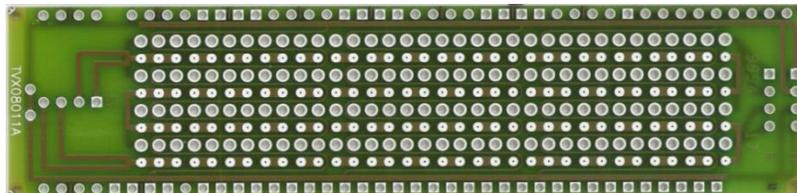


WIE WIRD ZUVERLÄSSIGKEIT „GEMESSEN“?

- Zuverlässigkeit ist kein deterministisches Merkmal (wie Kupferschichtdicke oder Bohrdurchmesser) und kann folglich nicht direkt gemessen werden.
- Die Zuverlässigkeit wird daher empirisch ermittelt, indem die Prüflinge solange wiederholt einer definierten Belastung ausgesetzt werden, bis ein vordefiniertes Ausfallkriterium erreicht wird.
- Ein kompletter Durchlauf der Be- und Entlastung wird hierbei als ein Zyklus bezeichnet.
- Die Anzahl erreichter Zyklen bis zum Ausfall dient als Maß zur Beurteilung der Zuverlässigkeit des Produktes.

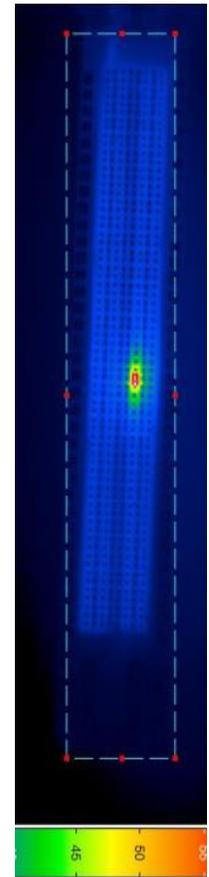
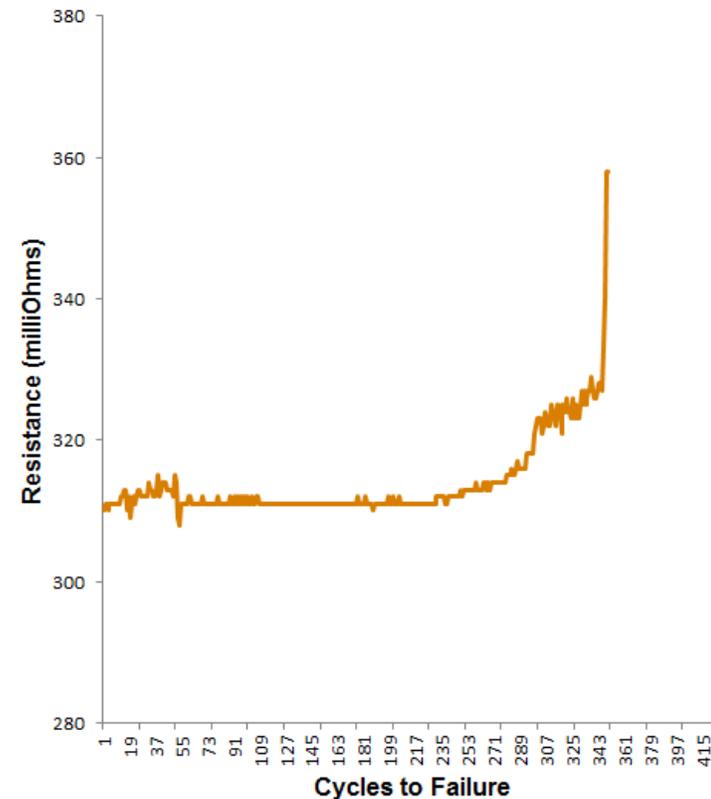
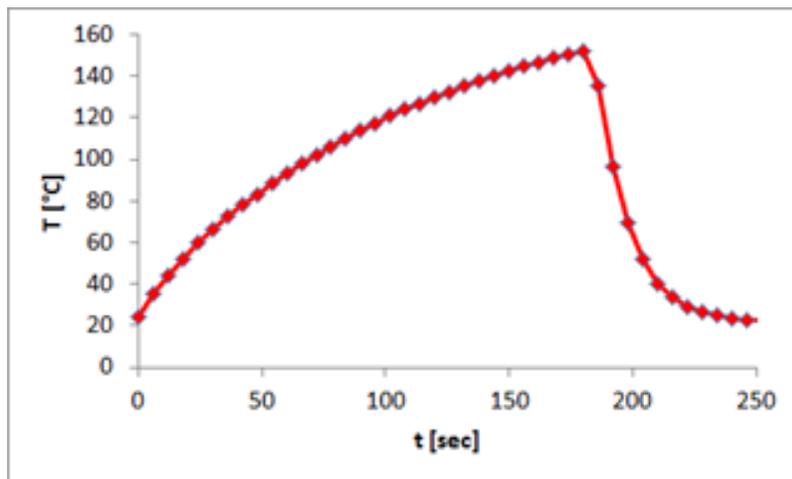
WIE WIRD ZUVERLÄSSIGKEIT „GEMESSEN“?

- **Interconnect-Stress-Test (IST) (IPC-TM-650 2.6.26 Methode A)**
 - Spezielle Testcoupons, angepasst an PCB-Layout



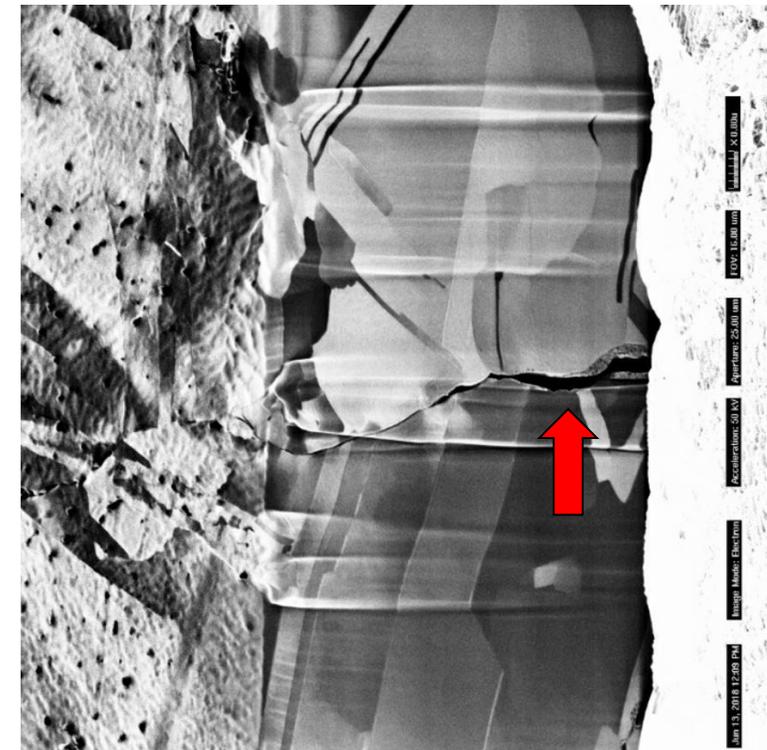
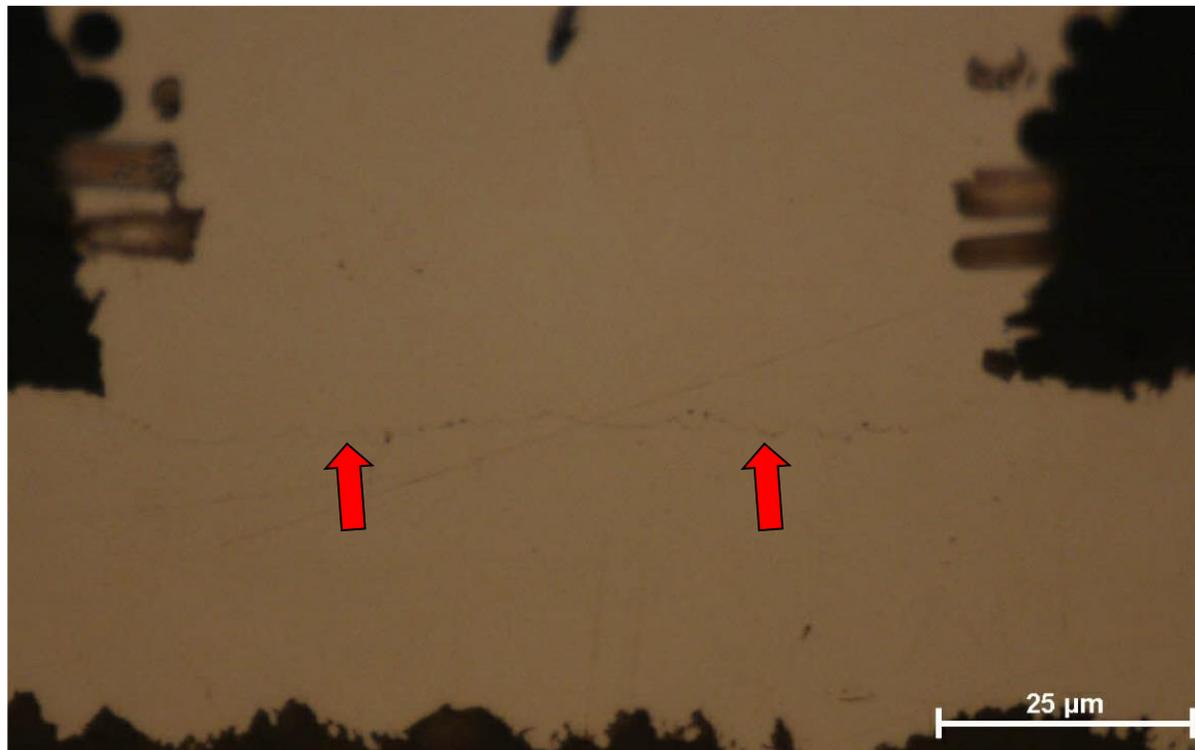
WIE WIRD ZUVERLÄSSIGKEIT „GEMESSEN“?

- Kurze Zyklusdauer (1000 Zyklen ~ 4d)
- Simulation von Lötzyklen („precon“)
- Online-Messung
- Abbruch bei Erreichen des Ausfallkriteriums



WIE WIRD ZUVERLÄSSIGKEIT „GEMESSEN“?

- Sehr gute Fehlerempfindlichkeit, auch bei schwer detektierbaren Mängeln
- Beispiel: mangelhafte Bodenanbindung bei Microvias:





WIE WIRD ZUVERLÄSSIGKEIT „GEMESSEN“?

- Aufgrund der guten Fehlerempfindlichkeit bei Microvias und der vergleichsweise kurzen Testzeiten wird der IST WE-intern zur Prozessüberwachung (Laserbohren, Desmear und Galvanik) eingesetzt
- Testplattenmatrix:

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Prepreg Prozess	A	B	A	B	A	-	-
Anlage 3 + Anlage 2	X	X	X	X	-	-	-
2x Anlage 2	-	-	-	-	X	-	-
Anlage 3 + Cu-Filling 1	-	X	X	-	-	-	-
Anlage 2 + Cu-Filling 2	-	X	X	-	-	-	-

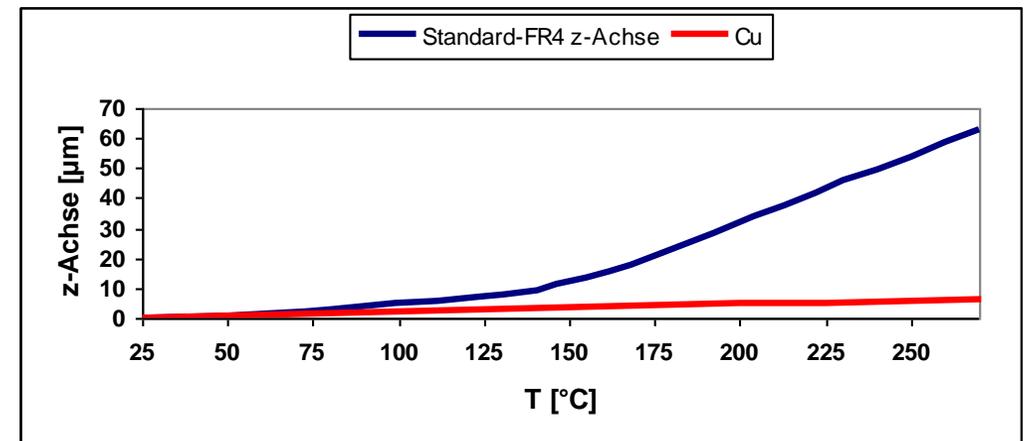
WIE WIRD ZUVERLÄSSIGKEIT „GEMESSEN“?

▪ Vorteile des IST:

- Relativ kurze Dauer eines Zyklus (~5min)
- Ständige Online-Widerstandsmessung aller Coupons
- Automatisches Stoppen der Temperaturbelastung bei Erreichen eines definierten Ausfallkriteriums
- Simulation von Lötzyklen (sog. Precon)
- Nachweislich sehr gute Fehlerempfindlichkeit, auch bei Microvias

▪ Nachteile des IST:

- Nur spezielle Testcoupons können geprüft werden
- (Keine Temperaturen unterhalb Raumtemperatur möglich)





AGENDA

- 1 Einführung in die Zuverlässigkeit von Leiterplatten
- 2 Wie wird Zuverlässigkeit „gemessen“?
- 3 **Darstellung der Testergebnisse**
- 4 Einflussfaktoren Zuverlässigkeit
- 5 Portfolio zuverlässigkeitsbezogene Serviceleistungen

DARSTELLUNG DER TESTERGEBNISSE

- Das Ergebnis eines Temperaturwechseltests besteht aus einer Anzahl Prüflingen X1 bis Xn mit jeweils der zugehörigen Anzahl Zyklen Y1 bis Yn, die bis zum Erreichen des Ausfallkriteriums durchlaufen wurden.

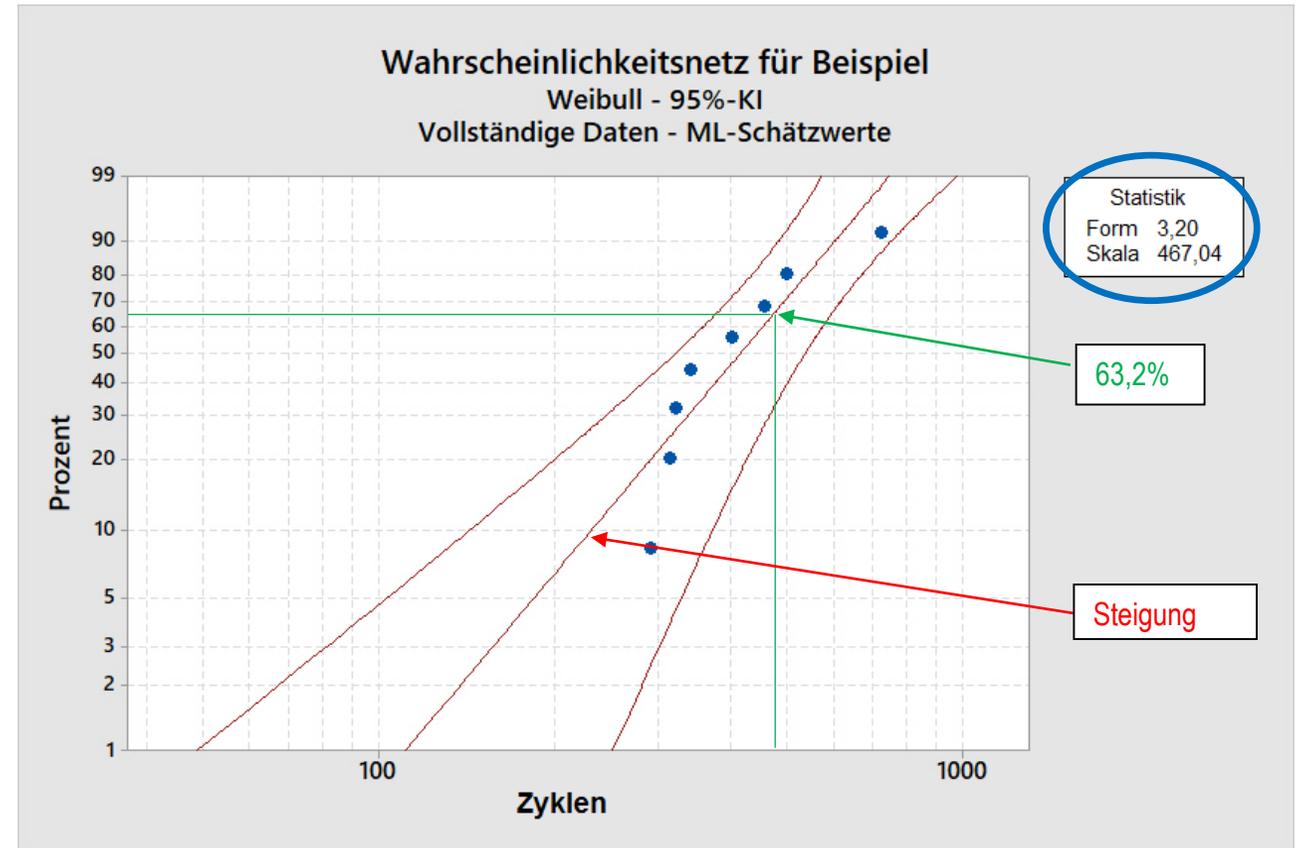
Coupon ID	Pwr Cycles	Pwr %	SenseA Cycles	SnsA %	SenseB Cycles	SnsB %	Results
S3-TC-1	314	0.4	314	10	314	7.1	Sense A
S3-TC-2	322	-0.8	322	10	322	0.4	Sense A
S3-TC-3	458	-0.2	458	10	458	1.8	Sense A
S3-TC-4	342	-0.2	342	10	342	6.4	Sense A
S3-TC-5	292	-0.2	292	10	292	2.6	Sense A
S3-TC-6	498	-0.7	498	10	498	7.0	Sense A
S3-TC-7	403	-1.3	403	10	403	3.8	Sense A
S3-TC-8	722	-0.5	722	10	722	2.6	Sense A

Beschränkte Übersichtlichkeit, kaum geeignet für Vergleiche zwischen mehreren Testreihen!

- Bessere Möglichkeit: Weibull-Diagramme

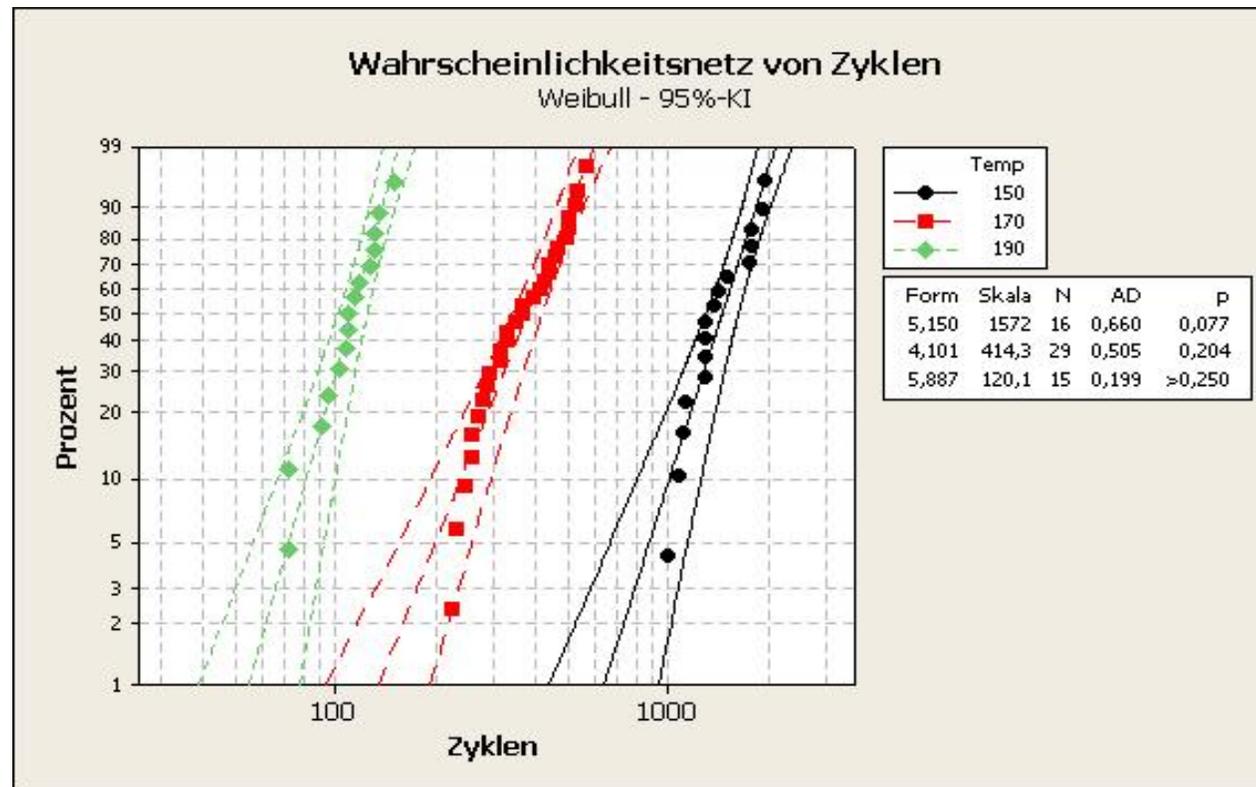
DARSTELLUNG DER TESTERGEBNISSE

- **Form:** Der Parameter gibt die Art der Verteilung an, was in dieser Darstellung konkret die Steigung der Fit-Geraden definiert.
- **Skala:** Dieser Parameter gibt an, wann 63,2% der Prüflinge ausgefallen sind und ist ein gut geeignetes Maß zum schnellen Vergleich verschiedener Testreihen.



DARSTELLUNG DER TESTERGEBNISSE

- Schneller und übersichtlicher Vergleich verschiedener Testreihen
- Beispiel: Testreihe mit identischen Coupons und unterschiedlichen Testtemperaturen:



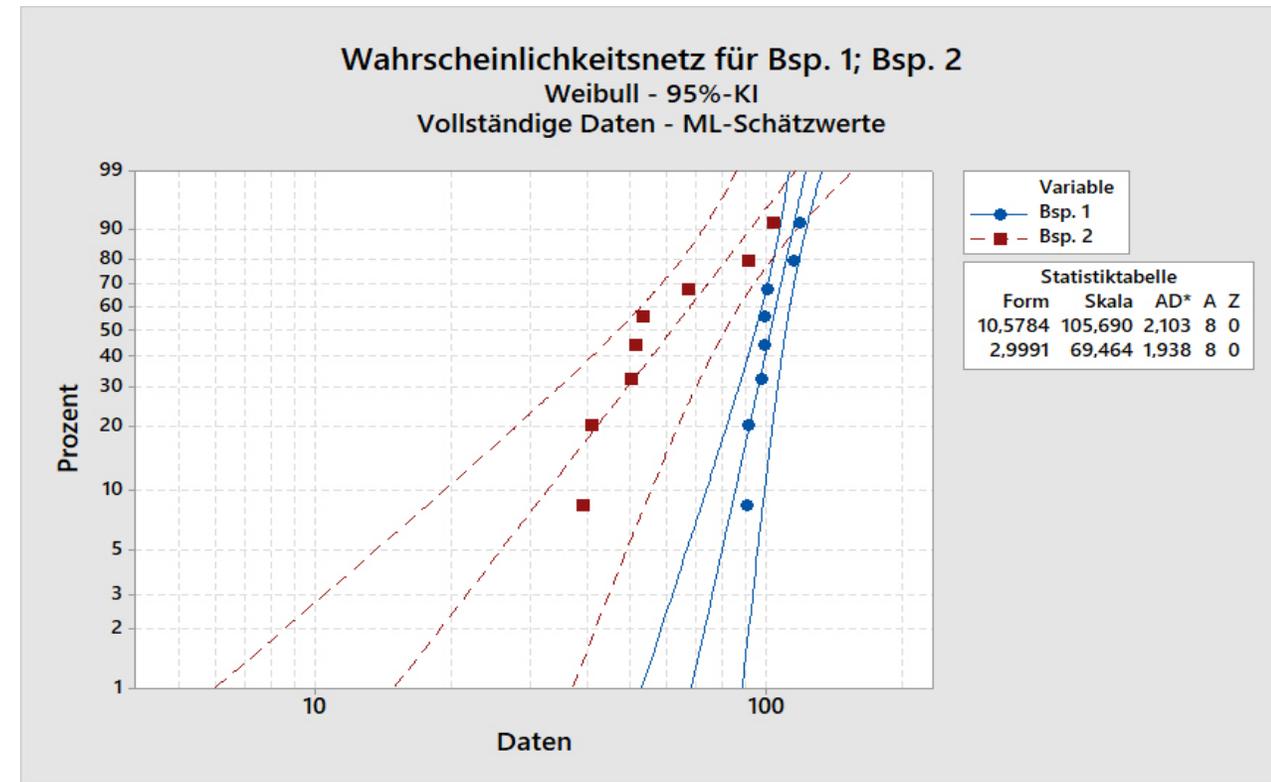
DARSTELLUNG DER TESTERGEBNISSE

Unterschiedliche Formfaktoren:

- Die Testreihen sind nicht miteinander vergleichbar, zum Erreichen der Vergleichbarkeit müssen entweder die Testparameter oder der Aufbau der Prüflinge angepasst werden. Beispiel: zu hohe Testtemperatur

ODER

- Der Nachweis wurde erbracht, dass die untersuchten Aufbauten/Prozesse/Maschinen/etc. nicht nur eine unterschiedliche Zuverlässigkeit haben, sondern sich auch hinsichtlich der Ausfallursachen bzw. Schädigungsmechanismen unterscheiden.





AGENDA

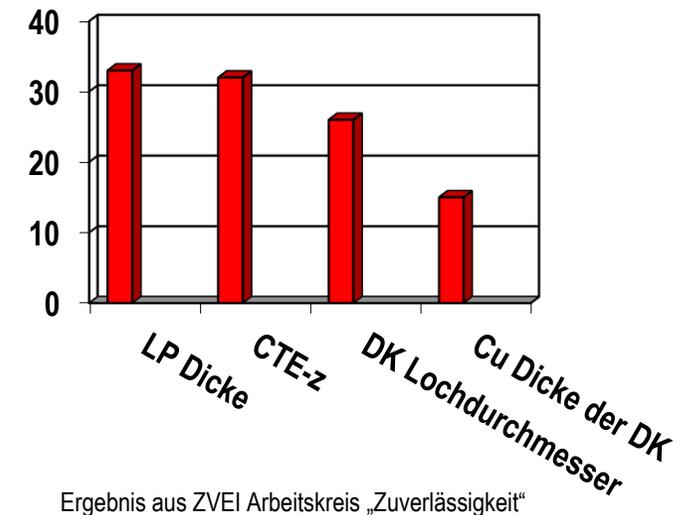
- 1 Einführung in die Zuverlässigkeit von Leiterplatten
- 2 Wie wird Zuverlässigkeit „gemessen“?
- 3 Darstellung der Testergebnisse
- 4 Einflussfaktoren Zuverlässigkeit
- 5 Portfolio zuverlässigkeitsbezogene Serviceleistungen

EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

- Die wichtigsten Einflussparameter hinsichtlich der Zuverlässigkeit von Durchkontaktierungen sind:

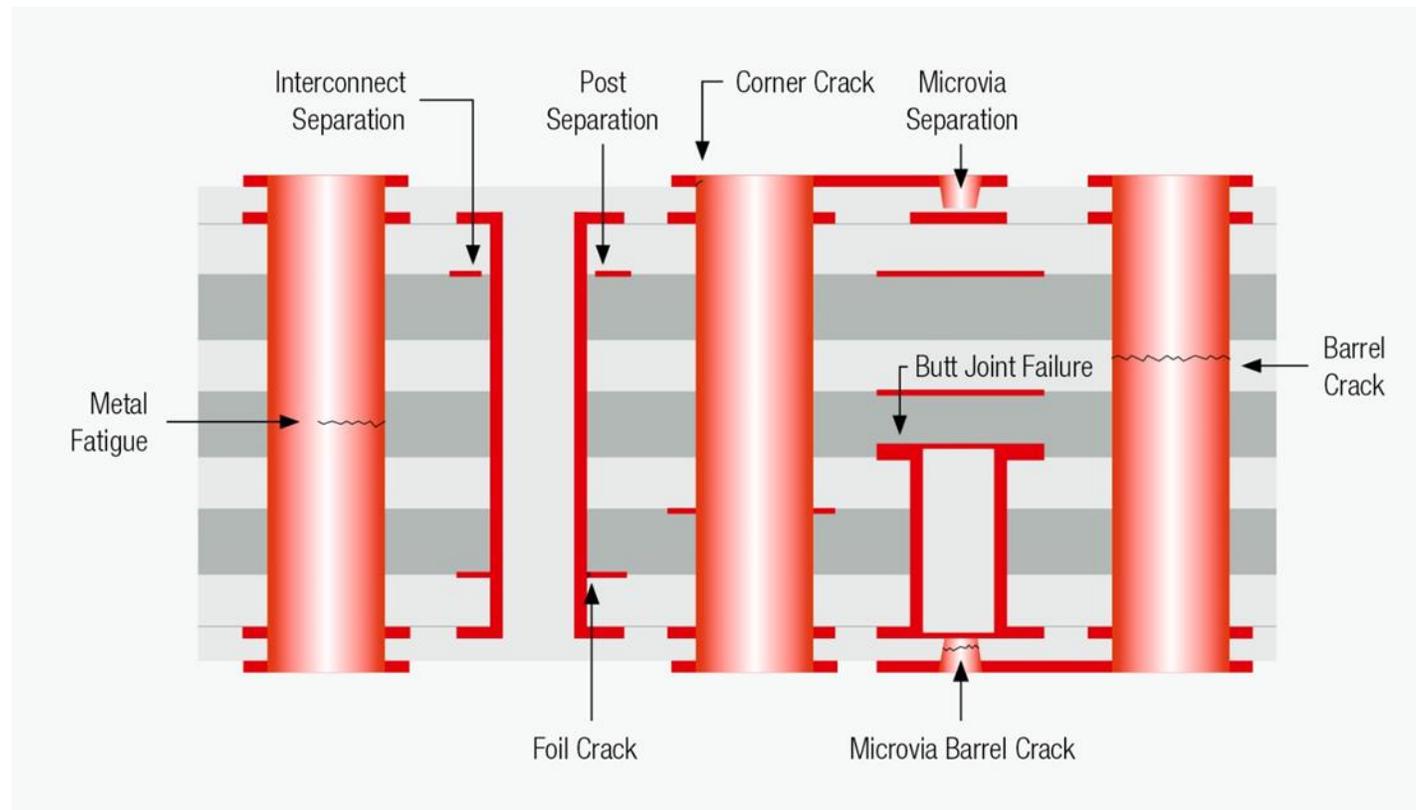
- Ausdehnungsverhalten (CTE_z) der Materialien
 - Unterschiedliche CTE_z der beteiligten Materialien
 - Leiterplattendicke!
- Querschnittsfläche der Kupfers auf welche die Kraft einwirkt
 - Durchmesser der Durchkontaktierung
 - Kupferschichtdicke in der Bohrung

Achtung: Eine höhere Dicke führt nicht zwangsläufig zu einer besseren Zuverlässigkeit!
- Einsatzbedingungen (!!!)



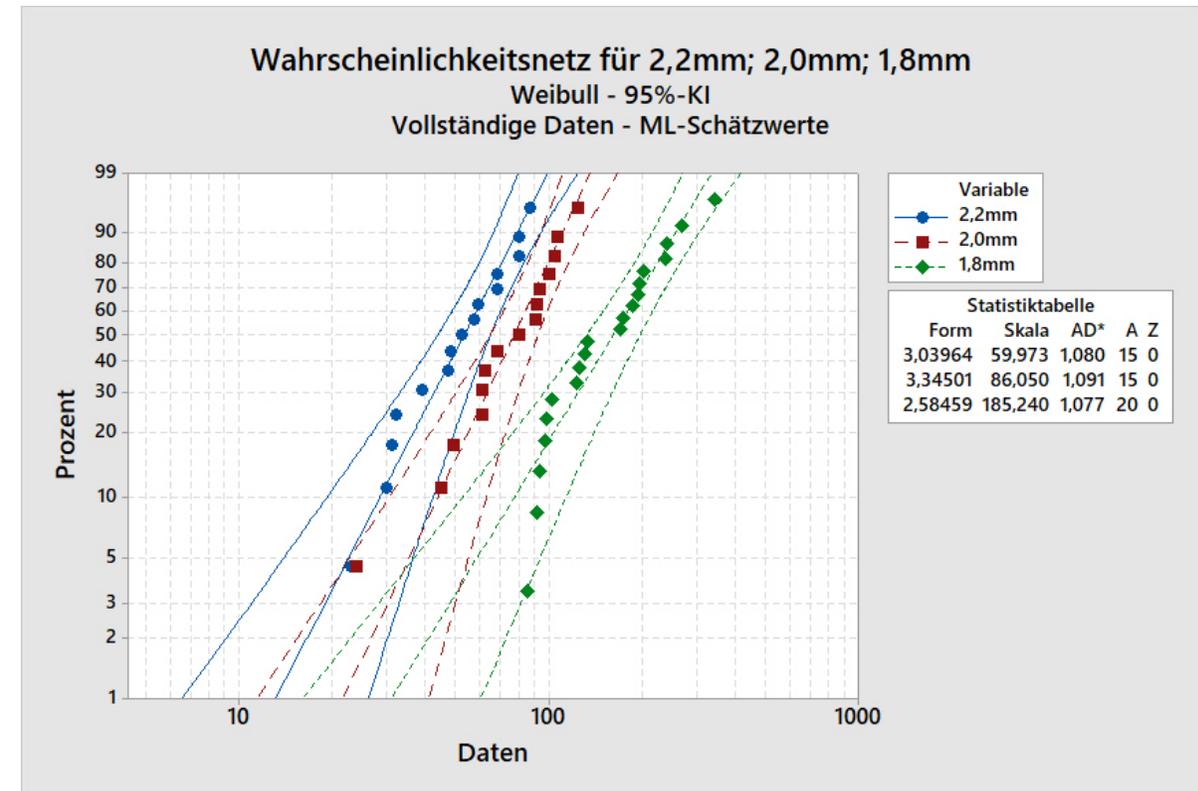
Ergebnis aus ZVEI Arbeitskreis „Zuverlässigkeit“

EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT



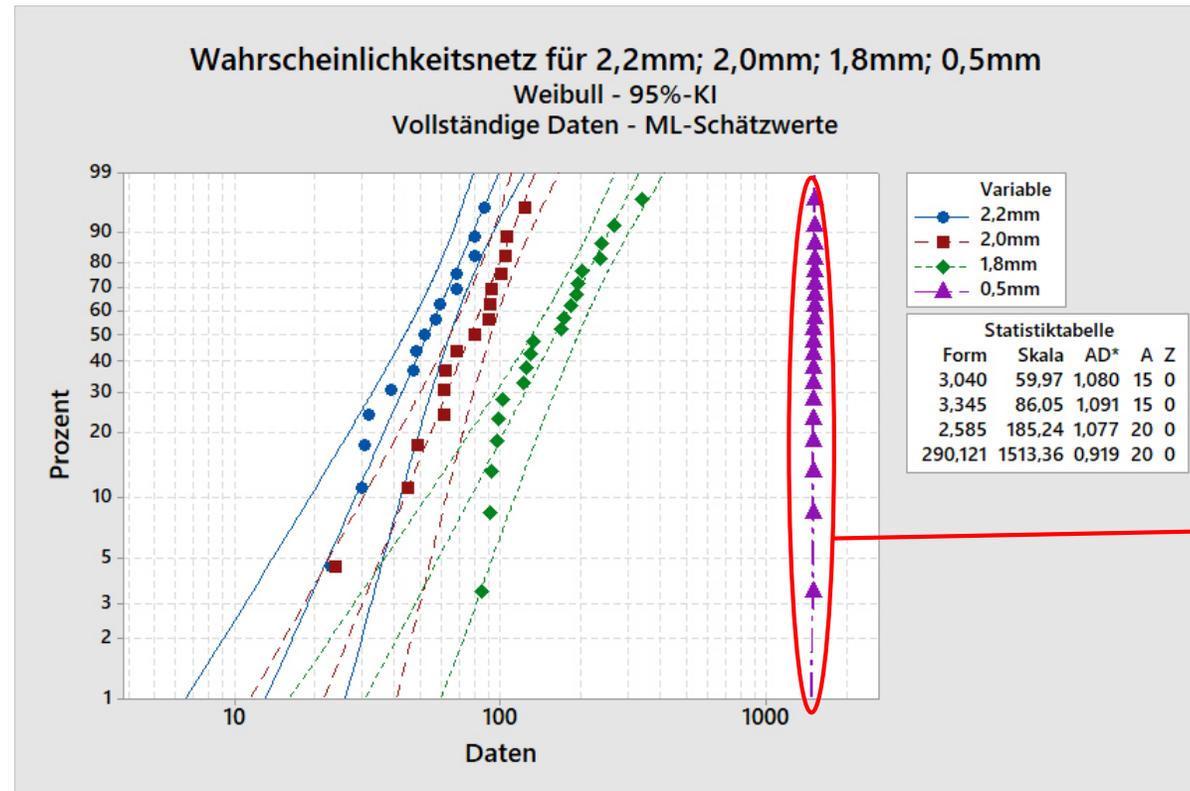
EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

- Der Einfluss der Leiterplattendicke ist enorm:
 - Ca. 20% Änderung der Leiterplattendicke können zu einer Änderung der Zuverlässigkeit um den Faktor 3 führen!



EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

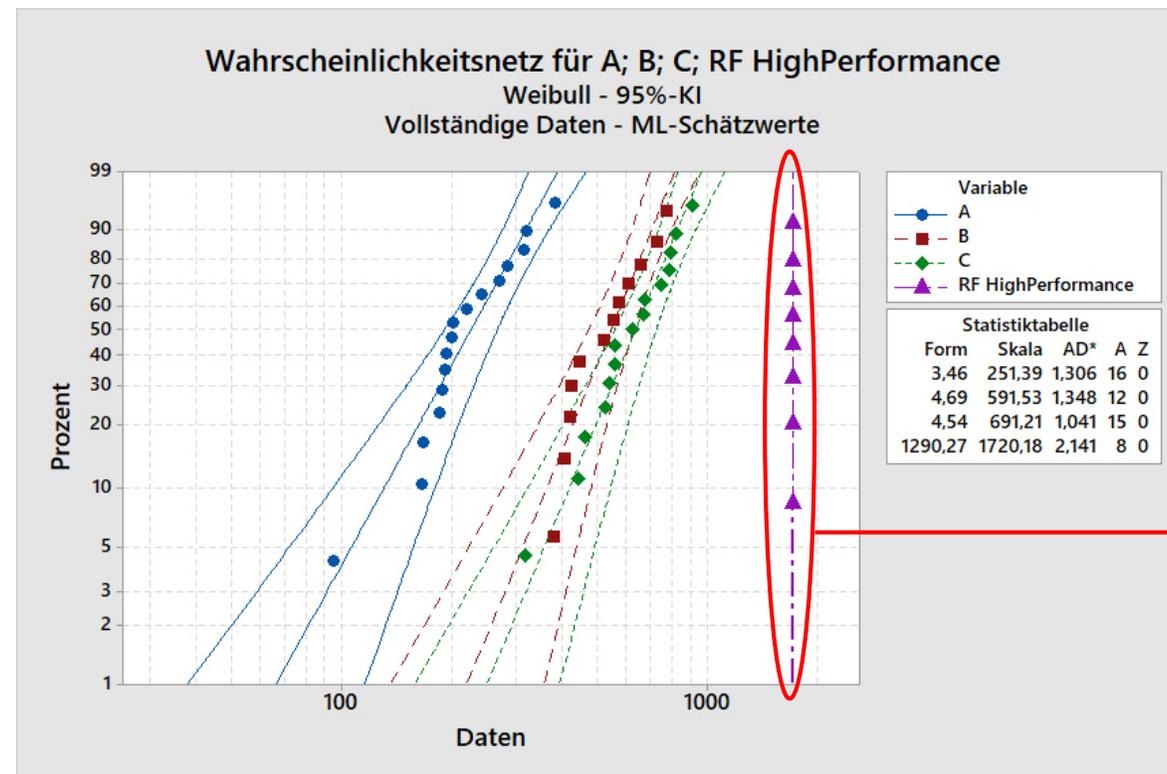
- Der Einfluss der Leiterplattendicke ist enorm:



Platten sind nicht ausgefallen, Test wurde gestoppt

EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

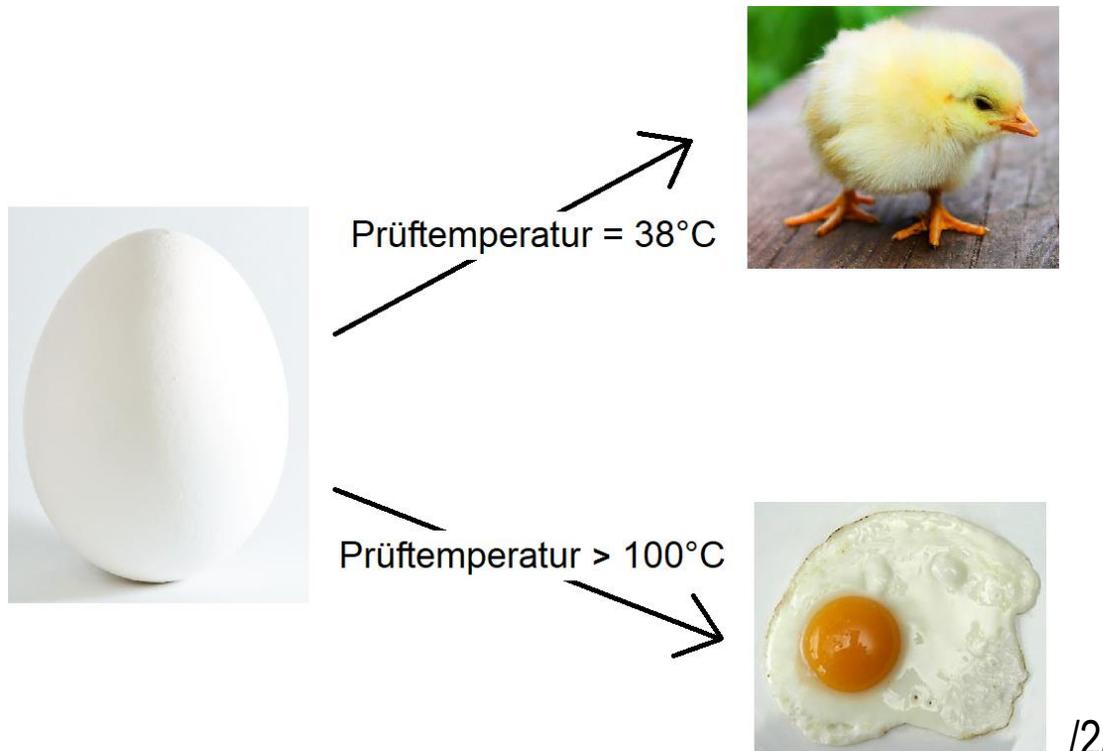
- Die Wahl des Basismaterials (CTEz) hat ebenfalls großen Einfluss auf die Zuverlässigkeit:



Platten sind nicht ausgefallen, Test wurde gestoppt

EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

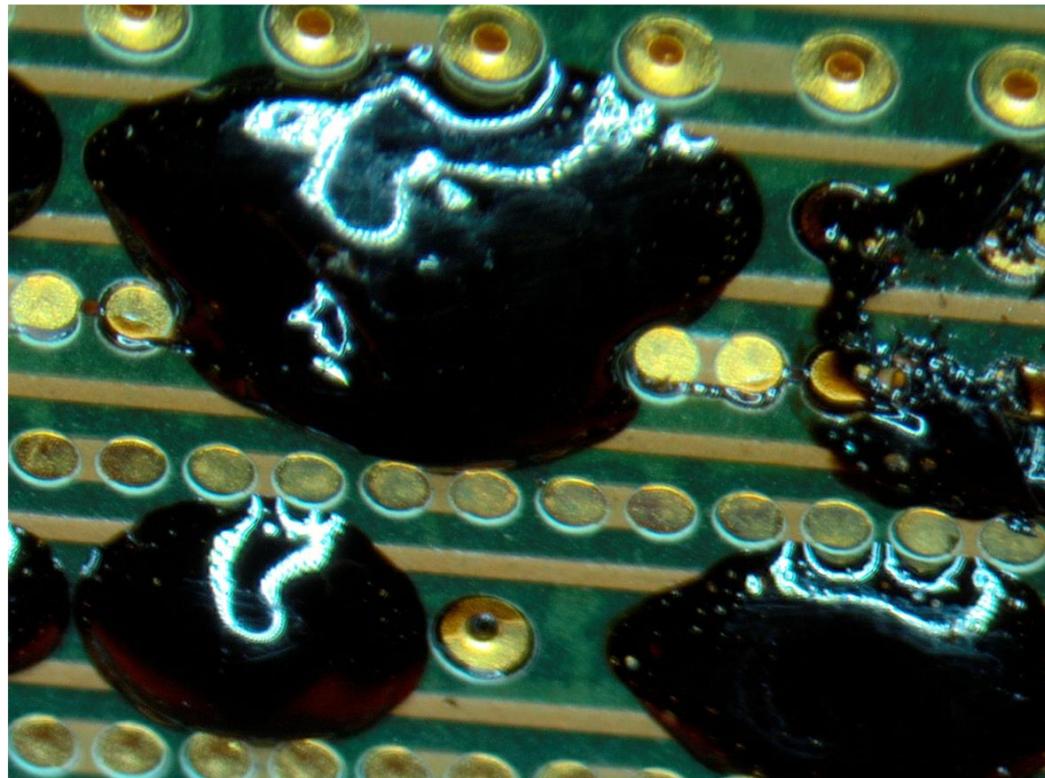
- Der gewählte Zuverlässigkeitstest muss zum Einsatzprofil der Leiterplatte passen!



- Sind die Testparameter zu „scharf“, ändern sich die Ausfallmechanismen.
- So gewonnene Testergebnisse sind unbrauchbar! (Siehe auch Formfaktor)

EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

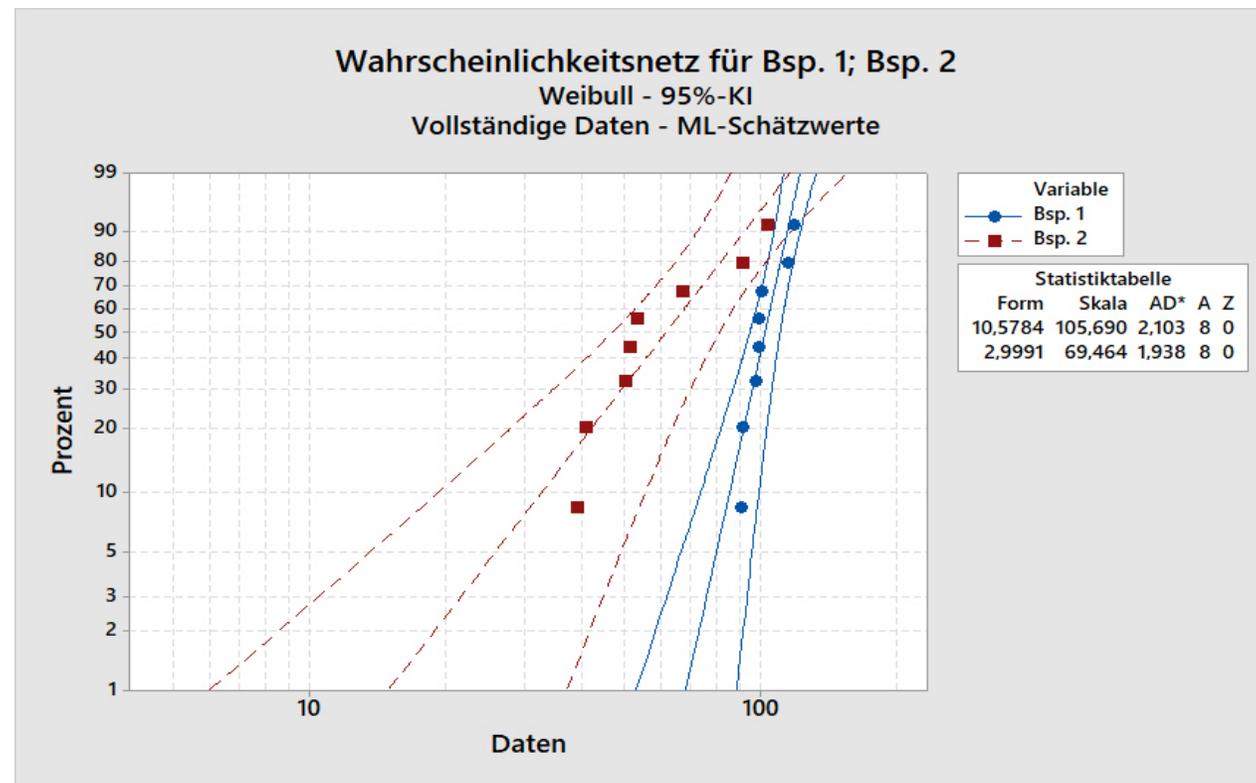
- Beispiel: Tg135-Material im IST mit precon-Temperatur 260°C



Zerstörung der
PCBs durch
Harzaustritt

EINFLUSSFAKTOREN ZUVERLÄSSIGKEIT

- Indikator: Formparameter der Weibull-Verteilung





AGENDA

- 1 Einführung in die Zuverlässigkeit von Leiterplatten
- 2 Wie wird Zuverlässigkeit „gemessen“?
- 3 Darstellung der Testergebnisse
- 4 Einflussfaktoren Zuverlässigkeit
- 5 Portfolio zuverlässigkeitsbezogene Serviceleistungen

PORTFOLIO TESTVERFAHREN



▪ **Verfügbare Tests bei WE Circuit Board Technology**

- TWT
- IST
- Klimalagerung
- Löttests (Reflow)
- Abzugstests
- TMA
- DSC
- CAF
- SIR
- FTIR

PORTFOLIO TESTVERFAHREN

▪ Serviceleistungen IST

- Überprüfbare Optimierungsvorschläge, z.B.:
 - Material
 - Aufbau
 - Bohrdurchmesser
 - Kupferschichtdicken
 - Nonfunctional Pads
 - ...
- Tests mit Sondermaterialien
- Absicherung der Zuverlässigkeit
 - Initial für ein Produkt
 - Für jedes Los
 - Für jedes Panel (\triangleq jede PCB)

Achtung: Kosten und Aufwand!

PORTFOLIO TESTVERFAHREN

Expertise in Prüftechnik und Leiterplattentechnik



Schnelle, zeitsparende Simulation der Fertigungs- und Einsatzbedingungen

- Empfehlung geeigneter Testparameter
- Design Testcoupons
- Mehrfache Reflow-Simulation, beschleunigte Lebensdauerprüfung



Intensives Monitoring zur punktgenauen Entdeckung von Schwachstellen

- Ständige Aufzeichnung des „Gesundheitszustandes“ der Testcoupons
- Zeitpunkt des Fehlereintritts präzise erkennbar, 100% dokumentiert
- Exakte Lokalisierung des Fehlerortes, zielgenaue Schliffpräparation



Statistische Auswertung

- Lebensdauerdaten
- Fehlerarten



Identifikation von Einflussgrößen und Ableitung von Designempfehlungen

- Austausch zu den Testergebnissen
- Anpassung der Testbedingungen

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



Welche

Anforderungen

haben Sie?

Wie kann WE

Sie unterstützen?

REFERENCES



- /1/: Design and Construction Affects on PWB Reliability, Paul Reid, PWB Interconnect Solutions
- /2/: Konsequenzen der fortlaufenden Miniaturisierung in der Elektronik, Zuverlässigkeit von Lötverbindungen miniaturisierter Bauteile, EMPA 13.06.2019, Heinz Wohlrabe