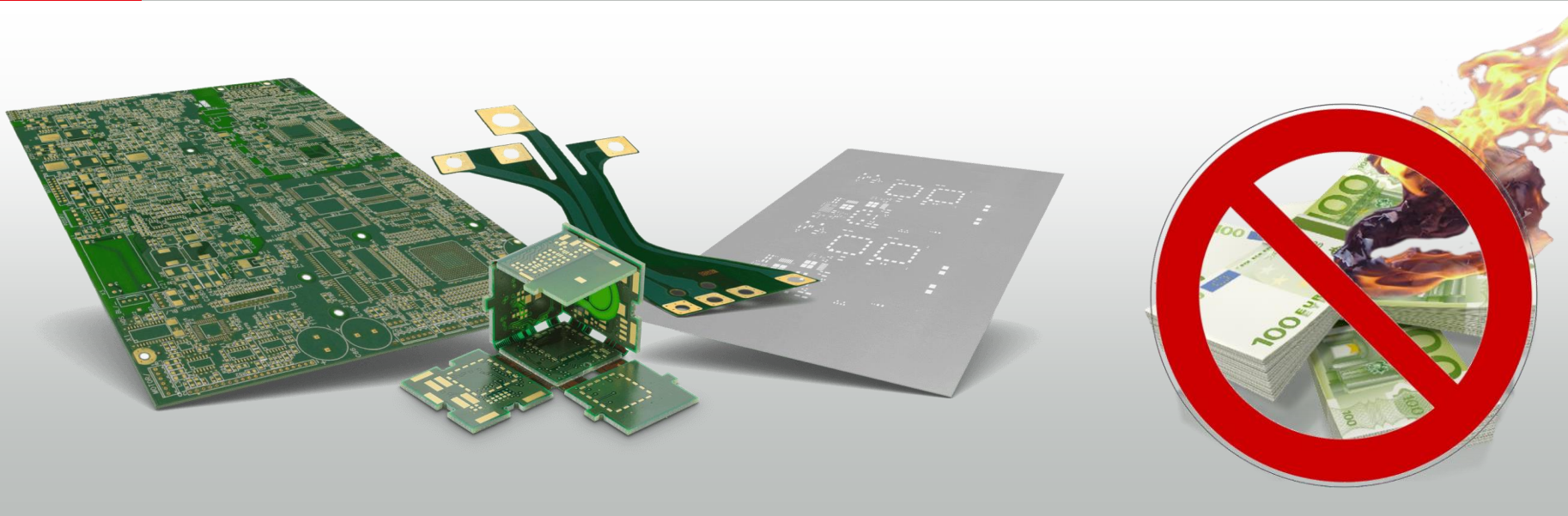


Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung



Jürgen Wolf

Andreas Nies

Jens Töbeck

Würth Elektronik GmbH & Co. KG
Circuit Board Technology

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

- WE** Nutzensauslegung
- WE** Kupferpreisentwicklung und Materialwahl
- WE** Lagenaufbauten
- WE** Mechanische Bearbeitung
- WE** Erweiterte Technologien
- WE** Weitere Tipps & Tricks
- WE** Zusammenfassung



Jürgen Wolf

Würth Elektronik GmbH & Co. KG
Leitung Advanced Solution Center

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzensauslegung

Kupferpreisentwicklung und Materialwahl

Lagenaufbauten

Mechanische Bearbeitung

Erweiterte Technologien

Weitere Tipps & Tricks

Zusammenfassung

Die Nutzensauslegung

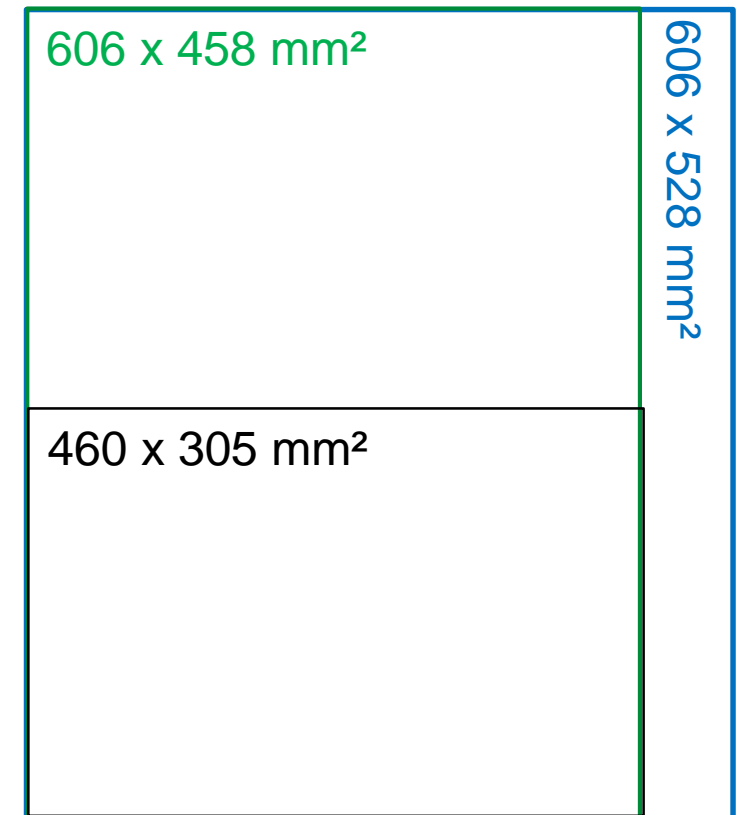
Wie laste ich den Fertigungsnutzen ideal aus?

Der Hauptfaktor: Wie ist der Fertigungsnutzen ausgelastet?

■ **Hintergrundwissen:**

- PCB-Materialien werden in großen Tafeln gefertigt
Für EU und USA werden zu 90% diese Tafel-Formate verwendet:
 - US-Format: 1.225 x 925 mm²
 - Uni-Format: 1.225 x 1.070 mm²

- 95% der Leiterplattenfertiger in EU & US arbeiten daher mit diesen Formaten:
 - 460 x 305 mm² (1/8 US-Format) WE Musterformat
 - 606 x 458 mm² (1/4 US-Format) WE Standardformat
 - 606 x 528 mm² (1/4 Uni-Format) WE Jumboformat



Die Nutzensauslegung

Wie laste ich den Fertigungsnutzen ideal aus?

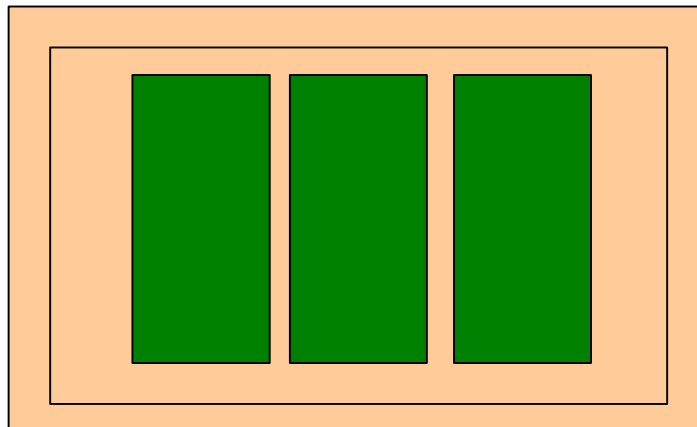


Der Hauptfaktor: Wie ist der Fertigungsnutzen ausgelastet?

- Jeder LP-Hersteller benötigt einen Registrierungs- und Beschriftungsrand \Rightarrow Nicht nutzbare Fläche!

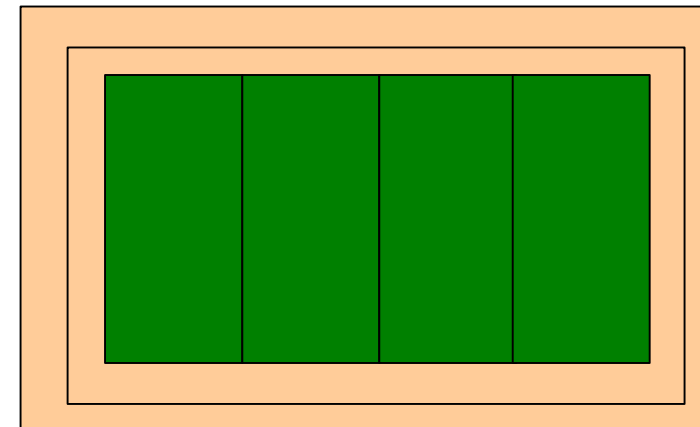
Beispiel: Einzelleiterplatten

Fräsen



oder

Kerbfräsen



In diesem Beispiel: 33% mehr Leiterplatten auf dem Fertigungsnutzen

Die Nutzensauslegung

Wie laste ich den Fertigungsnutzen ideal aus?

Der Hauptfaktor: Wie ist der Fertigungsnutzen ausgelastet?

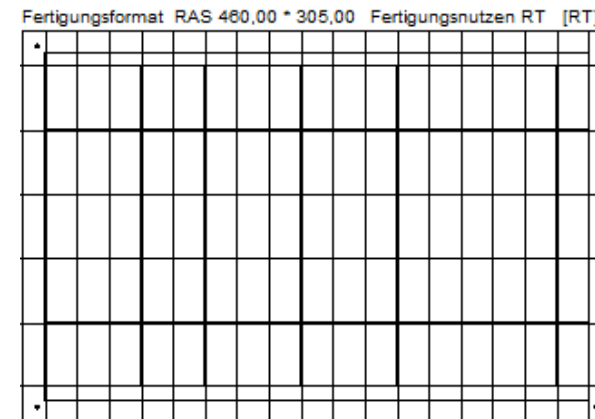
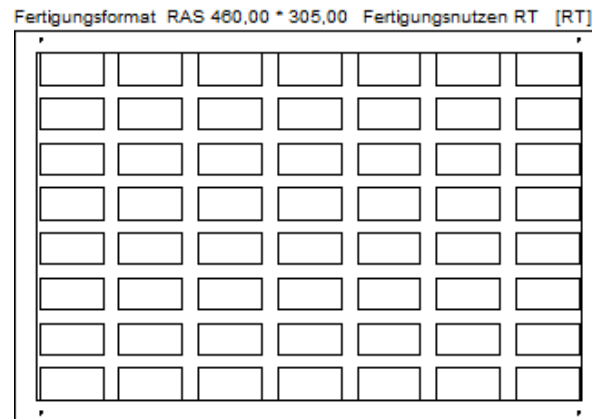
- Jeder LP–Hersteller benötigt einen Registrierungs- und Beschriftungsrand \Rightarrow Nutzbare Fläche!

Beispiel: Einzelleiterplatten – Je kleiner die PCB, desto grösser die Auswirkung!

Fräsen

oder

Kerbfräsen



In diesem Beispiel: 56 LPs vs. 85 LPs

Die Nutzensauslegung

Wie laste ich den Fertigungsnutzen ideal aus?

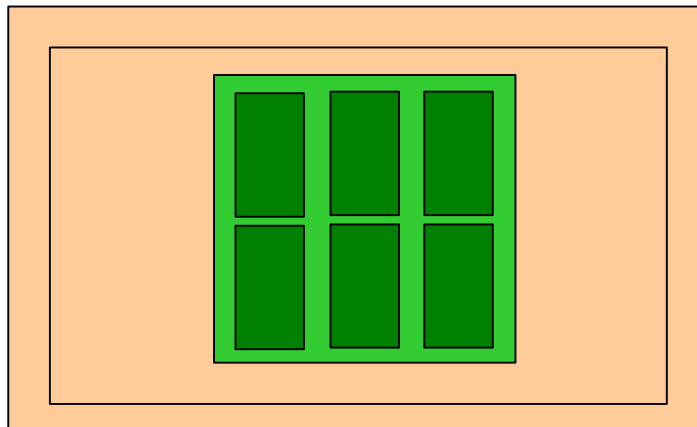


Der Hauptfaktor: Wie ist der Fertigungsnutzen ausgelastet?

- Jeder LP-Hersteller benötigt einen Registrierungs- und Beschriftungsrand \Rightarrow Nutzbare Fläche!

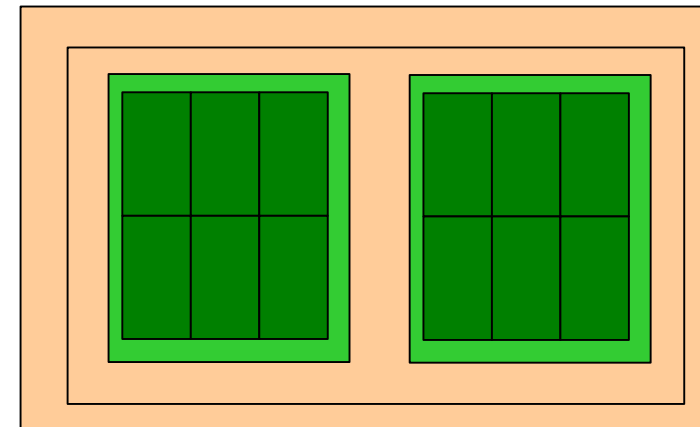
Beispiel: Leiterplatten im Bestücknutzen

Fräsen



oder

Kerbfräsen



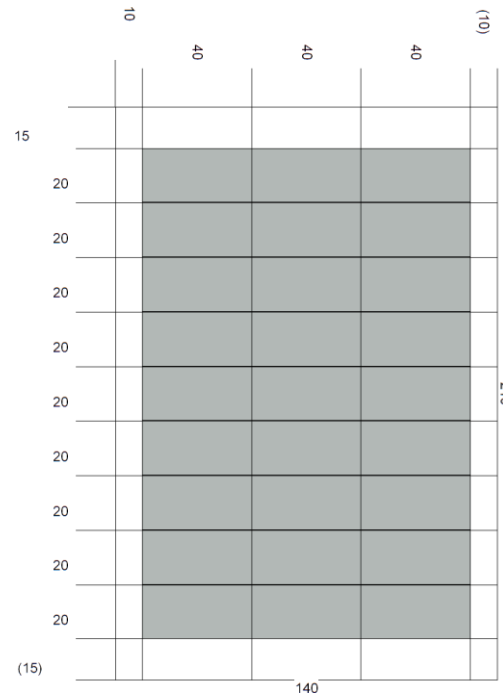
In diesem Beispiel: 100% mehr Leiterplatten auf dem Fertigungsnutzen

Die Nutzensauslegung

Wie laste ich den Fertigungsnutzen ideal aus?

■ Berechnungsgrundlage:

- ML6 / Basismaterial T_g 150
- PCB 20 x 40 mm²
- Liefernutzen 210 x 140 mm²
- 100 µm L/S
- 500 Bohrungen
- 0,20 mm kleinster Bohr-Ø
- Chem. Ni/Au



216

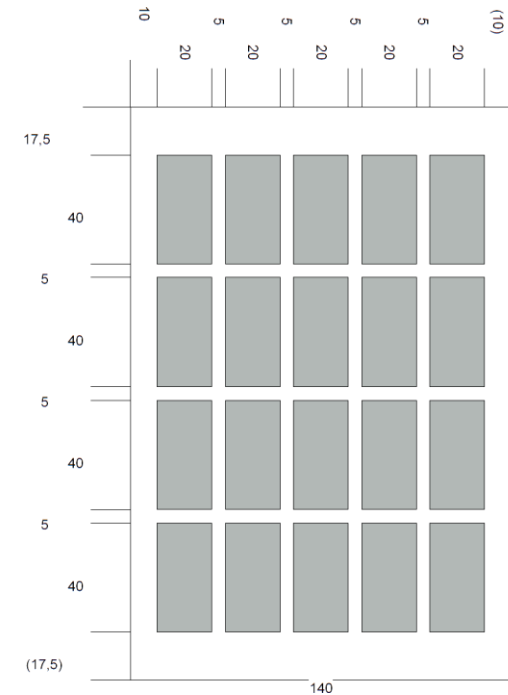
5

27

gekerbt

0,00 mm

100%



160

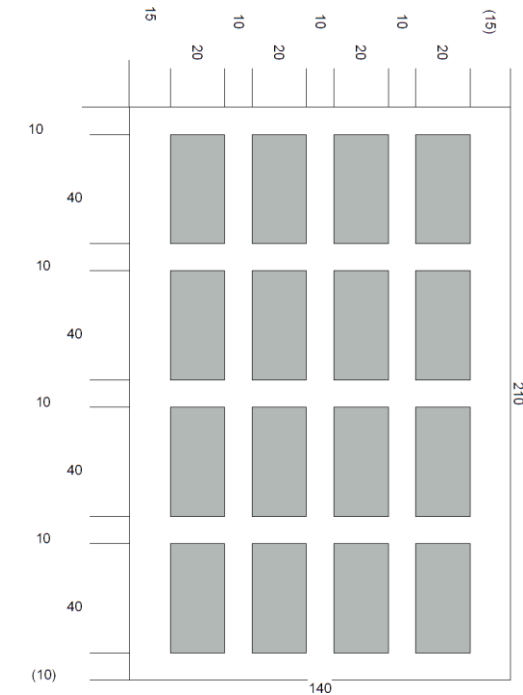
7

20

gefräst

5,00 mm

117%



128

8

16

gefräst

10,00 mm

131%

PCB pro Fertigungsnutzen

Anzahl Fertigungsnutzen (1.000 PCBs bestellt)

PCB pro Lieferrahmen

PCB Kontur

PCB Abstand im Lieferrahmen

Preisindikator



Die Nutzensauslegung

Wie laste ich den Fertigungsnutzen ideal aus?

Der Hauptfaktor: Wie ist der Fertigungsnutzen ausgelastet?

WE-Format		Muster-Format	Standard-Format	Jumbo-Format
Technologien		Alle Technologien	Basic, Starrflex & HDI	Basic & HDI
Werk		Rot am See	Niedernhall	Schopfheim
			Schopfheim bei Sonderaufbauten	Niedernhall auf Nachfrage
Zuschnitt		460 x 305 mm ²	606 x 458 mm ²	606 x 528 mm ²
Nutzbare Fläche		426 x 271 mm ²	572 x 424 mm ²	570 x 500 mm ²
	Anzahl Liefernutzen	Abmessungen Liefernutzen		
Optimaler Liefernutzen	1	426 x 271 mm ²	572 x 424 mm ²	570 x 500 mm ²
für	2	271 x 213 mm ²	424 x 286 mm ²	500 x 285 mm ²
geritzte Konturen	4	213 x 135 mm ²	286 x 212 mm ²	285 x 250 mm ²
	6	142 x 135 mm ²	212 x 190 mm ²	250 x 190 mm ²
	8	135 x 106 mm ²	212 x 143 mm ²	250 x 142 mm ²
	9	142 x 90 mm ²	190 x 141 mm ²	190 x 166 mm ²
	12	106 x 90 mm ²	143 x 141 mm ²	166 x 142 mm ²
	15	90 x 85 mm ²	141 x 114 mm ²	166 x 114 mm ²

Tipps:

- Nutzenrand min. 5 mm
- Nutzenrand 8 - 10 mm bei gefräster LP-Kontur
- 2 Nutzenränder mit 5 – 10 mm bei geritzter LP-Kontur
- Nutzengröße sollte an LP-Dicke angelehnt werden (je dünner desto kleiner)

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzenauslegung

 **Kupferpreisentwicklung und Materialwahl**

Lagenaufbauten

Mechanische Bearbeitung

Erweiterte Technologien

Weitere Tipps & Tricks

Zusammenfassung

Entwicklung Kupferpreis

Rolle des Materialpreises beim Leiterplattenpreis

Kupferpreis:

- Entwicklung an der Rohstoffbörse in London

Zeitraum:
Jan. 2016
bis
Juni 2020

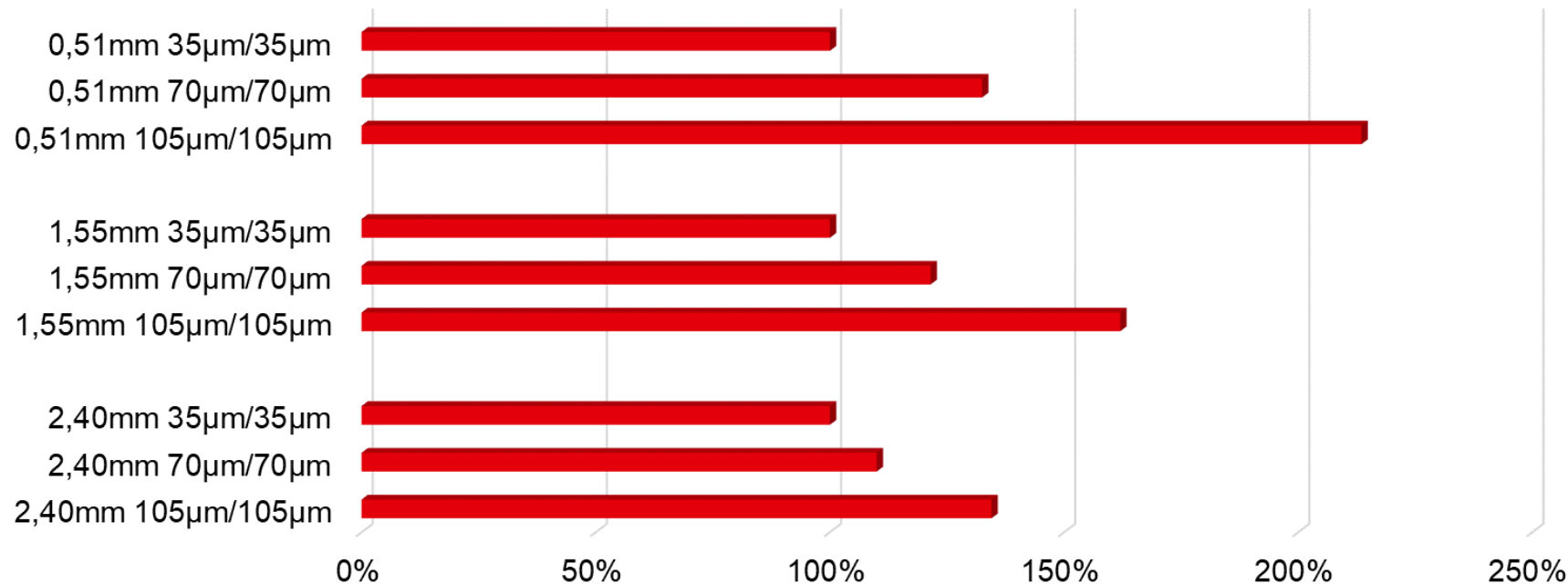


Quelle: <http://www.boerse.de> – Daten abgerufen am 22.06.2020

Entwicklung Kupferpreis

Rolle des Materialpreises beim Leiterplattenpreis

Vergleich Materialpreise Einkauf FR4 T_g150 (Stand 09.07.2020)



Kupfer spielt also eine wichtige Rolle im Leiterplattenpreis!

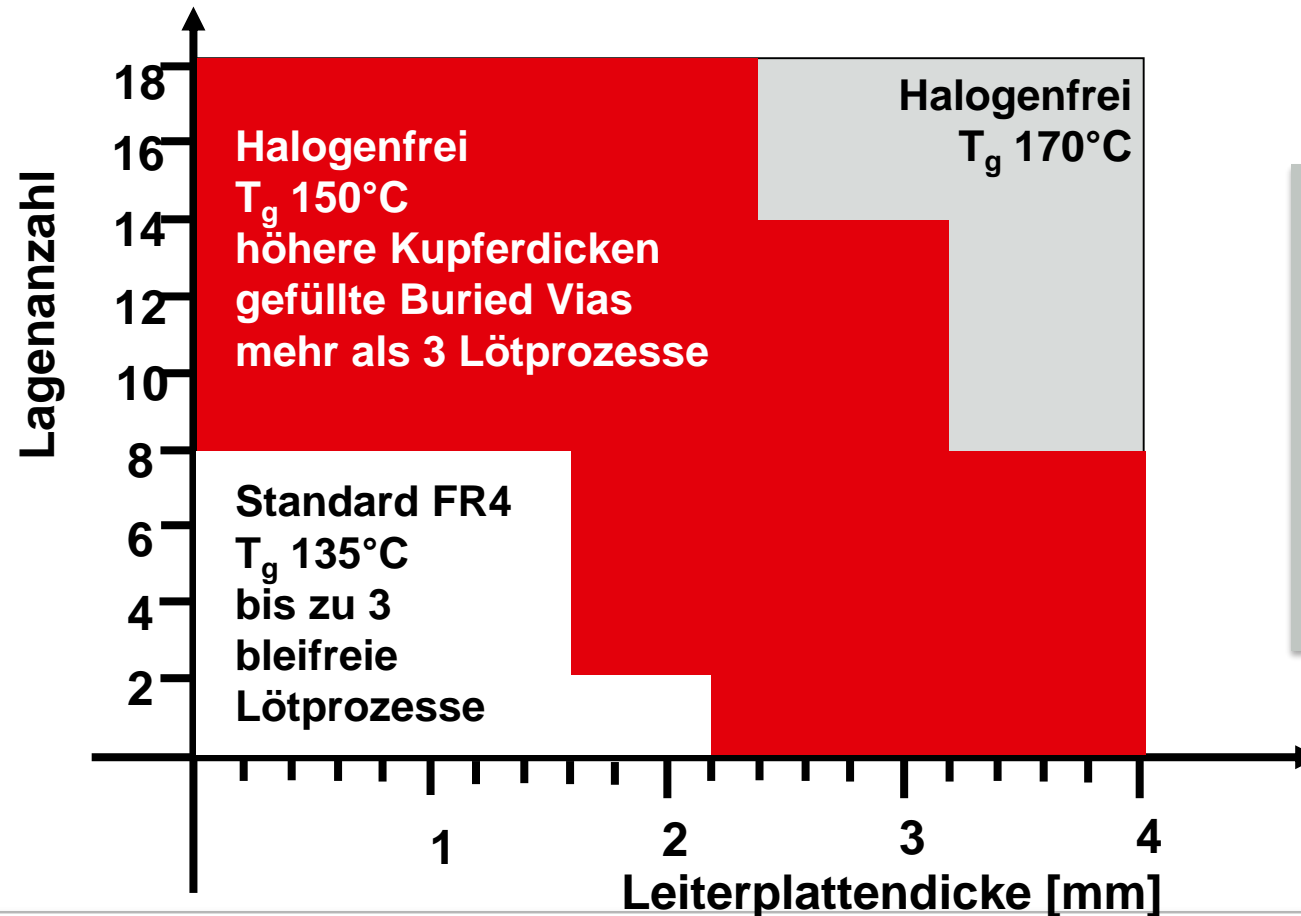
Daher die Frage: Was ist nötig, **oder was ist möglich?**

Materialauswahl

Wann soll ich welches Basismaterial nehmen?



- Eine kleine Empfehlung für die Basismaterialien bei Würth Elektronik



Beispiel - Vergleich:
1,6mm / 6-lagen
Multilayer
Aufpreis von
T_g135 nach T_g150:
23%

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzenauslegung

Kupferpreisentwicklung und Materialwahl

 **Lagenaufbauten**

Mechanische Bearbeitung

Erweiterte Technologien

Weitere Tipps & Tricks

Zusammenfassung

Lagenaufbau

Wie beeinflusst die Leiterplattenkonstruktion den Preis?

- **Vergleich eines 4-lagigen Multilayers mit unterschiedlichen Dicken**

- Standard: 1,55 mm / 1,60 mm
- Optimum: 1,00 mm
- Weitere Standards:
0,80mm / 2,00 mm / 2,40 mm

0,50mm

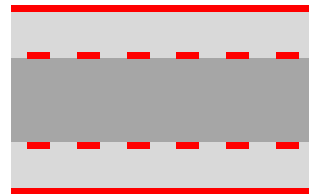


ML4_TG150_0.50_35

1x 0.10mm-035+035
4x Prepreg 1080

Preisindikator 107%

1,00mm

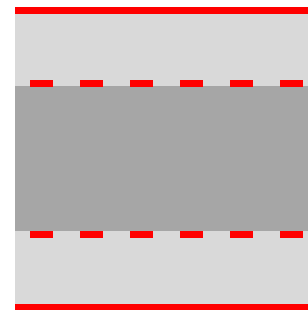


ML4_TG150_1.00_35

1x 0.41mm-035+035
4x Prepreg 2116

Preisindikator 96%

1,60mm



ML4_TG150_1.60_35

1x 0.71mm-035+035
4x Prepreg 7628

Preisindikator 100%

3,20mm



ML4_TG150_3.20_35

1x 2.40mm-035+035
4x Prepreg 7628

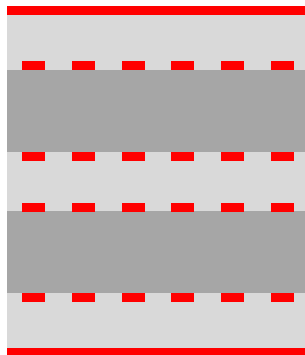
Preisindikator 137%

Lagenaufbau

Wie beeinflusst die Leiterplattenkonstruktion den Preis?

- Vergleich eines 6-lagigen Multilayers: Standard vs. individuellem Aufbau mit 1,60 mm

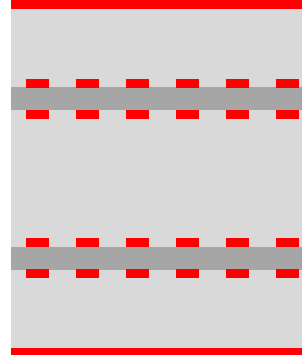
Standardaufbau



2x 0.36mm-035+035
6x Prepreg 2116

Preisindikator 100%

Spezifischer Aufbau



2x 0.10mm-035+035
2x Prepreg 2116
8x Prepreg 7628

Preisindikator 116%

Mehrkosten durch:

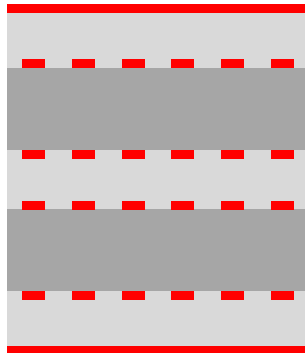
- Handling Dünnlaminat
- 4 Prepregs mehr pro Aufbau

Lagenaufbau

Wie beeinflusst die Leiterplattenkonstruktion den Preis?

- Vergleich eines 6-lagigen Multilayers: Standard vs. individuellem Aufbau mit 1,60 mm

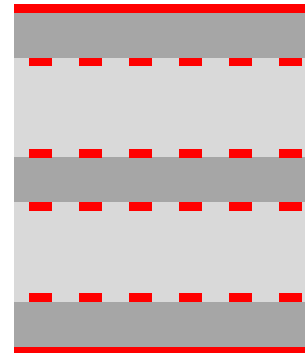
Standardaufbau



2x 0.36mm-035+035
6x Prepreg 2116

Preisindikator 100%

Kernverpressung



3x 0.20mm-035+035
4x Prepreg 2116
2x Prepreg 7628

Preisindikator 122%

Mehrkosten durch:

- Mehrfachbelichtung der äußeren Kerne (Ablauf quasi wie eine 8-lagige LP)
- Mehr Kerne

Weitere Kostentreiber

- Füllkerne im Aufbau

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzenauslegung

Kupferpreisentwicklung und Materialwahl

Lagenaufbauten

 **Mechanische Bearbeitung**

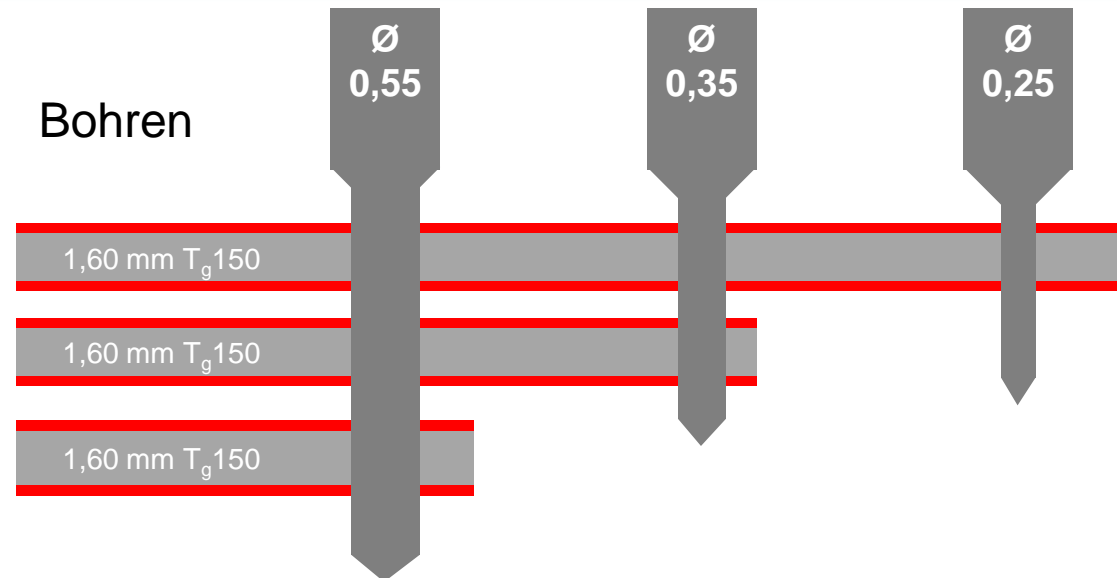
Erweiterte Technologien

Weitere Tipps & Tricks

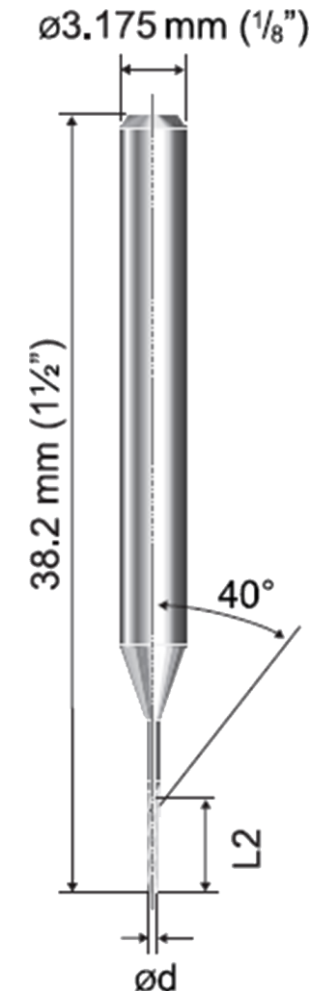
Zusammenfassung

Mechanische Bearbeitung

Welchen Einfluss hat der Bohr-Ø auf die Leiterplattenkosten?



	Ø 0,55	Ø 0,35	Ø 0,25
Bohren			
Standzeit	1.250 Hübe	1.000 Hübe	500 Hübe
Paketierung	3er Pack	2er Pack	1er Pack
Bohrdauer für 15.000 fertigen Vias	0,2 h	0,4 h	0,8 h
Bohrerverbrauch bei 15.000 fertigen Vias	4	7,5	30
Preisindikator nur Bohrprozess	100%	200%	460%



Mechanische Bearbeitung

Welchen Einfluss hat der Bohr-Ø auf die Leiterplattenkosten?



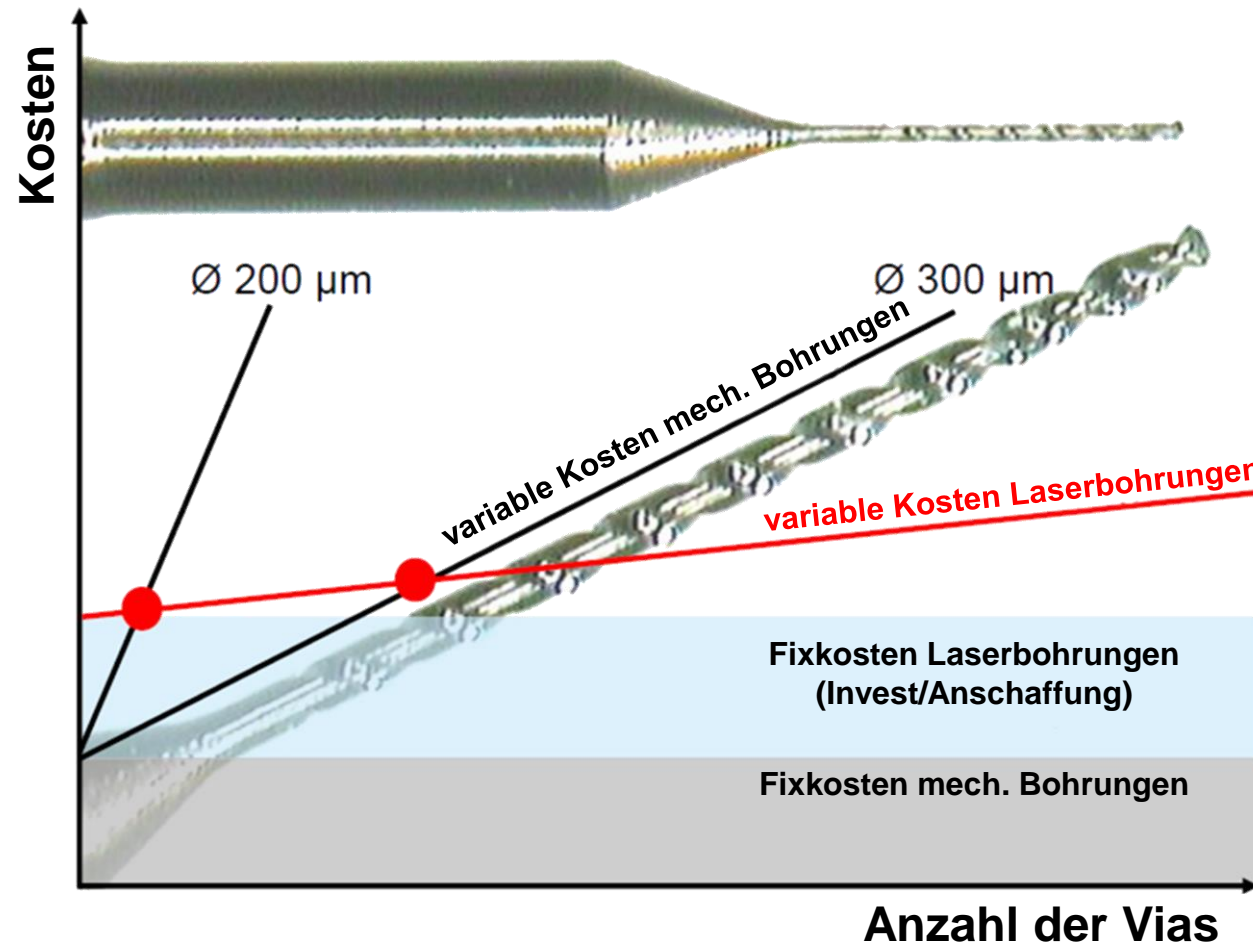
- Zum Vergleich:

Ø 0,5 mm, Ø 0,35 mm und Ø 0,25 mm Bohrer auf 5 mm x 5 mm kariertem Papier



Mechanische Bearbeitung

Welchen Einfluss hat der Bohr- \emptyset auf die Leiterplattenkosten?



\emptyset 0,2 mm (0,55 € pro Bit)
Lebensdauer: 750 Hübe
Bohrfrequenz: 3 / s

\emptyset 0,3 mm (0,50 € pro Bit)
Lebensdauer: 1.000 Hübe
Bohrfrequenz: max. 8 / s

Microvia
 \emptyset 0,125 mm
Bohrfrequenz: 150–180 / s

Mechanische Bearbeitung

Microvias füllen oder nicht? Das ist hier die Frage!



IPC-7095C – Tabelle A-3 – Klasse III: Max. „22% of the image diameter“

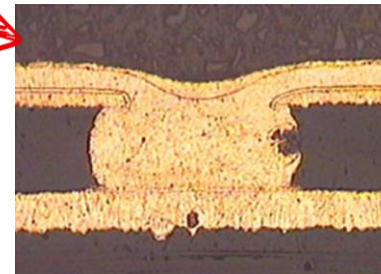
Die Entstehung von Voids ist u.a. abhängig von:

- Flussmittel / Lotpaste
- Temperaturprofil des Lötprozesses
- Gleichmäßig Er- bzw. Durchwärmung der Leiterplatte

Jeder Anwender muss für sich definieren, wie gefertigt wird!



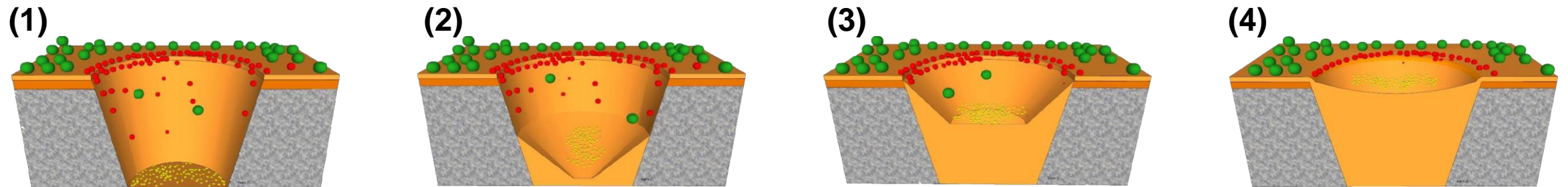
füllen



Mechanische Bearbeitung

Microvias füllen oder nicht? Das ist hier die Frage!

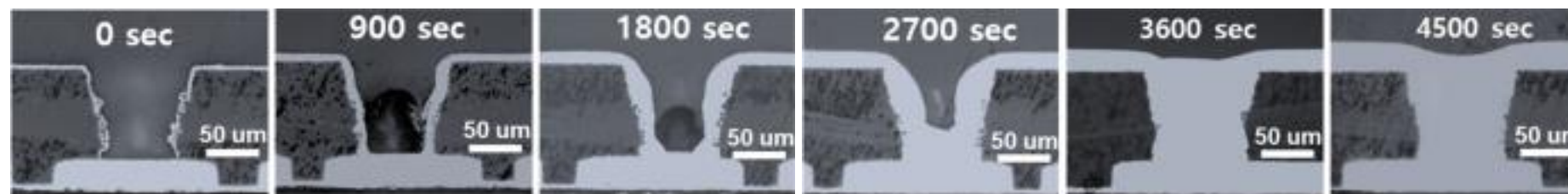
Ablauf Cu-Filling Prozess (Quelle/Veröffentlichung: MacDermidEnthone Electronic Solutions / 2018)



Legende: ● Wetter/Suppressor
● Leveler
● Brightener

Funktion: Moleküle belegen die Oberfläche und behindern ein Abscheiden von Cu
Funktion: Moleküle sammeln sich am Ort der größten Stromstärke und behindern ein Abscheiden von Cu
Funktion: Glanzbildner zur Verringerung der Cu-Kristallgrößen

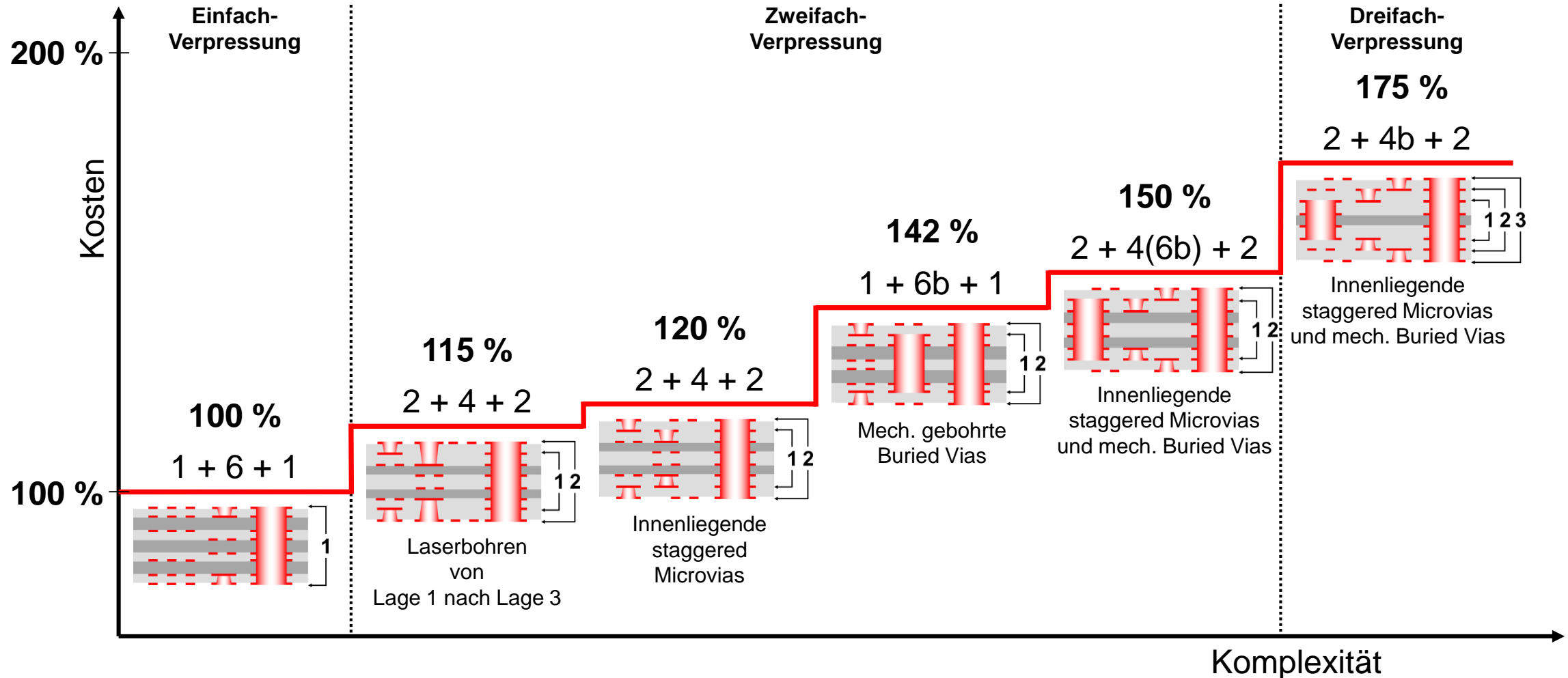
Zeitlicher Ablauf (Quelle/Veröffentlichung: KAIST / 2019)



Prozessdauer
Faktor 2-3
länger
im Vergleich
zu Standard

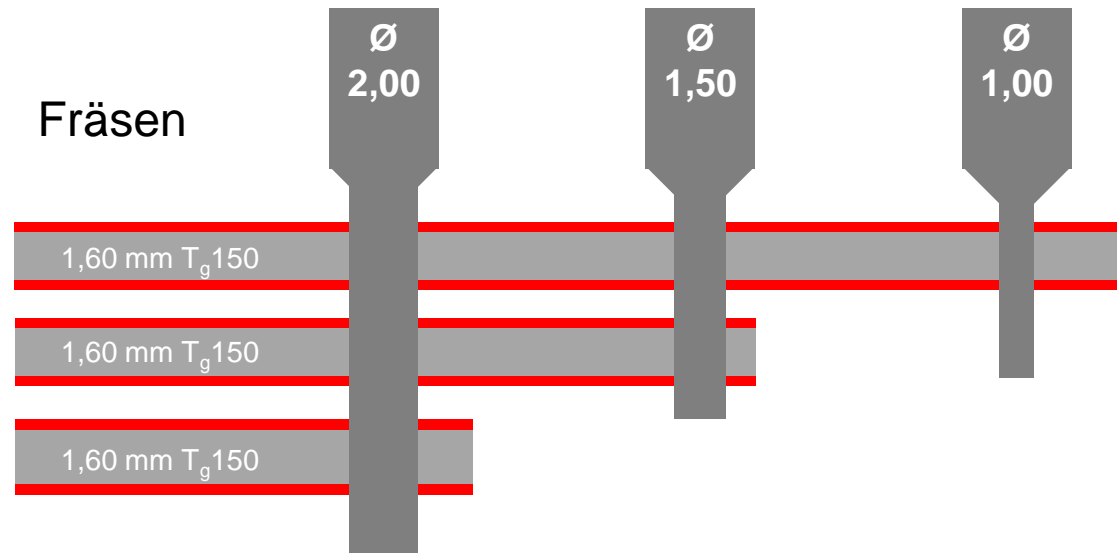
Mechanische Bearbeitung

Welchen Einfluss hat der HDI-Lagenaufbau?

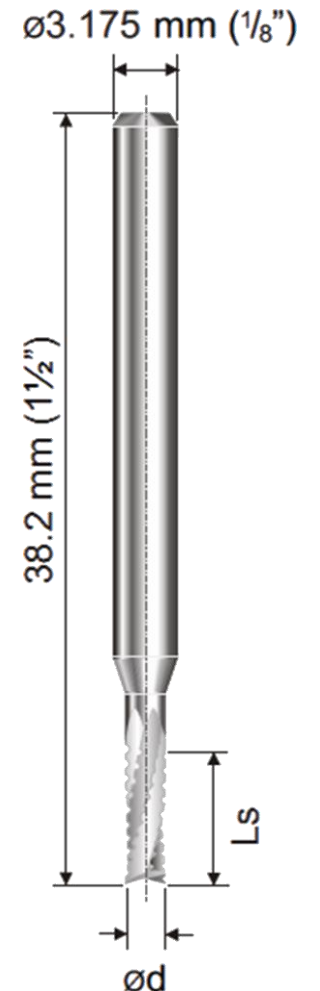


Mechanische Bearbeitung

Welchen Einfluss hat der Fräs-Ø auf die Leiterplattenkosten?



	Ø 2,00	Ø 1,50	Ø 1,00
Standzeit	15 m	5 m	3 m
Paketierung	3er Pack	2er Pack	1er Pack
Fräser je 100 PCBs bei 0,5m Umfang/PCBs	1,1	5	16,7
Fräservorschub	1,2 m/min	0,7 m/min	0,3 m/min
Dauer für 100 PCBs mit 0,5m Umfang/PCB	0,2 h	0,6 h	2,8 h
Preisindikator nur Fräsprozess	100%	270%	1200%

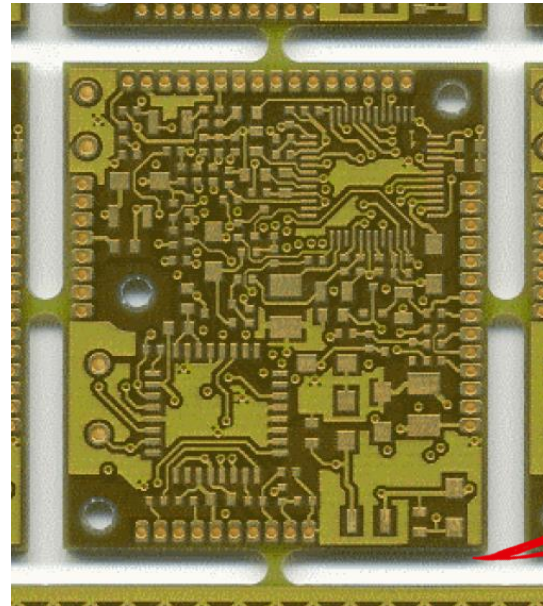


Mechanische Bearbeitung

Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?

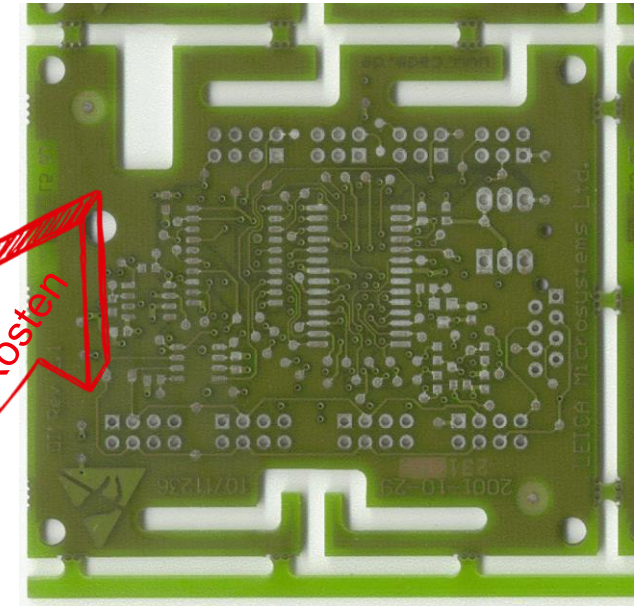
■ Fräskonturen

Aufwändige Fräskonturen können die Fräswege verlängern und den Fräserdurchmesser negative beeinflussen



Standard Fräskontur

- 4x Richtungswechsel
- Fräserdurchmesser 2,4 mm



Aufwändige Fräskontur

- ca. 30x Richtungswechsel
- hohe Fräszeit
- Fräserdurchmesser 1,8 mm

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzenauslegung

Kupferpreisentwicklung und Materialwahl

Lagenaufbauten

Mechanische Bearbeitung

 **Erweiterte Technologien**

Weitere Tipps & Tricks

Zusammenfassung

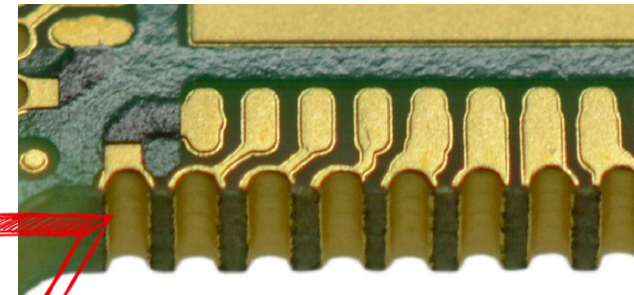
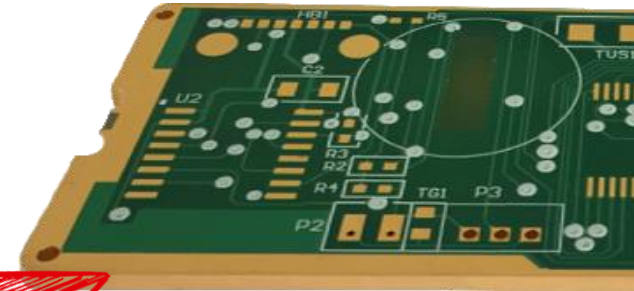
Erweiterte Technologien

Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?



Weitere Kostentreiber!

- **Leiterplattendicke/Lagenanzahl**
⇒ nicht nur relevant beim Bohren & Fräsen....
- **Anzahl Verpressungen**
- **Kantenmetallisierung**
- **Halboffene DK-Bohrungen („Briefmarken-Design“, Castellations)**



Erweiterte Technologien

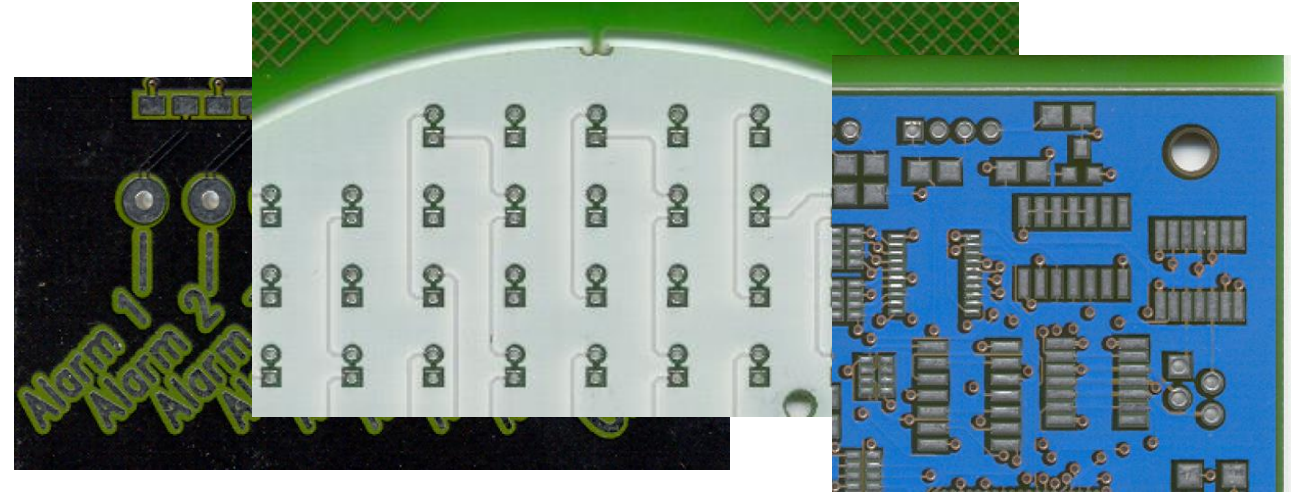
Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?



Weitere Kostentreiber!

- **Farbiger Lötstopplack**

- Weiß / Schwarz / Rot / Blau
- Problem: Nachfrage extrem gering
- Frage: Muss es immer Lötstopp sein – oder reicht evtl. Kennzeichnung durch farbigen Beschriftungsdruck (z.B. zusätzlich rot/gelb für Prototypen / Muster ohne Serienzulassung)



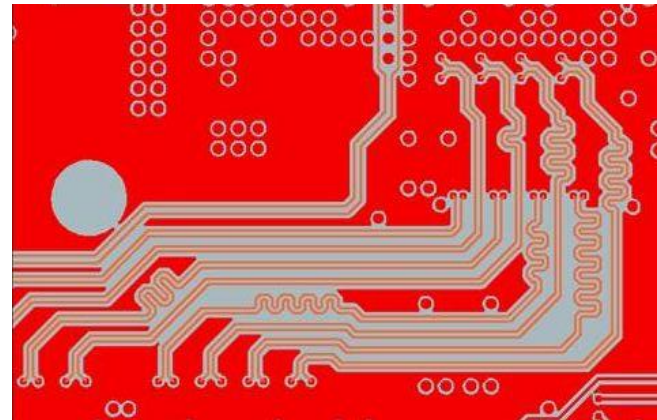
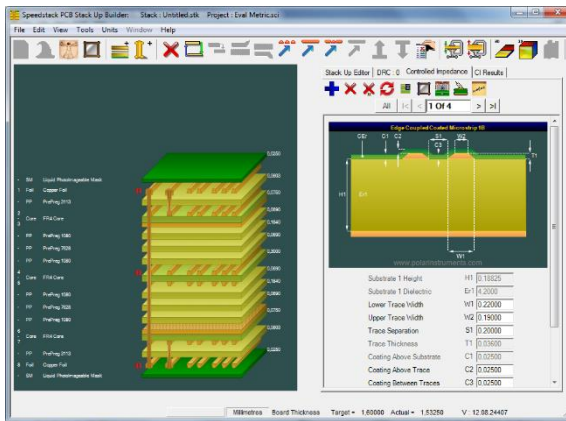
- **Beschriftungsdruck**

- Wie klein muss gedruckt werden – Gefahr: Andrucken von Pads

Erweiterte Technologien

Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?

Geforderte bzw. benötigte Impedanzen

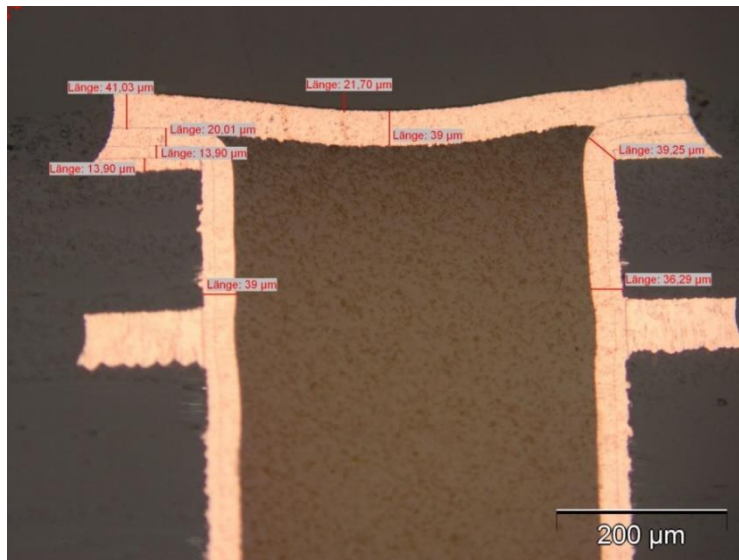


- **Impedanz-gefertigte Leiterplatten**
⇒ Berechnung Lagenaufbau und Leiterbahnen
- **Impedanz-geprüfte bzw. -kontrollierte Leiterplatten**
⇒ zusätzlich mit (mehreren) Testcoupon
⇒ reduzierte Anzahl PCBs je Panel

Erweiterte Technologien

Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?

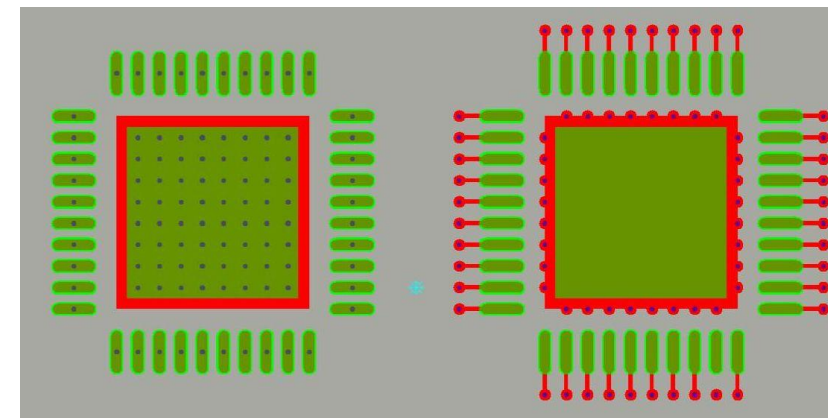
- **IPC 4761 – Filled and Capped Via (Typ VII Via)**
 ⇒ **Via mit Harz gefüllt und überkupfert!**



**Notwendig oder mit
intelligentem
Design zu vermeiden?**

Einsatzfeld:

**z.B.
Kühlkörperflächen
Vias in Lötflächen
Vakuumdichtigkeit**



Erweiterte Technologien

Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?



- **Forderung: IPC Klasse 3**

Oft wird die Forderung 25µm Kupfer in der Hülse mit der Forderung der Fertigung nach IPC Class 3 verwechselt:

- 25µm Hülsenkupfer ist nur ein Teil der Forderung von IPC Class 3
- Die strengeren Prüfkriterien nach IPC Class 3 führen jedoch zu einem geringerem Yield und zusammen mit dem Aufwand, die Kriterien zu überprüfen, zu einem gesteigertem Preis!

Erweiterte Technologien

Was hat noch Einfluss auf den Leiterplattenpreis?



■ Galvanisch Gold

Einsatz von galv. Gold

- oft im Steckbereich als abriebfeste Oberfläche
- meist selektiv in Kombination mit chem. NiAu
- mit Schichtstärken bis zu 4µm

**Preisindikator: bis zu 500% oder mehr
(je nach aktuellem Goldpreis)**

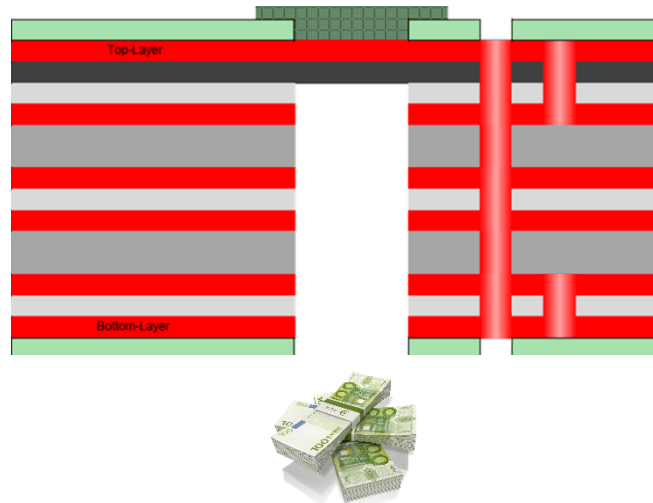


Quelle: <http://www.boerse.de> – Daten abgerufen am 13.07.2020

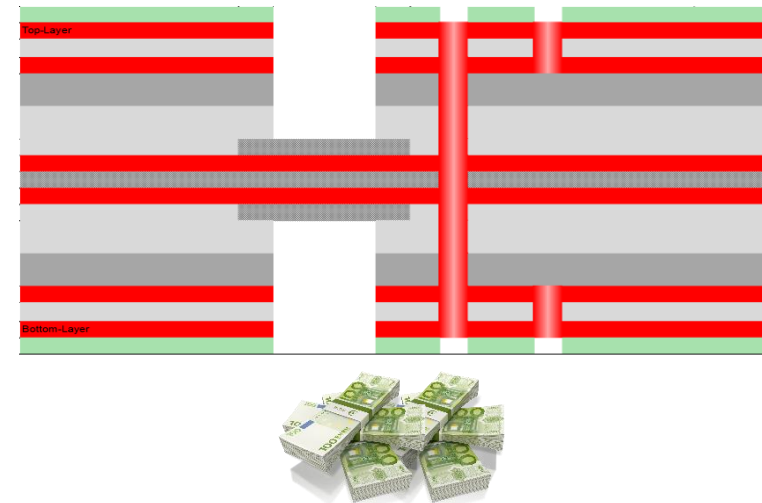
Erweiterte Technologien

Wie sieht es mit Starrflex-Aufbauten aus?

■ Starrflex 1F-5Ri / HDI 1-4-1



■ Starrflex 2Ri-2F-2Ri / HDI 1-4-1



- Mechanischer Tiefenfräs-Aufwand einseitig vs. beidseitig
- Enorme Preisunterschiede im Flex-Material: Kupfer ein-/ beidseitig
- Siebgedruckter Flexlack günstiger als gefrästes und aufgepresstes Coverlay
- Für höhere Zuverlässigkeit bei xRi-2F-xRi: Partiiell Coverlay nötig

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzenauslegung

Kupferpreisentwicklung und Materialwahl

Lagenaufbauten

Mechanische Bearbeitung

Erweiterte Technologien

 **Weitere Tipps & Tricks**

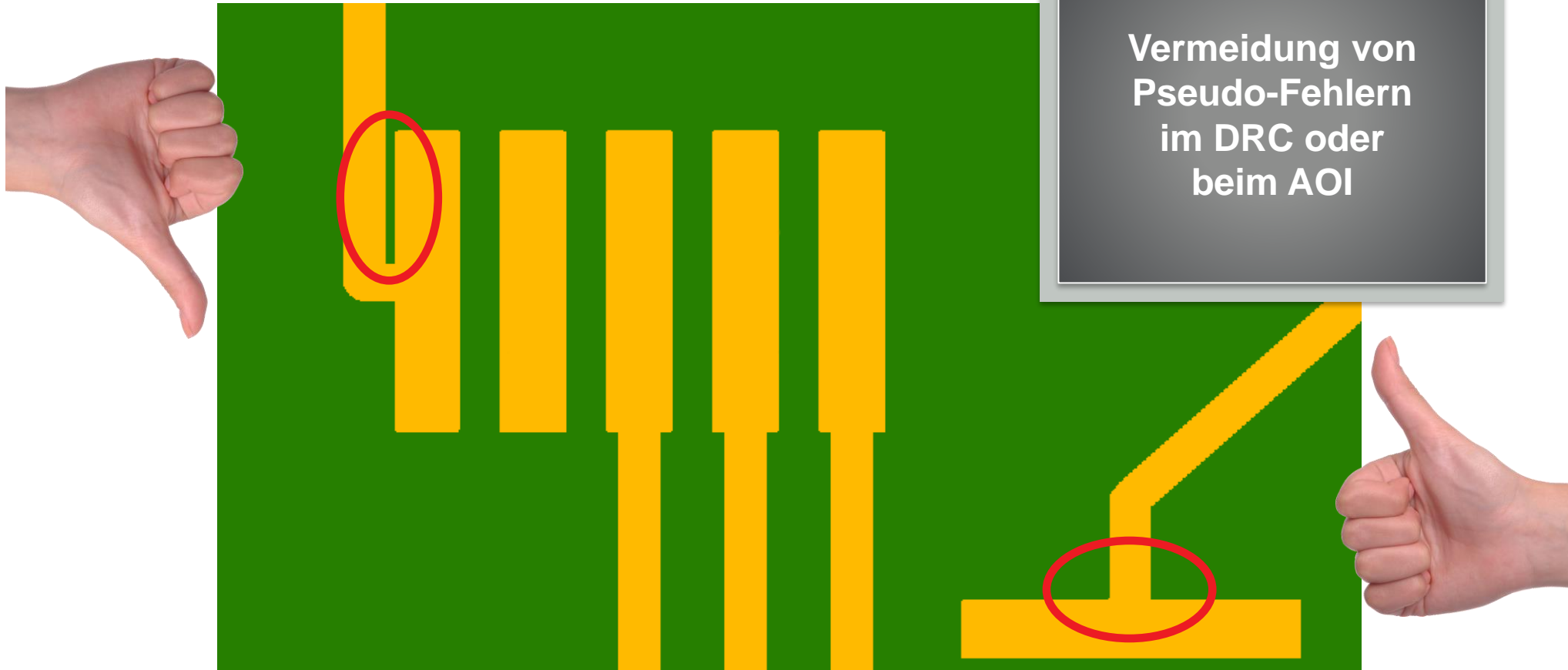
Zusammenfassung

Weitere Tipps & Tricks

Fehlervermeidung



- Padanschlüsse zu nahe am Pad

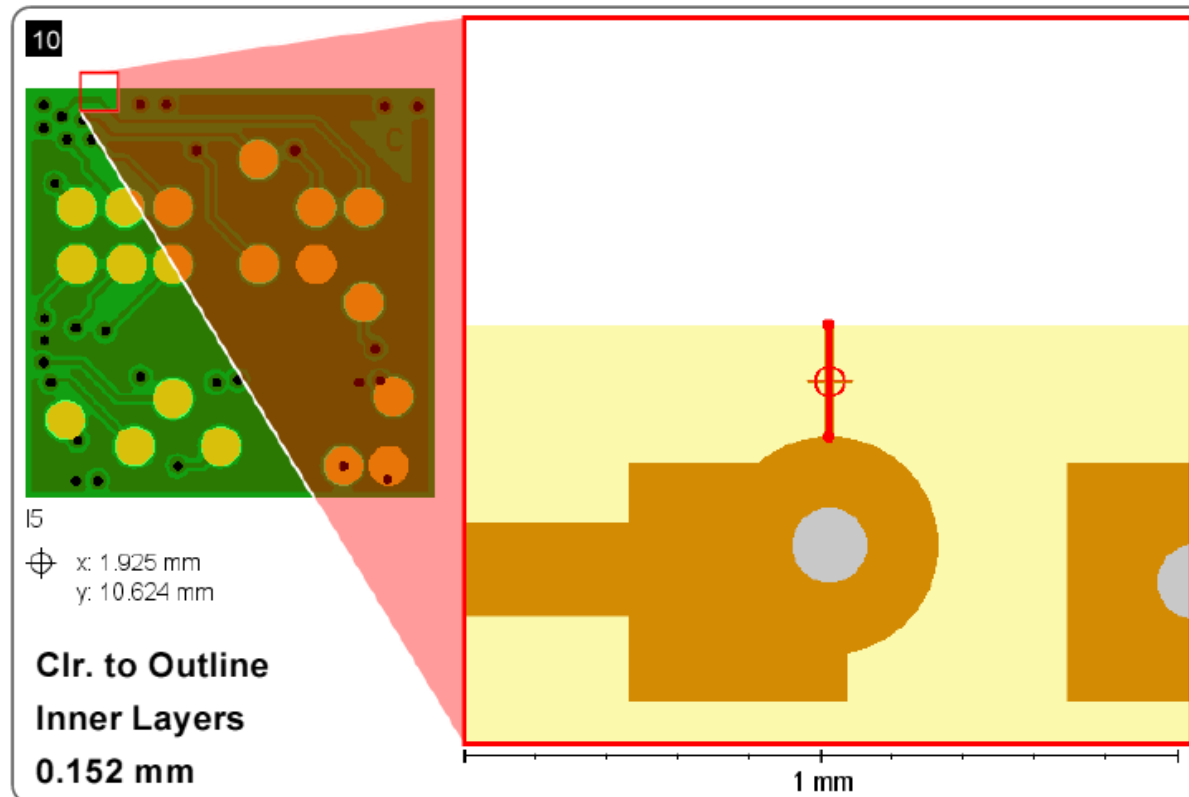


Weitere Tipps & Tricks

Fehlervermeidung



- Abstände von Flächen, Leitungen und Bohrungen inkl. Pads zum Leiterplattenrand



Weitere Tipps & Tricks

Datenausgabe – Gerber-Format



RS-274-D Standard Gerber

⇒ **obsolet, ersetzt worden durch**

RS-274X Extended Gerber

Ausgabeparameter:

- **Oft voreingestellte Parameter bei modernen Design ungenau:**
 - 2.3 Inches ⇒ min. Auflösung 25,4 μm
 - Besser: 2.5 Inches (min. Auflösung 0,254 μm) oder 4.4 metrisch (min. Auflösung 0,1 μm)
- **Keine Vermischung:**
Drilldaten und Gerberdaten mit identischem Ausgabeformat wegen Toleranzkette (speziell bei HDI-Aufbauten)

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?



Agenda

Nutzenauslegung

Kupferpreisentwicklung und Materialwahl

Lagenaufbauten

Mechanische Bearbeitung

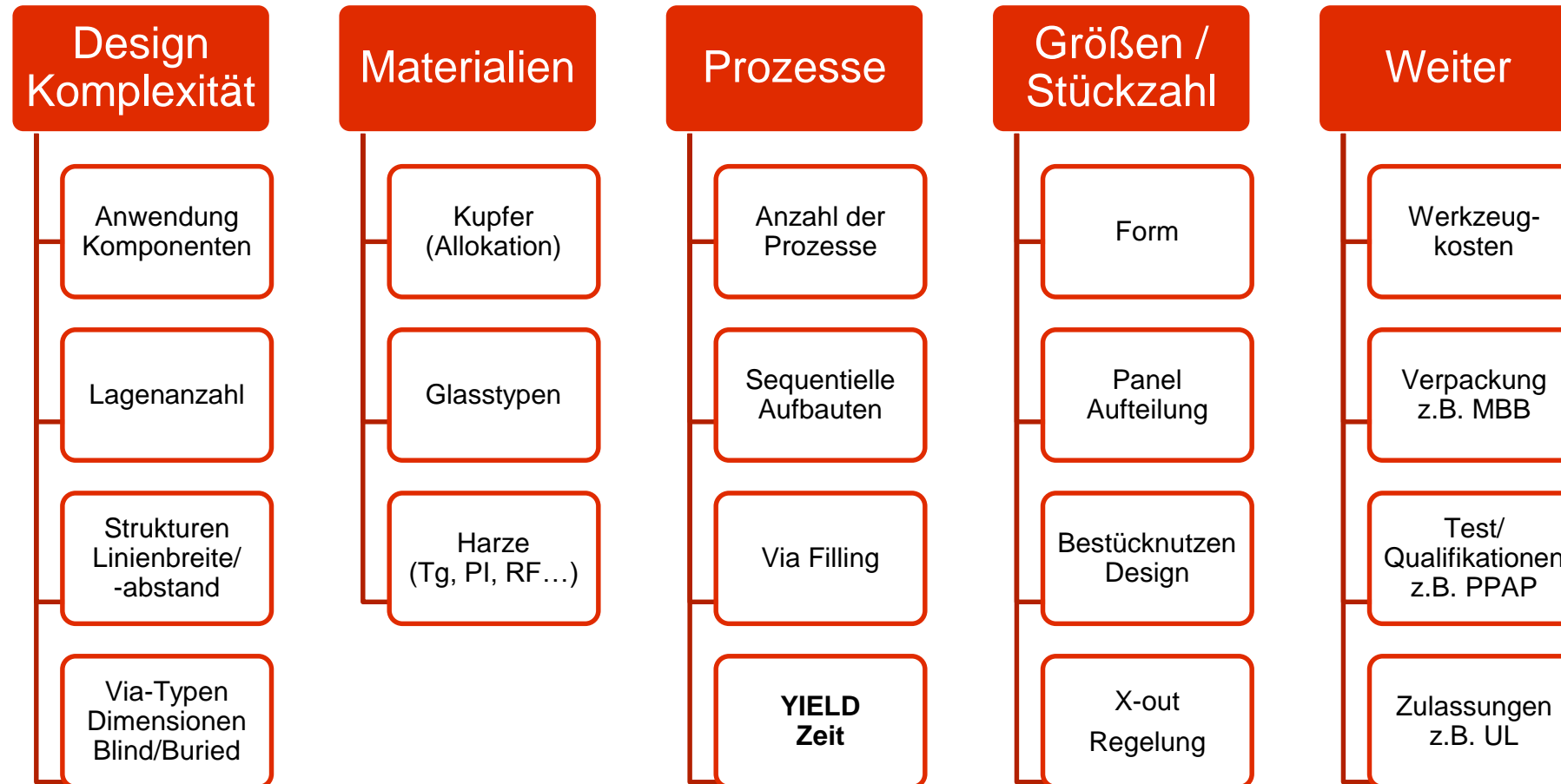
Erweiterte Technologien

Weitere Tipps & Tricks

 **Zusammenfassung**

Wie beeinflusst Ihr Leiterplattenlayout die Kosten in der Leiterplattenfertigung?

- Dinge, die bei der Leiterplattenherstellung zu beachten sind:



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



**Welche
Applikation
haben Sie?**

**Wie kann *WE*
Sie unterstützen?**

Kontakt:
Würth Elektronik GmbH & Co. KG
Advanced Solutions Center
+49 7940 946-1234
asc@we-online.de