



THR – THROUGH HOLE REFLOW

Frank Gräber
Field Application Engineer

PUBLIC

WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT

Agenda

- Entstehung von THR
- Anforderungen an das Bauteil und dessen Grundmaterialien
- Layout und Schablonenvorschläge
- Prozess und Stufen der Verarbeitung
- Qualitätsansprüche nach IPC-A-610
- Vorteile von THR
- Zusammenfassung



Entstehung von THR

- Seit den 50er Jahren THT (Through Hole Technologie)
- Seit den 80er Jahren auch immer mehr SMT (Surface Mount Technology)
- Besonders bei Steckverbindern müssen aber Steck- und Ziehkräfte beachtet werden
- Die Lösung ist THR (Through Hole Reflow)

50er



80er



Heute



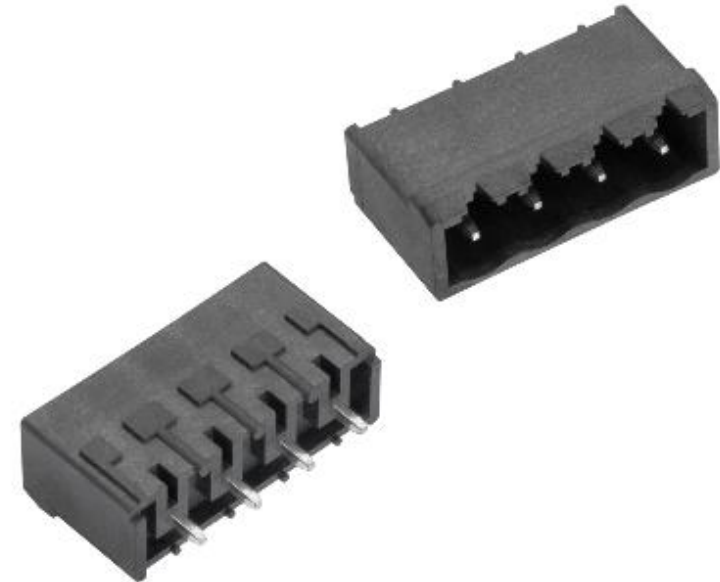
Source : Trilogy of connectors picture 2.68

Anforderungen an das Bauteil und dessen Grundmaterialien

- Was muss an einem THR-Bauteil geändert werden?
 - Gehäuse (Form und Grundmaterial)
 - Kontakte



Source : Homepage 691311500103



Source : Homepage 691701510004B

Anforderungen an das Bauteil und dessen Grundmaterialien

- Der Kunststoff muss für den Temperaturbereich bis 260°C laut IPC/JEDEC J-STD-020 geeignet sein

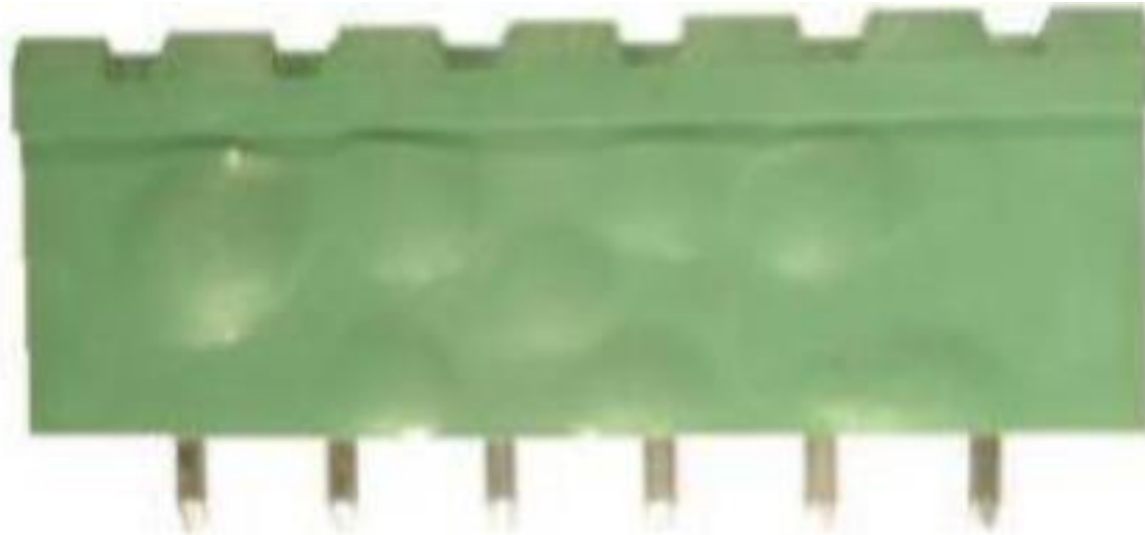


Source : Trilogy of connectors picture 2.80

- Bevorzugt wird deswegen LCP (Liquid Crystal Polymer) als Kunststoff verwendet
 - Hochtemperaturfest
 - Dimensionsstabil (Rastertreu im Bestückungsprozess)
 - Feuchtigkeitsempfindlichkeitsstufe 1 (Moisture Sensitivity Level 1 = MSL 1)

Anforderungen an das Bauteil und dessen Grundmaterialien

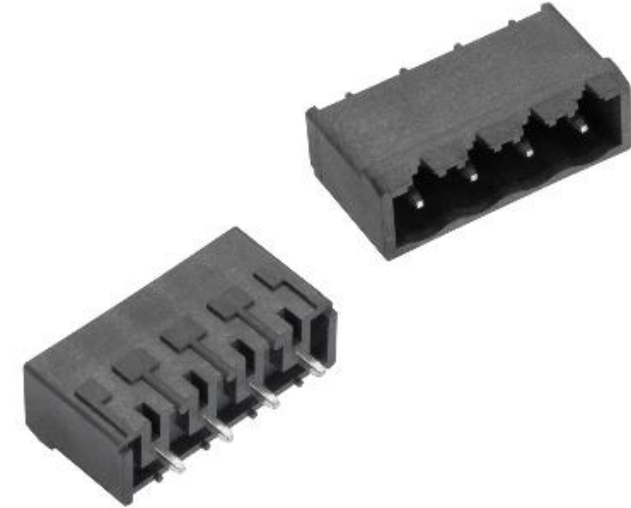
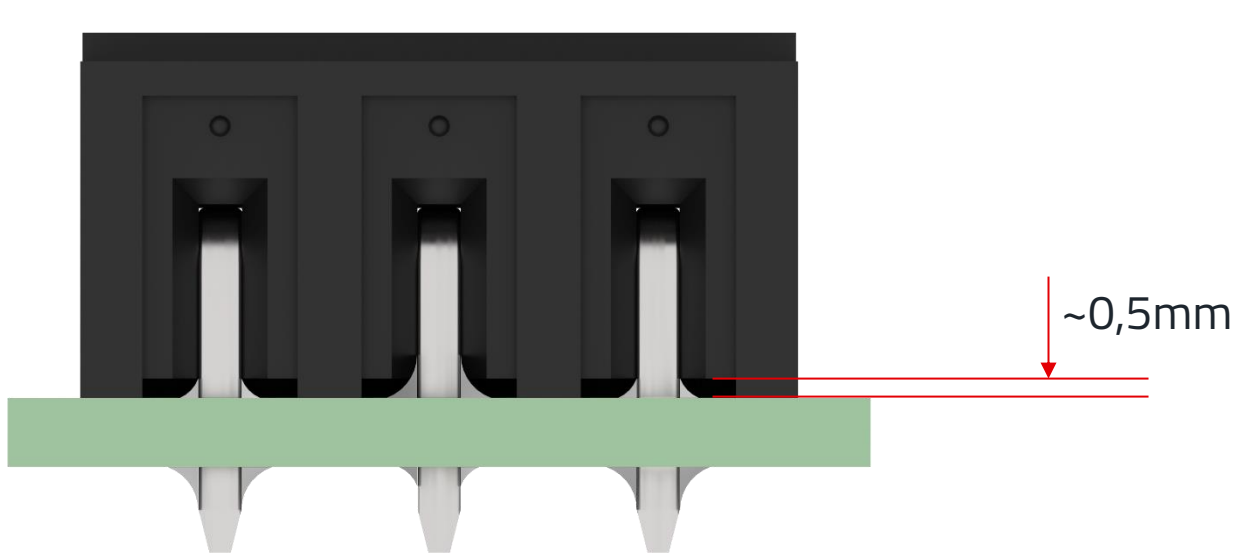
- Bei anderen Polymeren (z.B. PA9T) ist der Feuchtigkeitsgehalt im Zusammenhang mit der thermischen Einwirkung im Reflow Lötprozess zu beachten



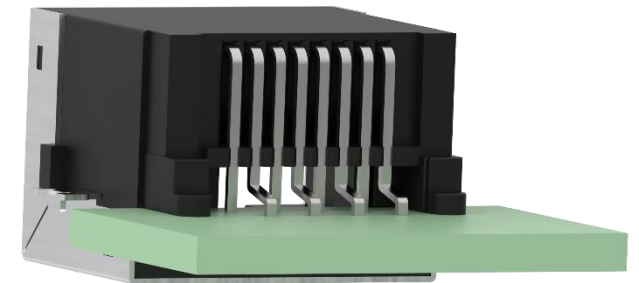
Source : Trilogy of connectors picture 2.79

Anforderungen an das Produkt und dessen Grundmaterialien / Gehäuse

- Damit ein Bauteil THR-Kompatibel wird, sind auch Änderungen an der Gehäuseform notwendig

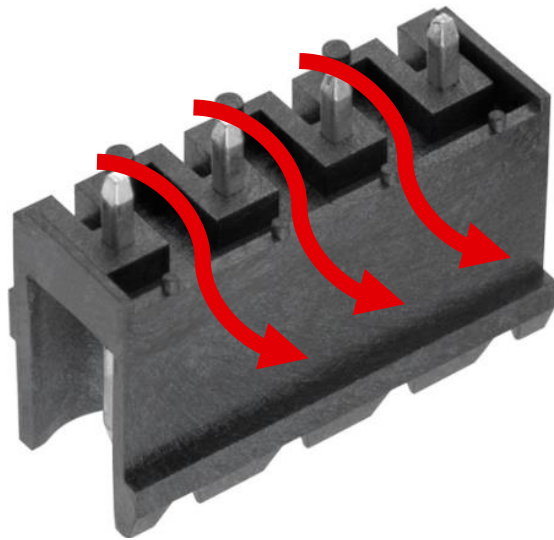


- Die Stifte (Standoffs) sorgen für den nötigen Abstand zur Lotpaste (min. 0,3mm- besser 0,5mm)
- Koplanarität kleiner als 0,15mm laut DIN EN 61760-3
- Ermöglichen eine Sichtprüfung
- Luftfluss unter dem Gehäuse
- Lotpastendepot unter dem Bauteil und Ausbildung des Lötmeniskus möglich



Anforderungen an das Produkt und dessen Grundmaterialien / Gehäuse

- Durch den Luftstrom wird die Wärme an die Lötstelle transportiert, das Bauteil wird meist nicht durcherwärmt



Source : Homepage 691701500004B

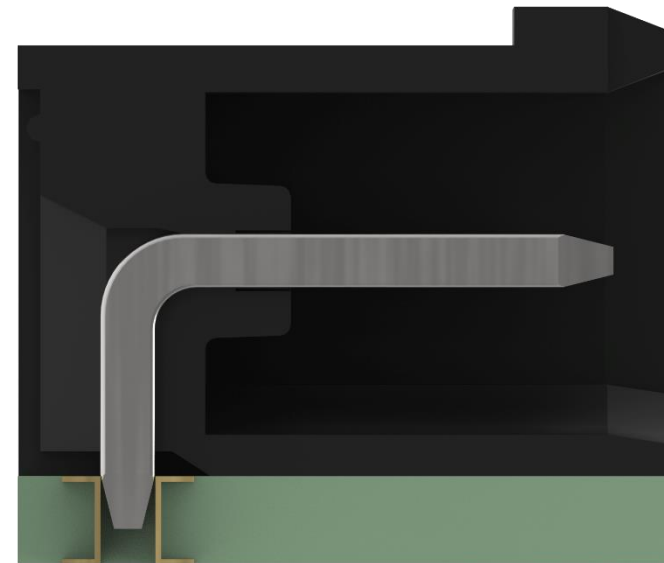


Source : https://katalog.we-online.de/de/em/WP-THRBU_THROUGH-HOLE

- Dadurch lassen sich auch Bauteile mit großem Volumen im Reflow Prozess löten

Anforderungen an das Produkt und dessen Grundmaterialien / Kontakte

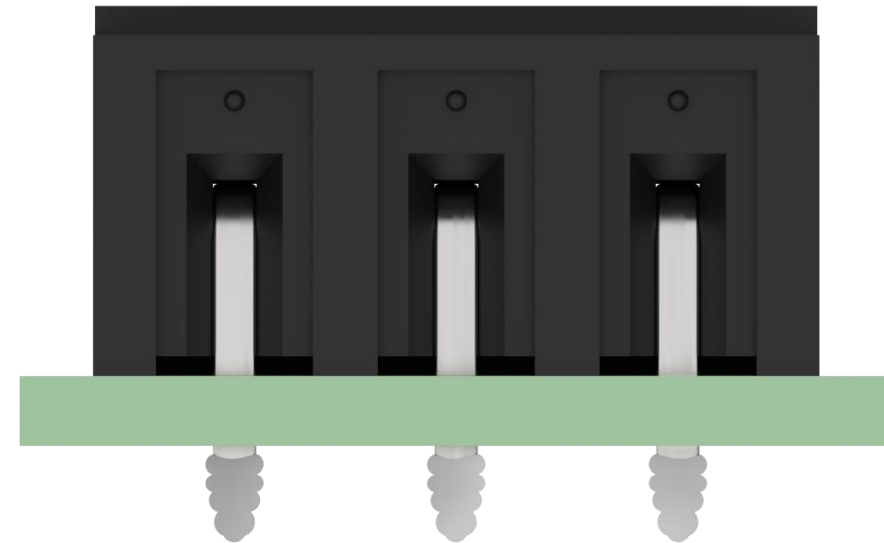
- Auch die Kontakte müssen angepasst werden
- Was fällt bei dem folgenden Beispiel auf?
 - Bei einem zu kurzem Pin ist die mechanische Stabilität nicht gegeben
 - Laut DIN EN 61760-3 sollte der Pin min. 0,5mm überstehen (nicht zwingend)
 - Enden die Pins in der PCB ist der Ersteller für die optische Prüfung verantwortlich
 - IPC-A-610 wird evtl. nicht erfüllt



Source : eiCan

Anforderungen an das Produkt und dessen Grundmaterialien / Kontakte

- Auch die Kontakte müssen angepasst werden
- Was fällt bei dem folgenden Beispiel auf?
 - Bei zu langem Pin kann die Lotpaste durchgeschoben werden
 - Lötperlenbildung
 - Eine Sichtprüfung wird schwierig / unmöglich
 - Bei Würth Elektronik 2,6mm Pinlänge



Source : eiCan

Anforderungen an das Produkt und dessen Grundmaterialien / Kontakte

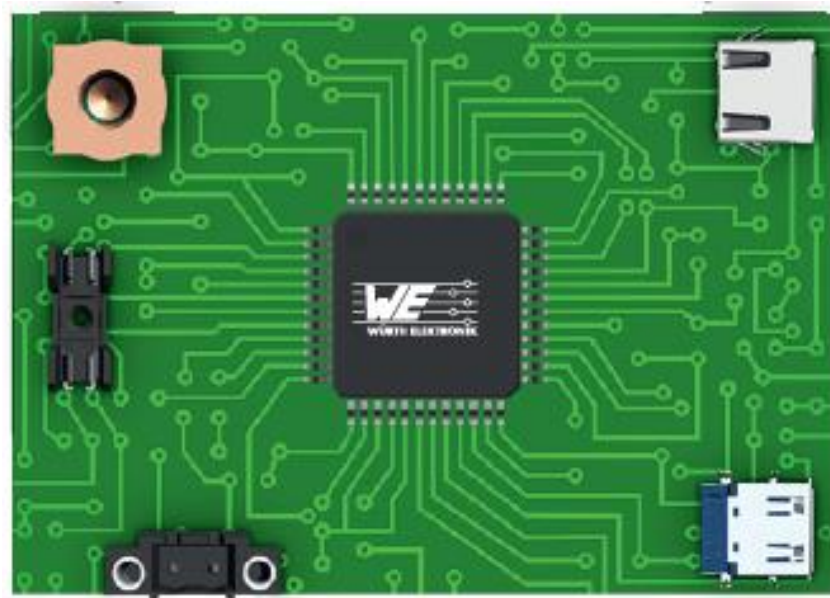
- Ein kleiner Ausflug in die IPC-A-610 und die 3 generellen Klassen für elektronische Produkte
- Klasse 1: Allgemeine Elektronikprodukte
 - Keine erhöhten Anforderungen an die Funktion
- Klasse 2: Elektronikprodukte mit erhöhten Ansprüchen
 - Produkte mit ständiger Funktionsfähigkeit
 - Unterbrechungen im Betrieb sind nicht erwünscht, aber nicht kritisch
 - Keine besonderen Umgebungsbedingungen
- Klasse 3: Hochleistungselektronik
 - Produkte mit ständiger Funktion / Verfügbarkeit
 - Unterbrechungen sind nicht erwünscht und auch kritisch
 - Außergewöhnliche Umgebungsbedingungen



Source : Marketing

Layout- und Schablonenvorschläge

- Die Bauteile sind nun komplett betrachtet
- Folgende Punkte werden für das Layout und die Schablonenberechnung benötigt:

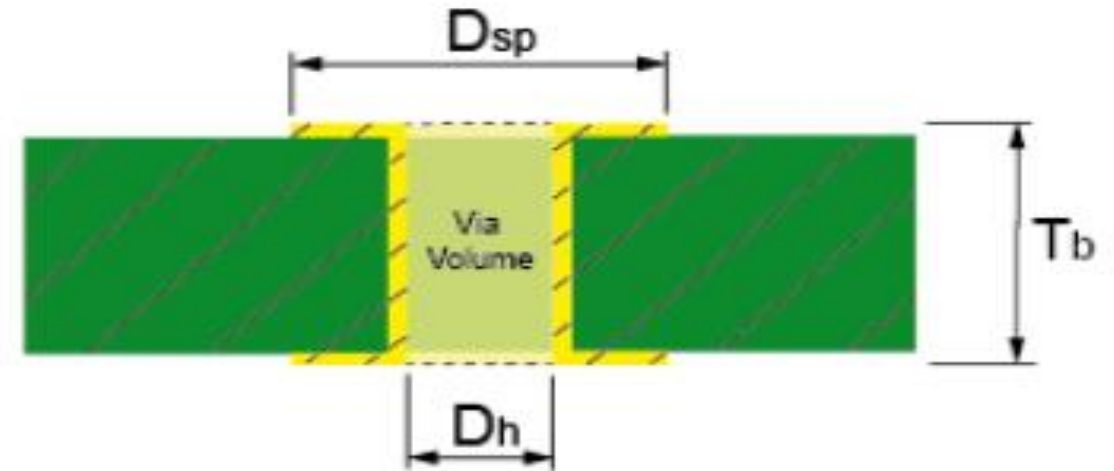


Source : Flyer BCF THR_technology

Layout- und Schablonenvorschläge

Volumenberechnung für die PCB (Bestückungsloch)

- $V_{\text{Via}} = \pi \frac{D_h^2}{4} \times T_b$
- T_b : Platinendicke
- D_h : Bestückungsl Lochdurchmesser = Pindurchmesser + 0,3mm bei rundem Pin (0,25mm bei rechteckigem Pin)
- D_{sp} : Löt pad Durchmesser = D_h (+0,6 bis 0,8mm)



Source : Definition of the stencil design for our THR WE France

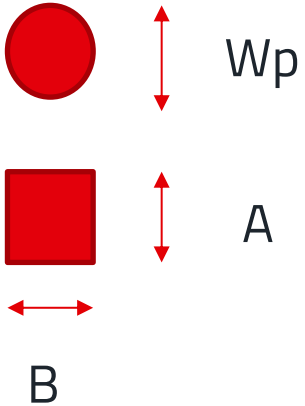
Layout- und Schablonenvorschläge

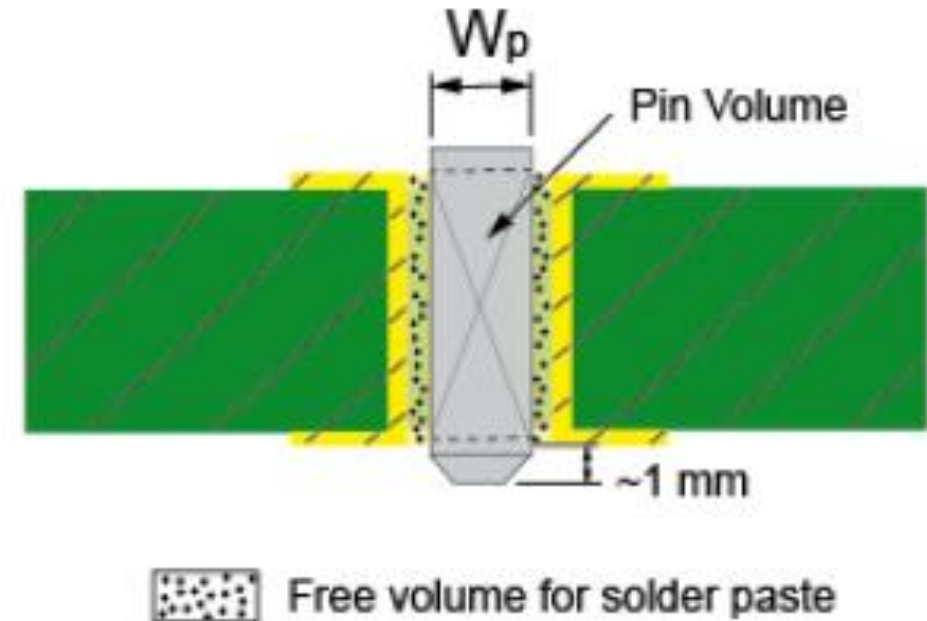
Volumenberechnung des Pins

- $V_{\text{Pin}} = \pi \times \text{Pinradius}^2 \times \text{Platinendicke}$

- Für runde Pins: $\text{Pinradius} = \frac{W_p}{2}$

- Für eckige Pins: $\text{Pinradius} = \sqrt{\frac{A \times B}{\pi}}$





Source : Definition of the stencil design for our THR WE France

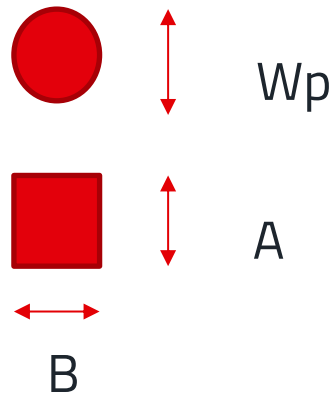
Layout- und Schablonenvorschläge

Volumenberechnung des Lötmeniskus mit der Pappus-Guldin Formel

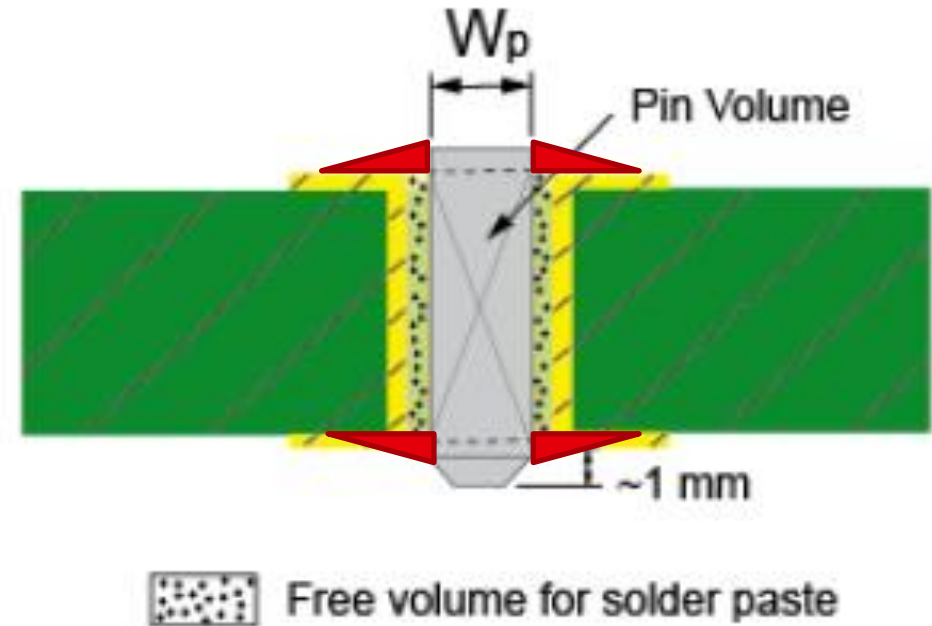
- $V_{\text{Meniskus}} = 0,215 \times C^2 \times (0,2334 \times C + \text{Pinradius}) \times 2 \pi$

- Für runde Pins: $\text{Pinradius} = \frac{W_p}{2}$

- Für eckige Pins: $\text{Pinradius} = \sqrt{\frac{A \times B}{\pi}}$



- $C = \frac{\text{Lötpaddurchmesser} - \text{Pindurchmesser}}{2}$



Source : Definition of the stencil design for our THR WE France

Layout- und Schablonenvorschläge

Zusammenfassung

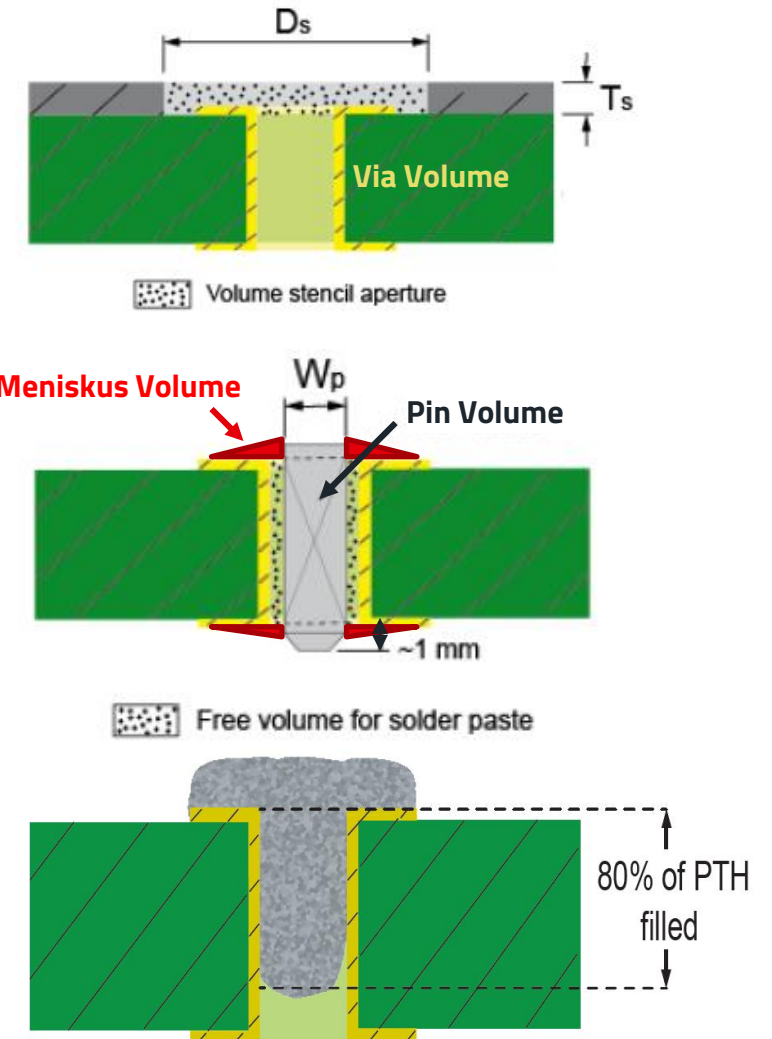
- **Berechnung des Lotpastenvolumens und der Schablonenöffnung**

$$V_{\text{Lotpaste}} = (2 \times V_{\text{Meniskus}} + V_{\text{Via}} - V_{\text{Pin}}) \times 2$$

- **Das Gesamtvolumen wird mal 2 genommen, da gängige Lotpasten zu 50 Volumenprozent aus Flussmittel und zu 50 % aus metallischen Bestandteilen bestehen.**

$$\text{Schablonenöffnung [mm}^2\text{]} = \frac{V_{\text{Lotpaste}}}{T_s (\text{Schablonendicke})}$$

- **Paste im Loch beachten (variiert je nach Durchmesser und Schablonenhöhe, Bsp. ist bei 150µm Höhe)**

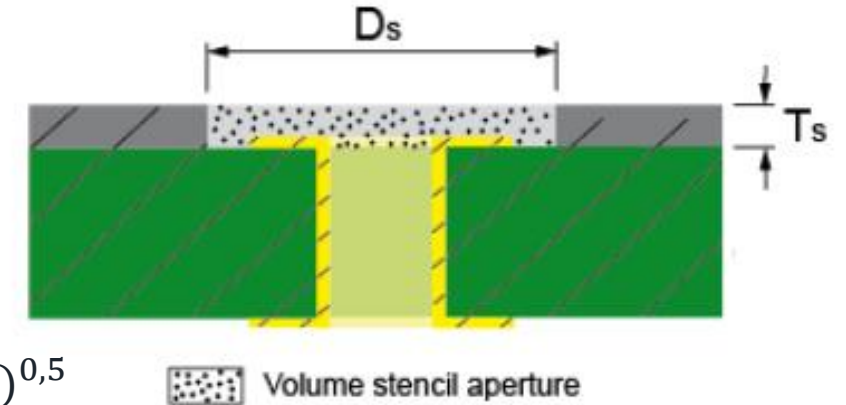
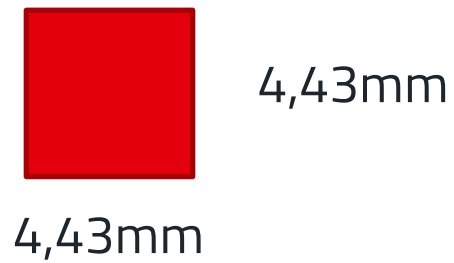


Source : Trilogy of connectors picture 2.101

Layout- und Schablonenvorschläge

- Berechnung der Schablonenöffnung

- Durchmesser für eine runde Öffnung = $2x\sqrt{\frac{\text{Schablonenöffnung in mm}^2}{\pi}}$
- Seiten bei einer quadratischen Öffnung = $\text{Schablonenöffnung (in mm}^2\text{)}^{0,5}$
- Wenn eine Seite vorgegeben ist,
Schablonenöffnung in mm² durch diese Seite teilen
- Bsp. mit 19,62mm² Schablonenöffnung:



Quelle: Definition of the stencil design for our THR WE France

Layout- und Schablonenvorschläge

- Oder Sie sprechen uns an:

WE

WÜRTH ELEKTRONIK

THR (trough hole reflow) stencil calculation

Fill in grey fields only !

for circular pin

solder pad diameter "s"	2,00 [mm]
plated hole diameter "D"	1,10 [mm]
pin diameter "d"	0,50 [mm]
board thickness "t"	1,00 [mm]
paste reduction factor	0,50
stencil height "h"	0,17 [mm]

V _{pin}	0,20 [mm³]
V _{hole}	0,95 [mm³]
V _{fillets}	0,63 [mm³]
V _{total}	1,39 [mm³]
V _{paste}	2,78 [mm³]

stencil aperture area	16,34 [mm²]
if rounded -> diameter is:	4,56 [mm]
if square -> plain is:	4,04 [mm]

if rectangular: enter first plain	4,00 [mm]
second plain is:	4,08 [mm]

„circular pin“

for rectangular pin

solder pad diameter "s"	2,10 [mm]
plated hole diameter "D"	1,10 [mm]
pin width "w"	0,70 [mm]
pin length "l"	0,55 [mm]
board thickness "t"	1,10 [mm]
paste reduction factor	0,70
stencil height "h"	0,15 [mm]

V _{pin}	0,42 [mm³]
V _{hole}	1,05 [mm³]
V _{fillets}	0,67 [mm³]
V _{total}	1,29 [mm³]
V _{paste}	1,85 [mm³]

stencil aperture area	12,31 [mm²]
if rounded -> diameter is:	3,96 [mm]
if square -> plain is:	3,51 [mm]

if rectangular: enter first plain	4,00 [mm]
second plain is:	3,08 [mm]

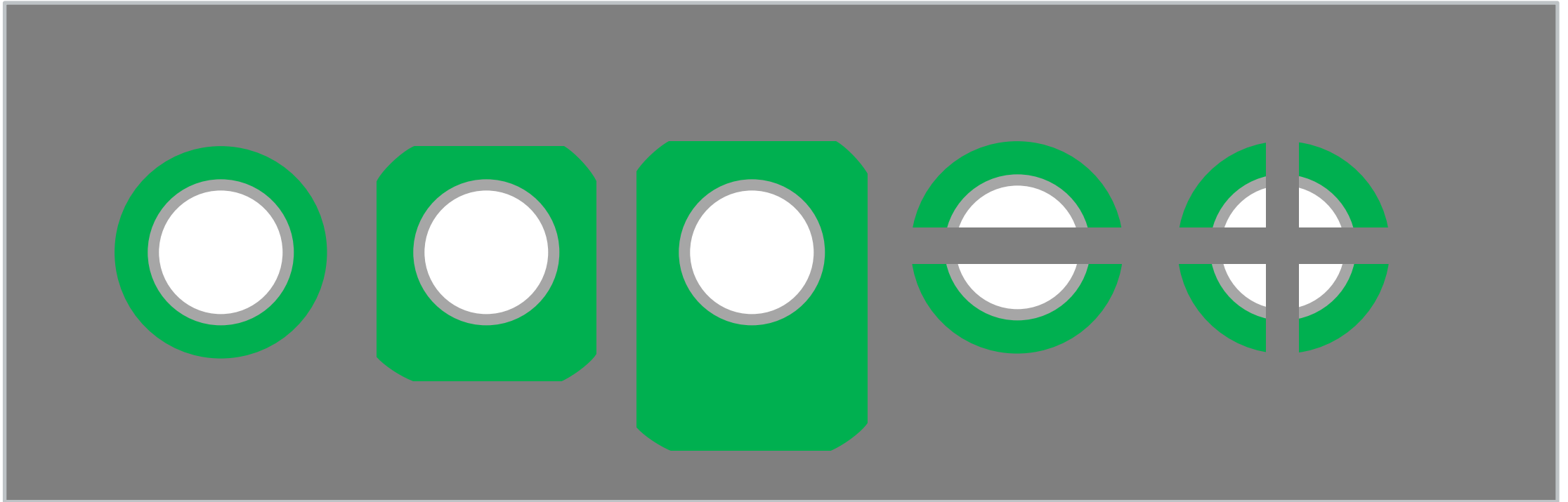
„rectangular or square pin“

Quelle: Stencil calculator WE

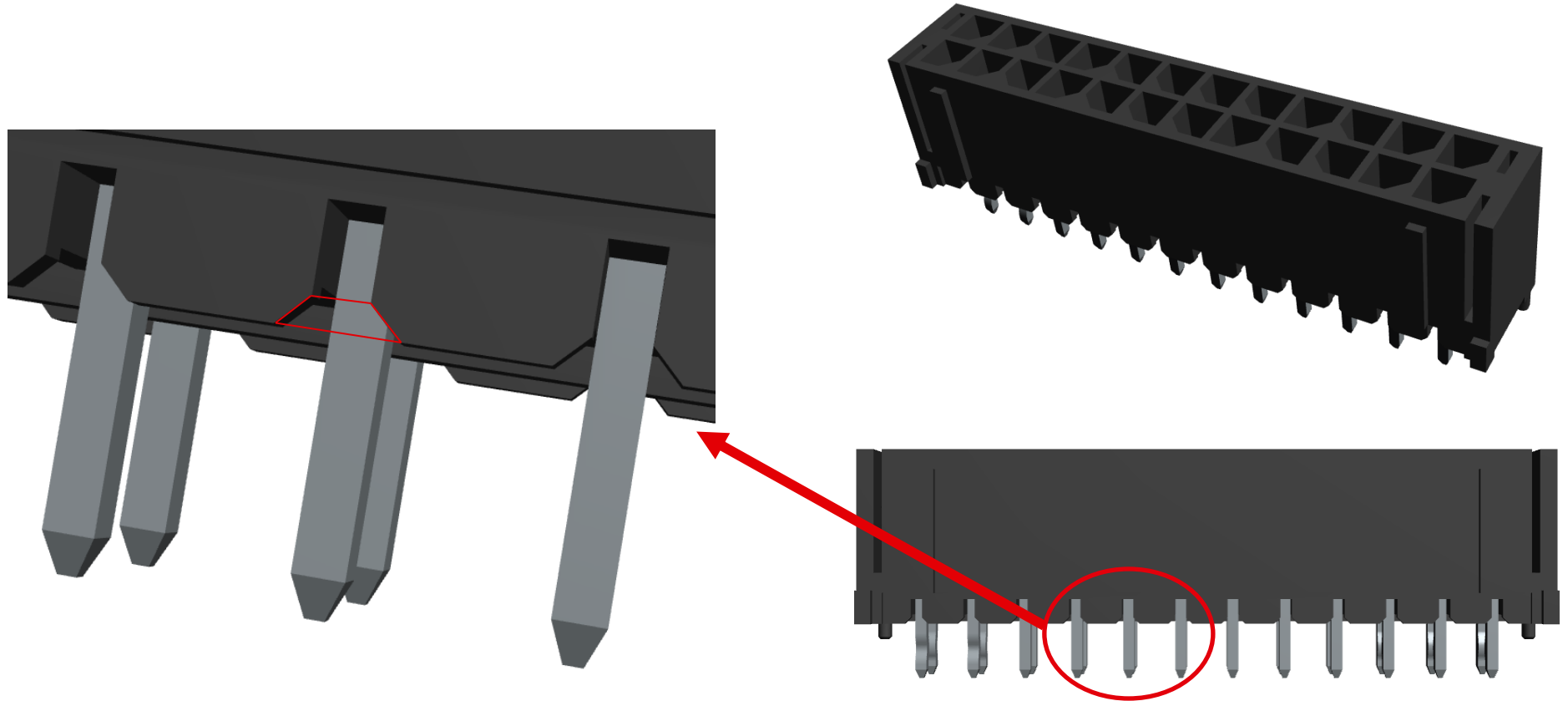
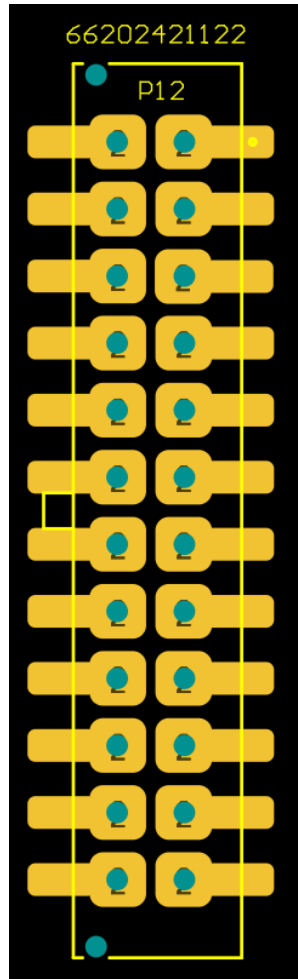
21 | THR - THROUGH HOLE TECHNOLOGY
PUBLIC | FRG | 24-VO-DE

Layout- und Schablonenvorschläge

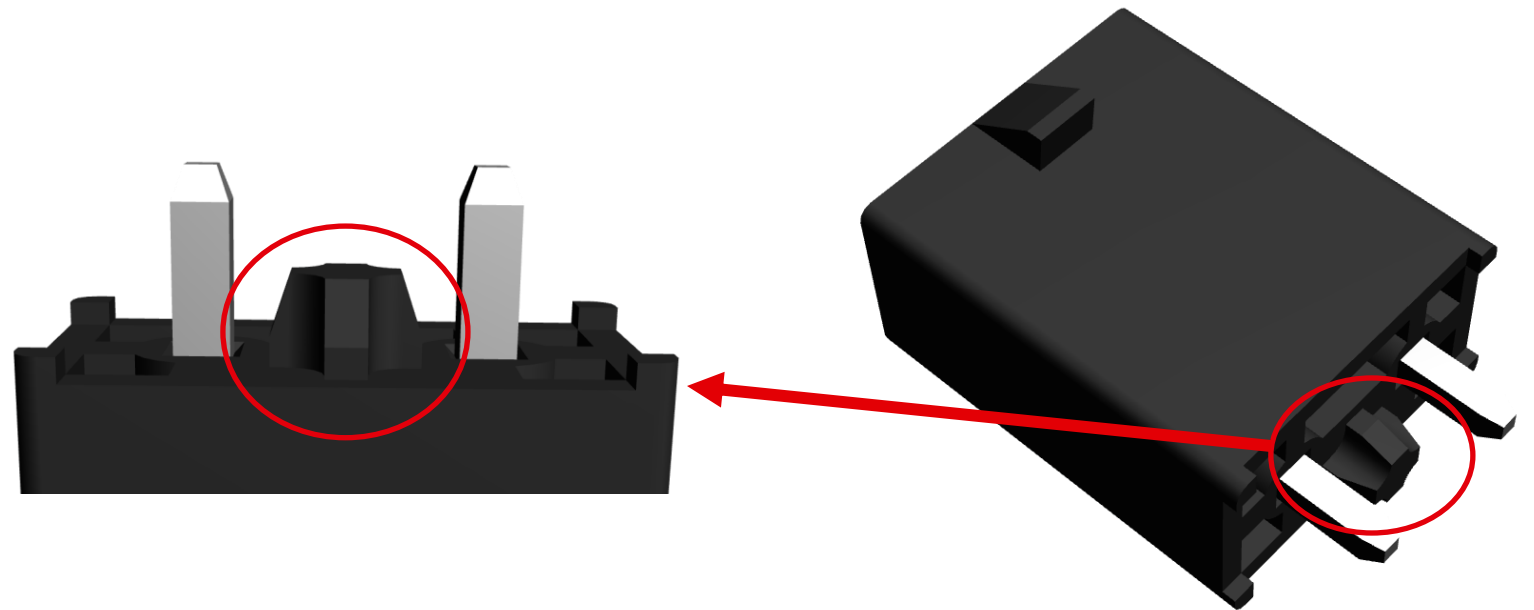
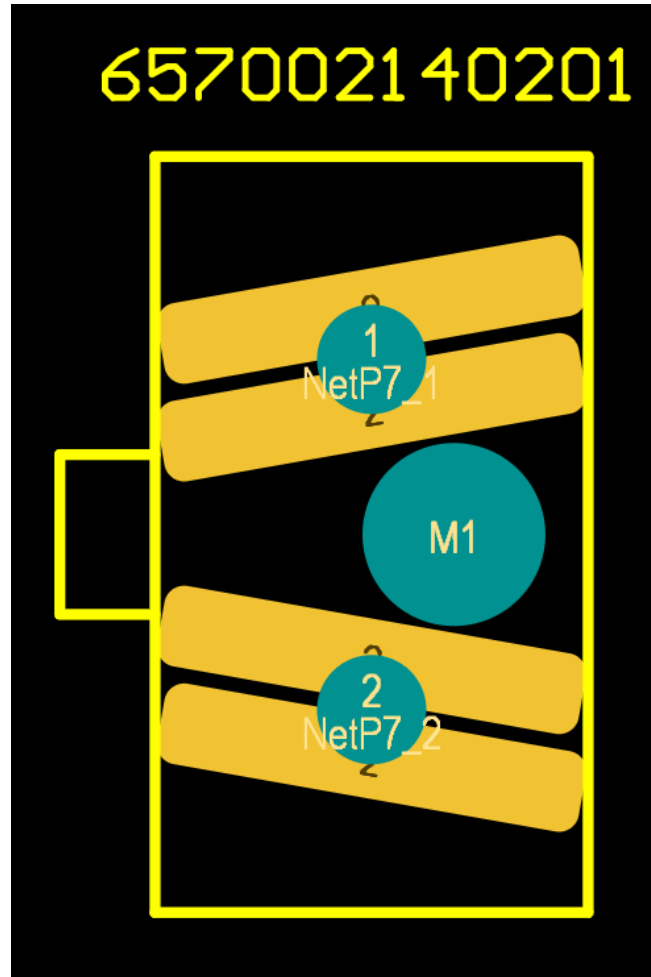
- Typische Schablonenöffnungen



Layout- und Schablonenvorschläge



Layout- und Schablonenvorschläge



Prozess und Stufen der Verarbeitung

■ Der Fertigungsprozess

- Wie bei einem SMD Bauteil
- Vollautomatische Bestückung
- Lötung im Reflowofen

Pastendruck

Pick-and-Place

Reflowofen



Inspektion

Manuelle Platzierung

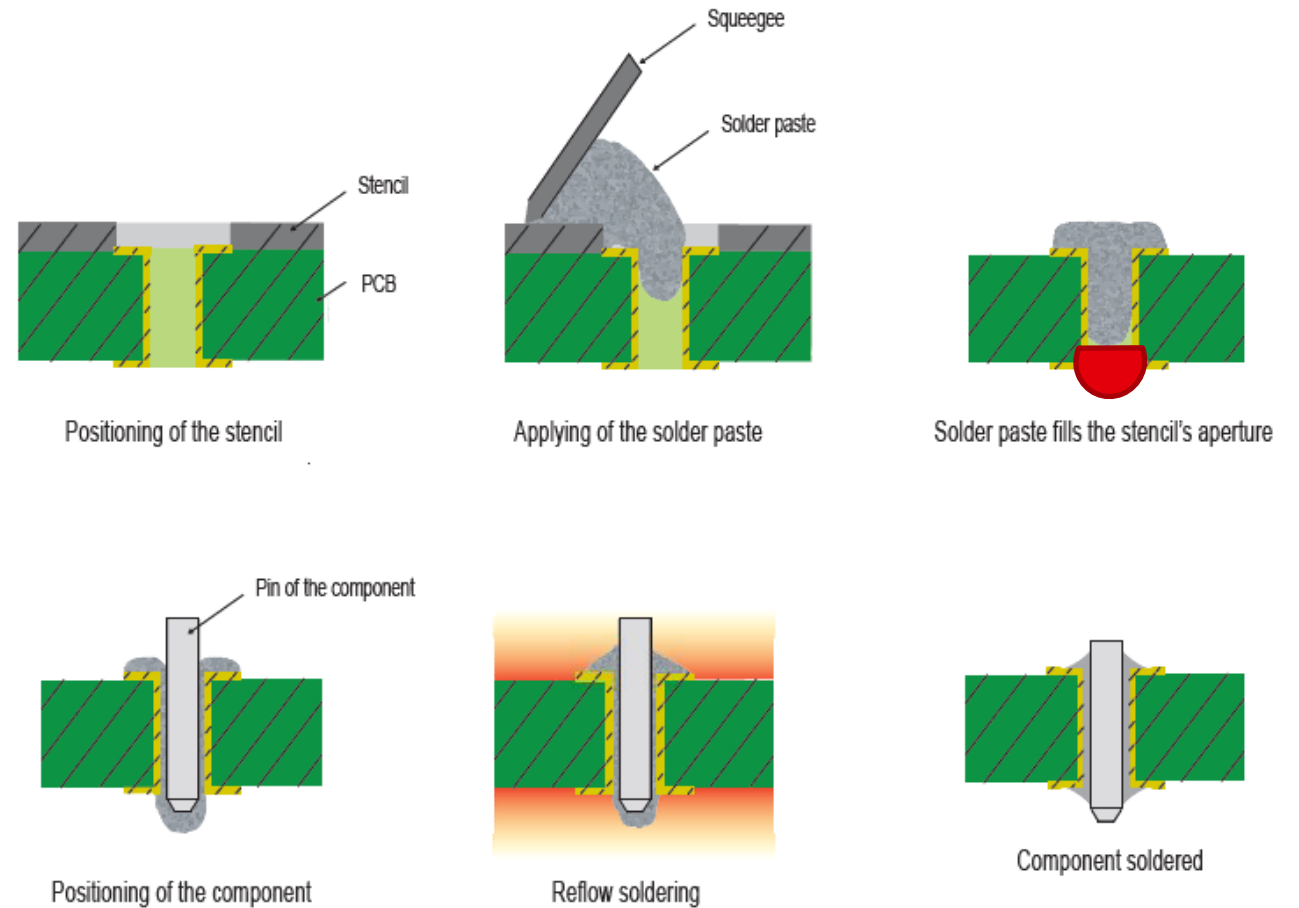
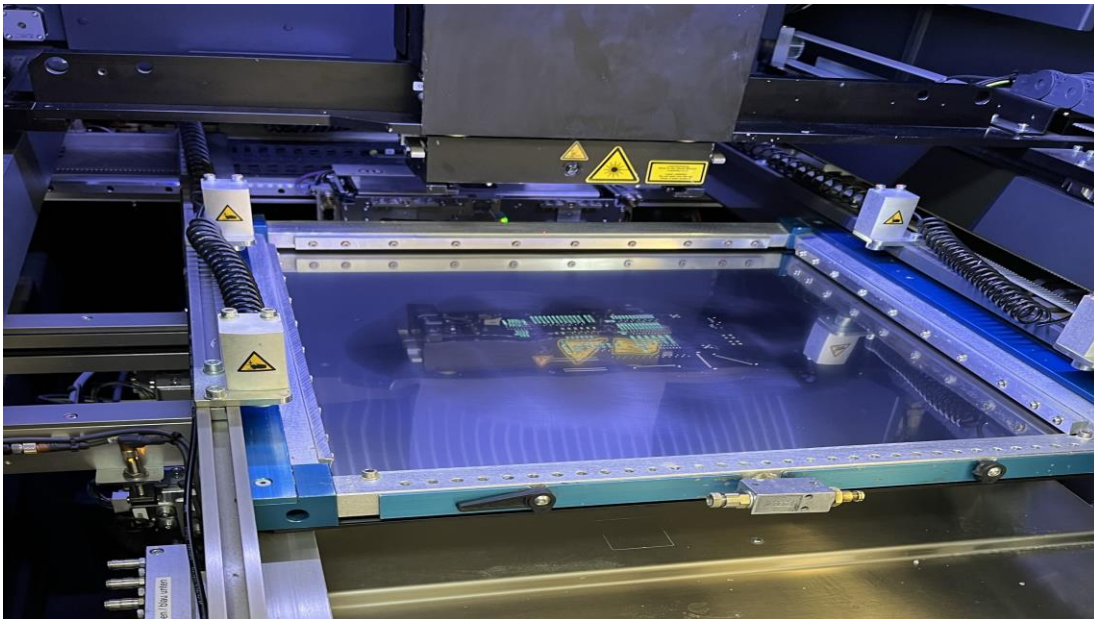
Inspektion/
Reinigung



Source : WE Marketing

Prozess und Stufen der Verarbeitung

■ Siebdruck / Pastendruck



Source : Trilogy of connectors picture 2.87

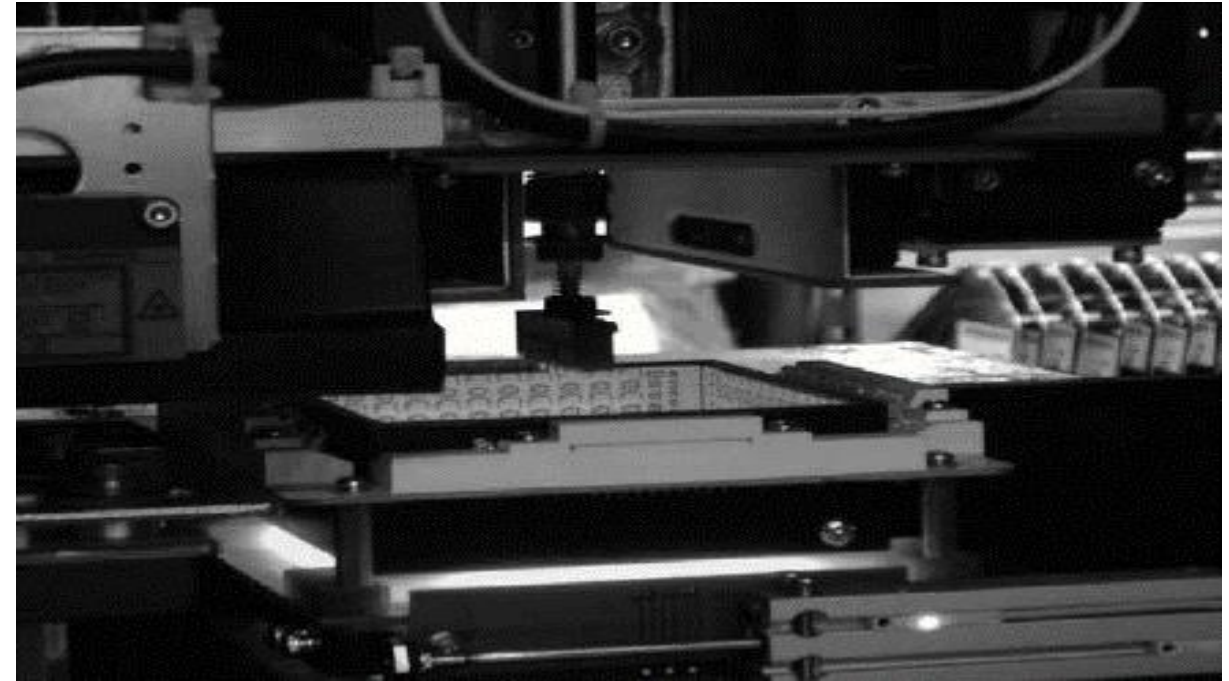
Prozess und Stufen der Verarbeitung



Prozess und Stufen der Verarbeitung



Source : Trilogy of connectors picture 2.99



Prozess und Stufen der Verarbeitung

Pick and Place



Source: WE Website



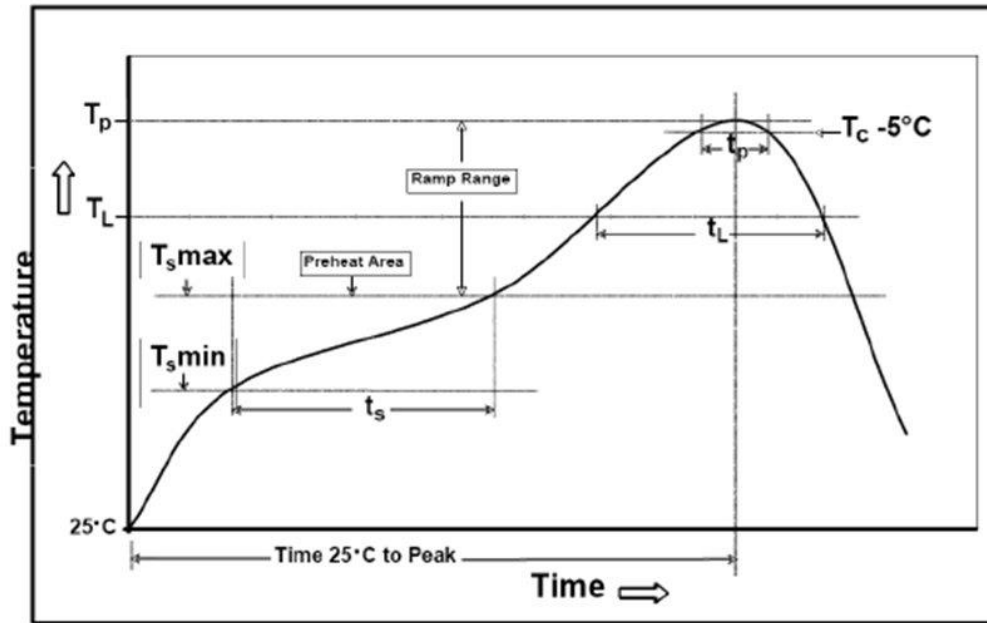
Source : Homepage SMD Spacer



Source : Trilogy of connectors picture 2.98

Prozess und Stufen der Verarbeitung

JEDEC Lötprofil



refer to IPC/JEDEC J-STD-020D

Profile Feature	Pb-Free Assembly
Average Ramp-Up Rate (T_{smax} to T_p)	3°C/second max.
Preheat	
- Temperature Min (T_{smin})	150°C
- Temperature Max (T_{smax})	200°C
- Time (t_{smin} to t_{smax})	60-180 seconds
Time maintained above:	
- Temperature (T_L)	217°C
- Time (t_L)	60-150 seconds
Peak/Classification Temperature (T_p)	See Table 2
Time within 5°C of actual Peak Temperature (t_p)	20-30 seconds (WE-GF/WE-LAN: 10 s; $T_p=245^\circ\text{C}$)
Ramp-Down Rate	6°C / sec max.
Time 25°C to Peak Temperature	8 minutes max.

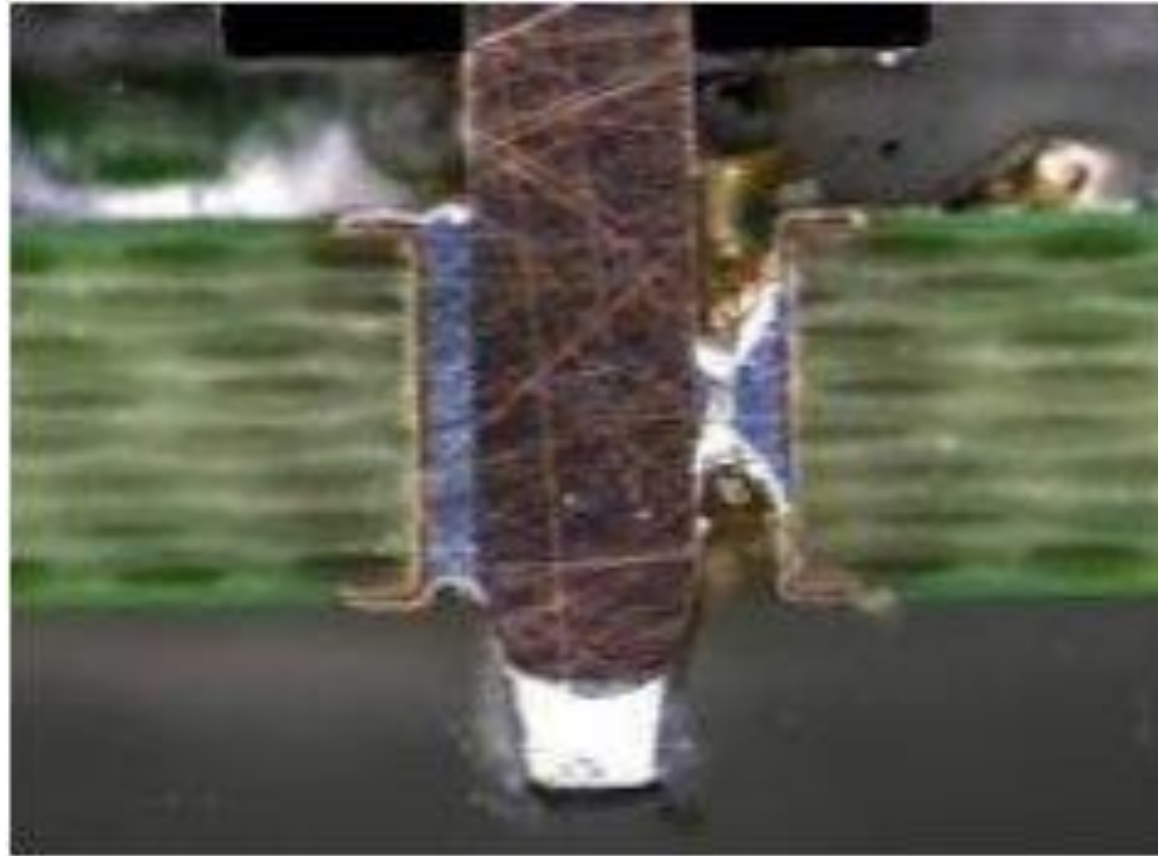
Table 2 Package Classification Reflow Temperature

Package Thickness	Volume mm ³ <350	Volume mm ³ 350 - 2000	Volume mm ³ >2000
<1.6 mm	260 +0 °C *	260 +0 °C *	260 +0 °C *
1.6 mm - 2.5 mm	260 +0 °C *	250 +0 °C *	245 +0 °C *
≥2.5 mm	250 +0 °C *	245 +0 °C *	245 +0 °C *

refer to IPC/JEDEC J-STD-020D

Prozess und Stufen der Verarbeitung

Prüfung



Source: Trilogy of connectors picture 2.104

Qualitätsansprüche nach IPC-A-610

Lötqualität auf den ersten Blick

- Für Bohrungen **ohne** Durchkontaktierung

Anforderung	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Meniskus und Benetzung von Pad und Pin	270°	270°	330°
Benetzte Fläche	75%	75%	75%



Pad auf der Unterseite 270°



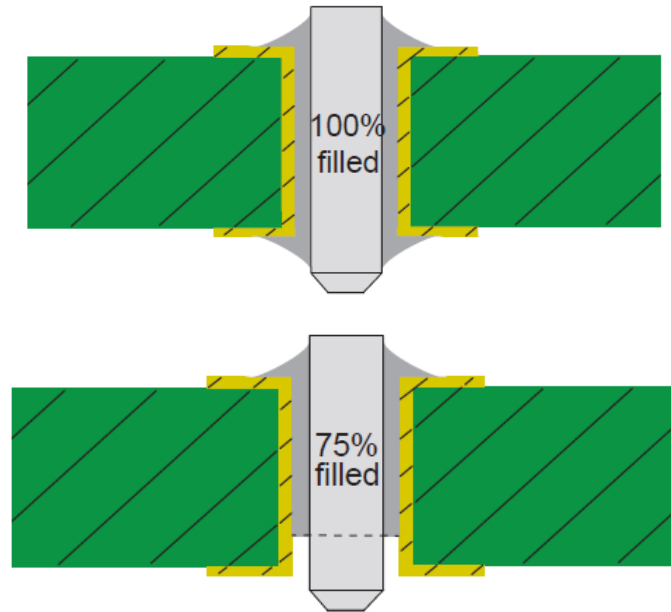
Pad auf der Unterseite 330°

Qualitätsansprüche nach IPC-A-610

Lötqualität auf den ersten Blick

- Für Bohrungen **mit** Durchkontaktierung

Anforderung	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Meniskus und Benetzung von Pad und Pin	270° (Oberseite / Bauteilseite) 0° (Unterseite)	270° (Oberseite / Bauteilseite) 0° (Unterseite)	330° (Oberseite / Bauteilseite) 0° (Unterseite)
Füllgrad	Nicht definiert	75%	75%



Quelle: Trilogy of connectors picture 2.103



Oberseite 270°

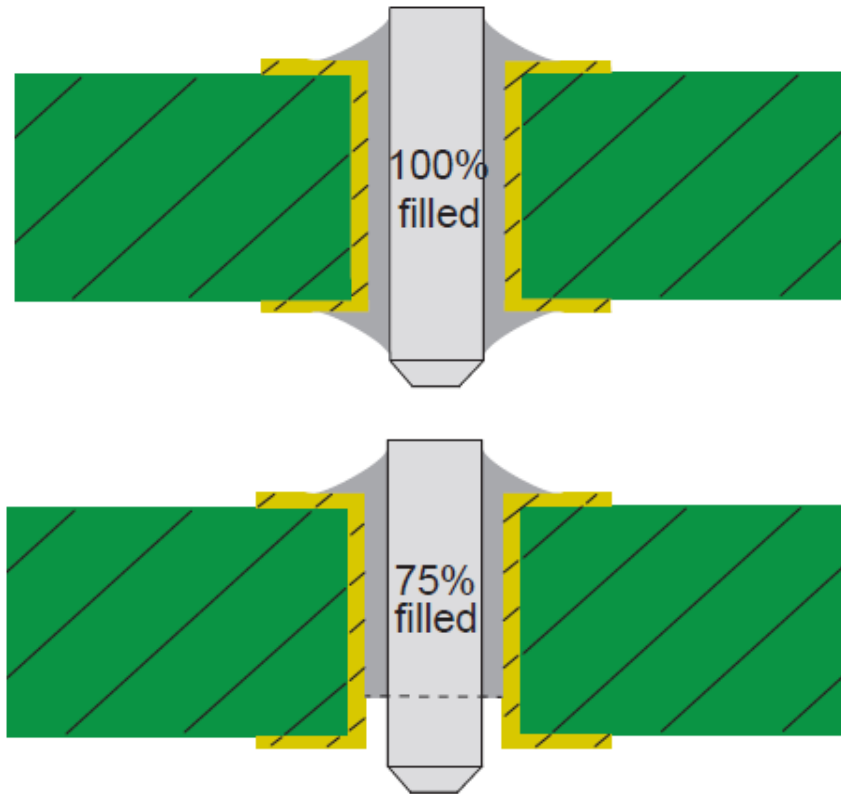


Oberseite 330°

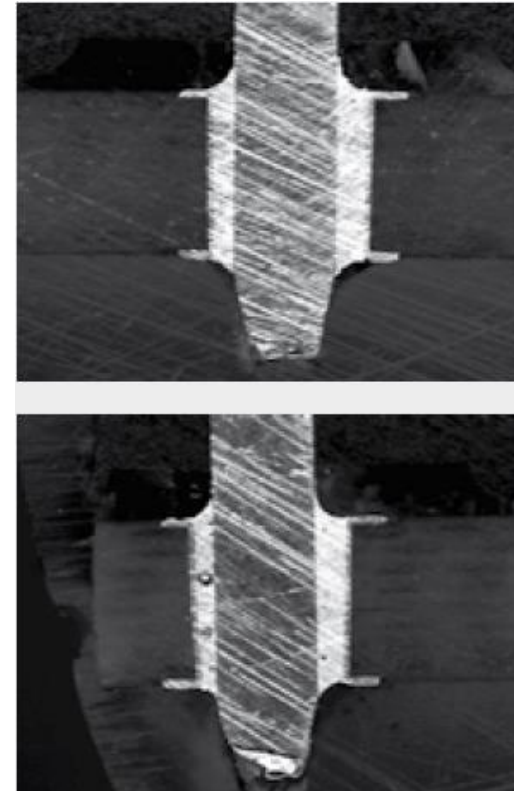
Qualitätsansprüche nach IPC-A610

Lötqualität auf den ersten Blick

- Die Durchkontaktierung muss zu mindestens 75% gefüllt sein

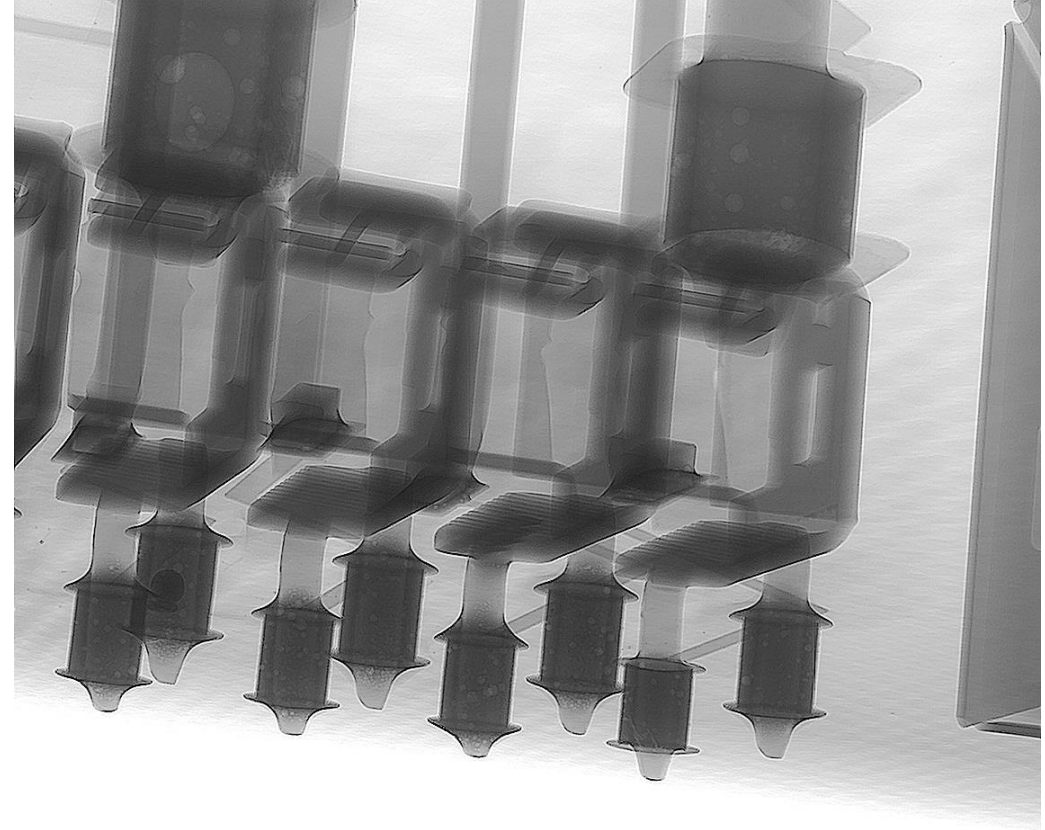
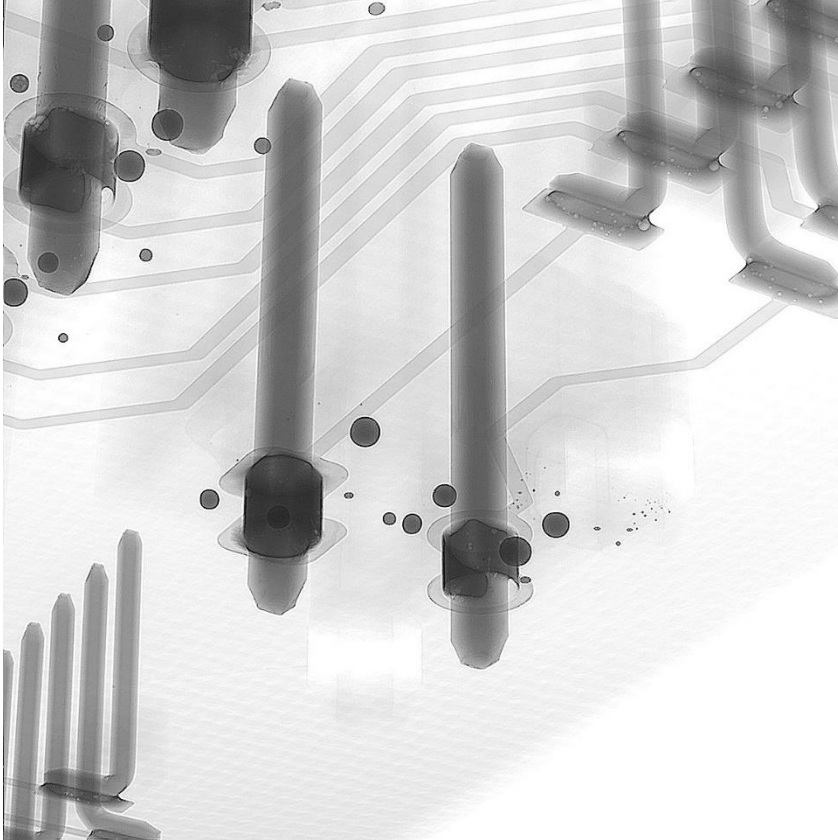


Source: Trilogy of connectors picture 2.103



Qualitätsansprüche nach IPC-A610

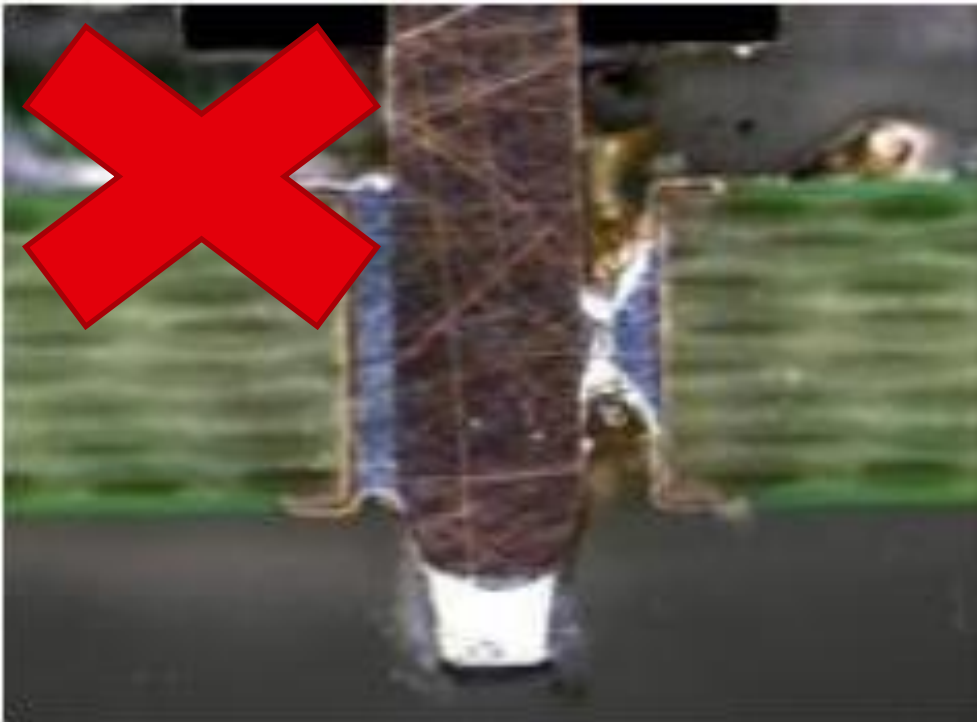
Lötqualität auf den zweiten Blick



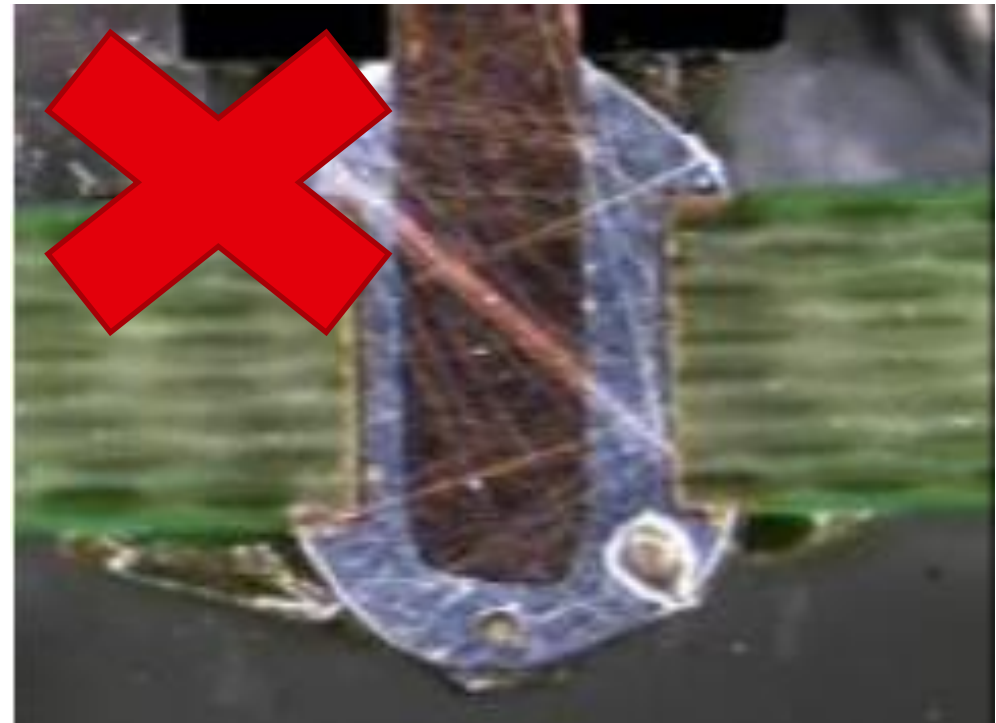
Qualitätsansprüche nach IPC-A610

Lötqualität auf den zweiten Blick

- Sind die folgenden Beispiele IPC konform?



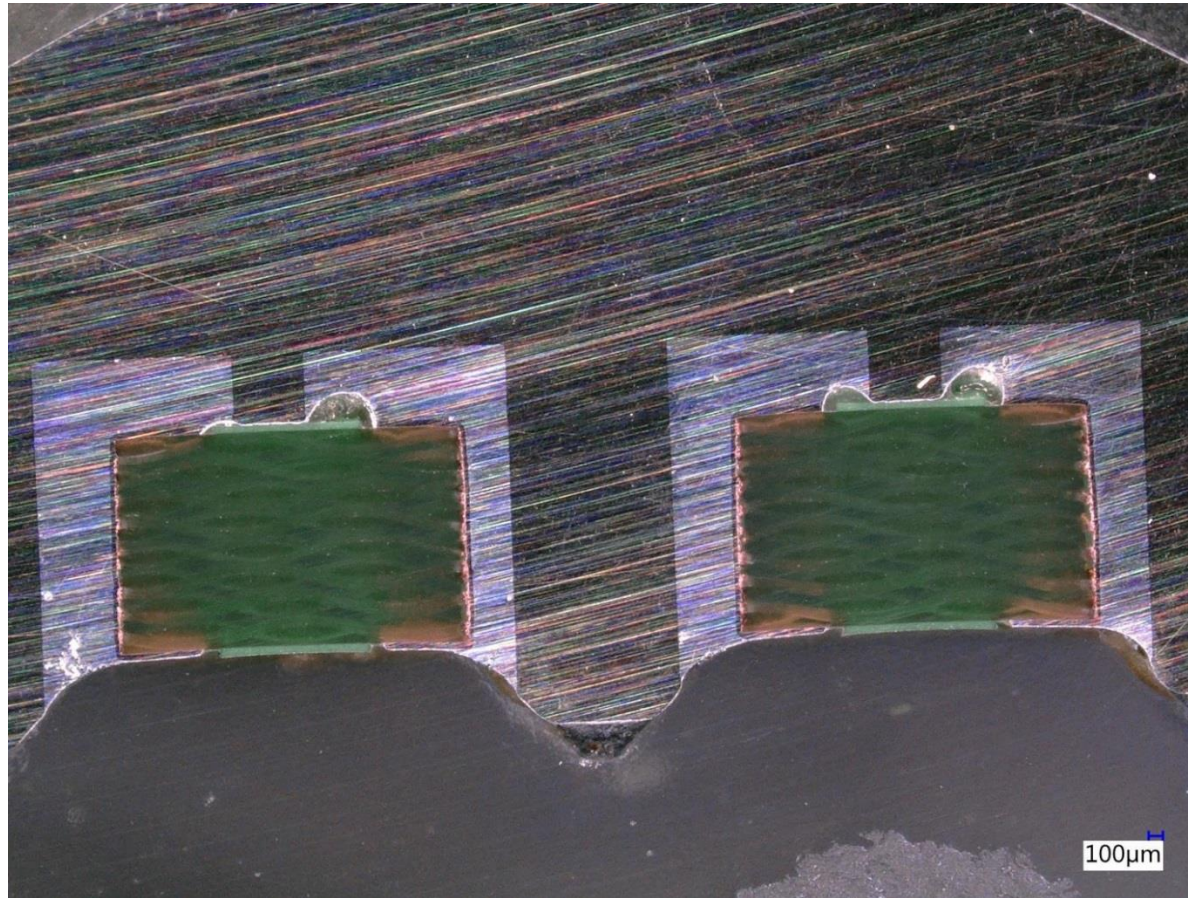
Source: Trilogy of connectors picture 2.104



Source: Trilogy of connectors picture 2.105

Qualitätsansprüche nach IPC-A-610

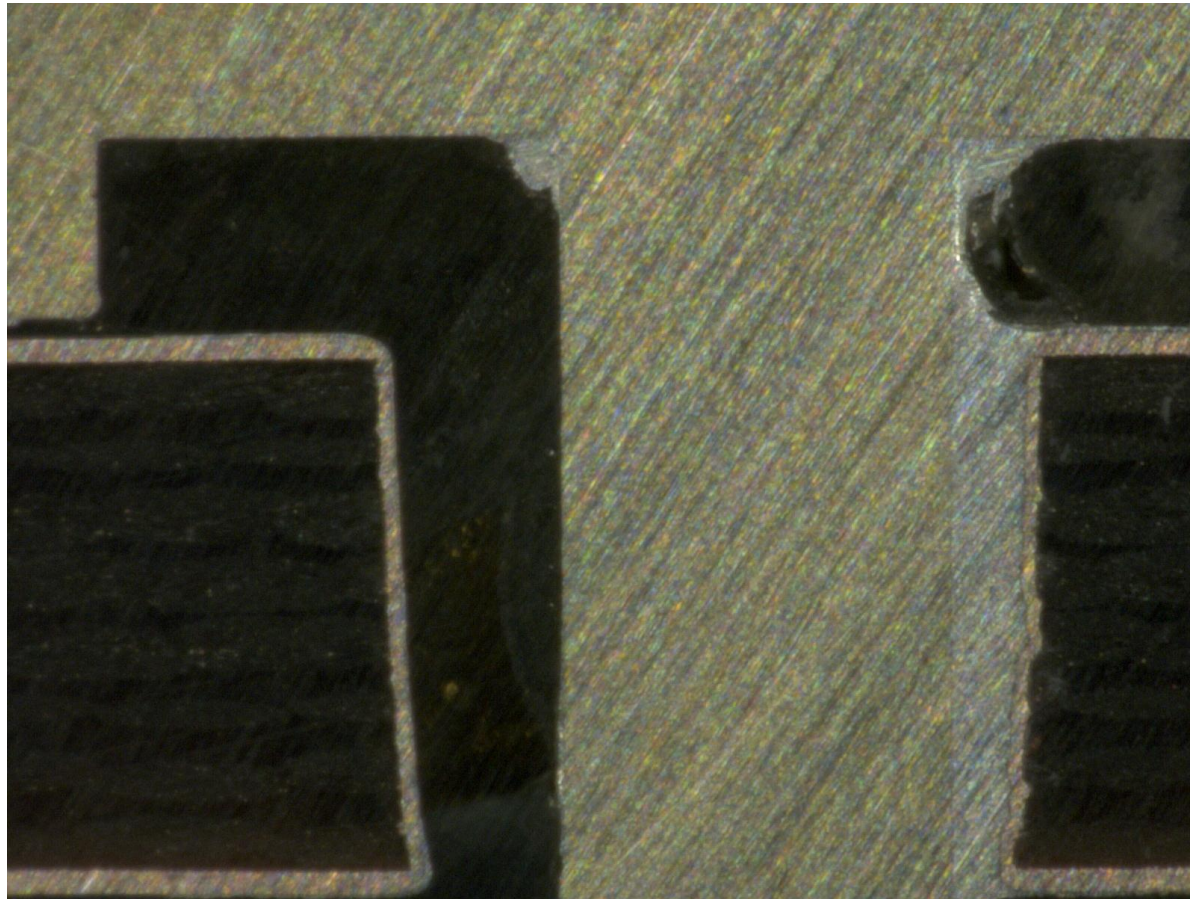
Lötqualität auf den zweiten Blick



Quelle: Red Cube PM

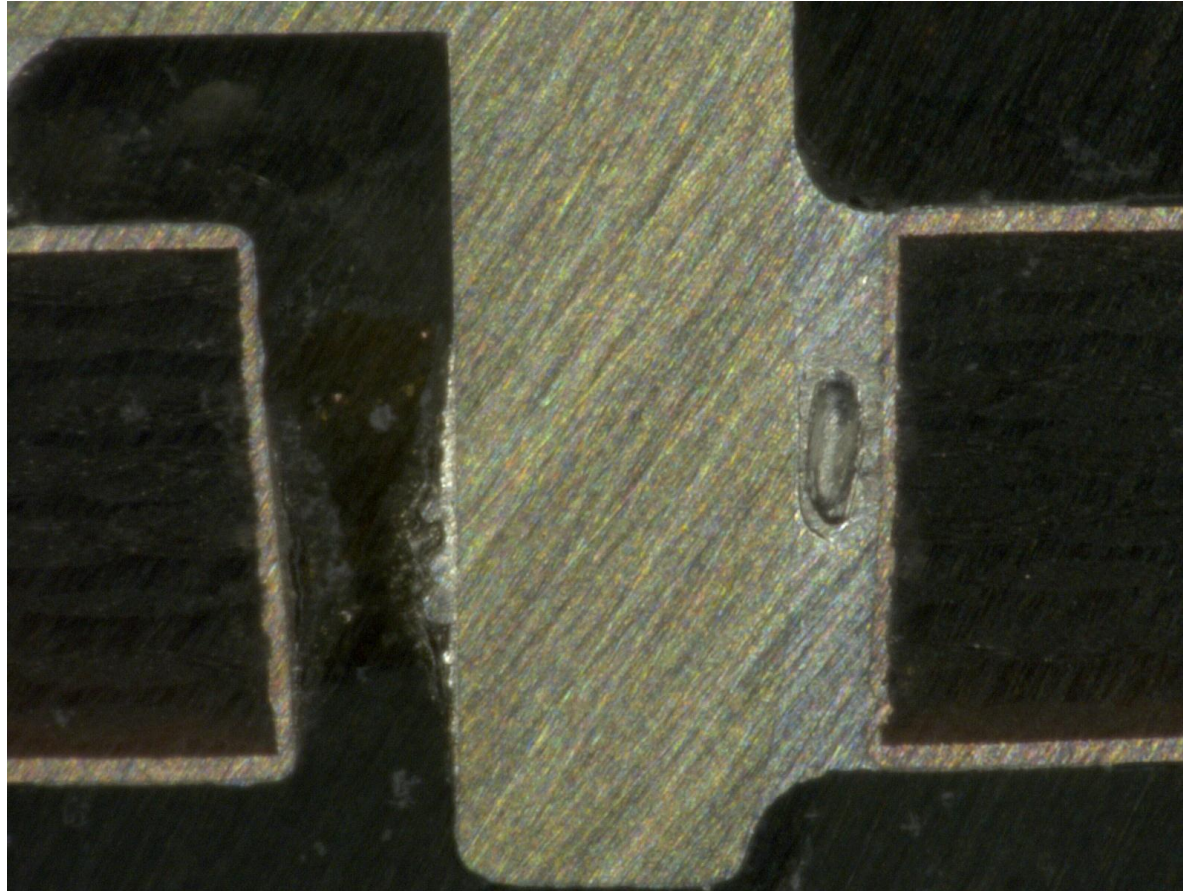
Qualitätsansprüche nach IPC-A-610

Lötqualität auf den zweiten Blick



Qualitätsansprüche nach IPC-A-610

Lötqualität auf den zweiten Blick



Qualitätsansprüche nach IPC-A-610

Lötqualität auf den zweiten Blick



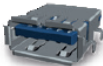
Vorteile von THR

- Wie THT widersteht THR mechanischen Belastungen, gerade bei Endverbraucherschnittstellen ist dies nützlich
- Wie SMD wird THR im reflow Prozess gelötet
- Durch den Einsatz von THR kann ein Fertigungsschritt eingespart werden (Wellenlöten, oder selektives Löten entfällt)
- Es spart Zeit und dadurch Kosten



Quelle: Flyer BCF THR_technology

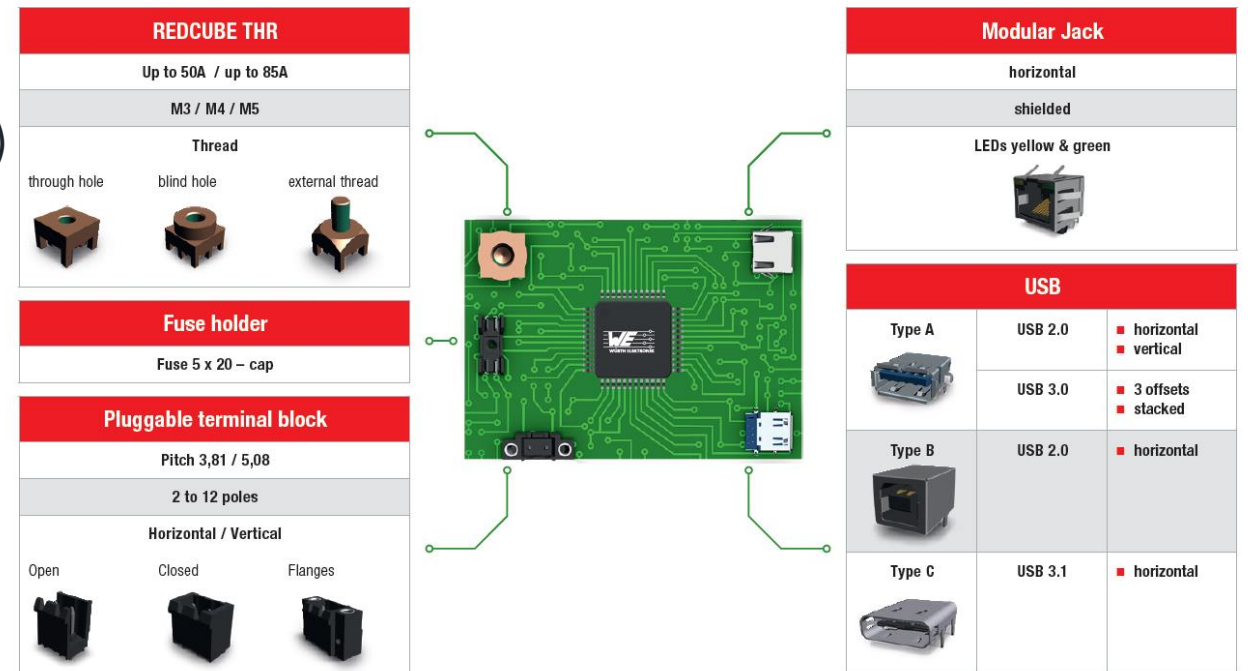
Modular Jack		
horizontal		
shielded		
LEDs yellow & green		
		

USB			
	Type A	USB 2.0	■ horizontal ■ vertical
		USB 3.0	■ 3 offsets ■ stacked
	Type B	USB 2.0	■ horizontal
	Type C	USB 3.1	■ horizontal

Quelle: Flyer BCF THR_technology

Zusammenfassung

- Abmessungen und Material des Gehäuses müssen geändert werden
- Pins sind kürzer
- Kombiniert die Vorteile von Technologien (SMT / THT)
- Wird im Reflow Prozess gelötet
- Der Fertigungsprozess kann optimiert werden
- Spart Zeit und somit Geld



Source: Flyer BCF THR_technology

