

High Density Interconnect

Produktionstechnologien + Herstellbarkeit von HDI Leiterplatten mit Mehrfach-Microvialagen

Der nachfolgende Beitrag wurde grösstenteils im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts „Sichere Produktionsverfahren für hochintegrierte elektronische Systeme mit hoher Zuverlässigkeit (Kurztitel : HDI Baugruppe) erarbeitet.

R. Kohler
Research & Development
MULTEK Europe
Herrenberger Str. 110
71034 Böblingen
Deutschland

Phone (49) (7031) 211-3383
Fax (49) (7031) 211-5210
e-mail: roland.kohler@de.multek.com
Internet: <http://www.multek.de>

INHALT

- **Produkte mit Mehrfach-Microvialagen**
 - **Semisequentielle Aufbautechnik**

- **HDI Produktionstechnologien**
 - **Microvia Bohren in glasverstärkte Materialien**
 - **Laser Belichtungs- und Strukturierungsverfahren**

- **Entscheidende Faktoren für die wirtschaftliche Produktion von Leiterplatten mit Mehrfach-Microvialagen**

INHALT

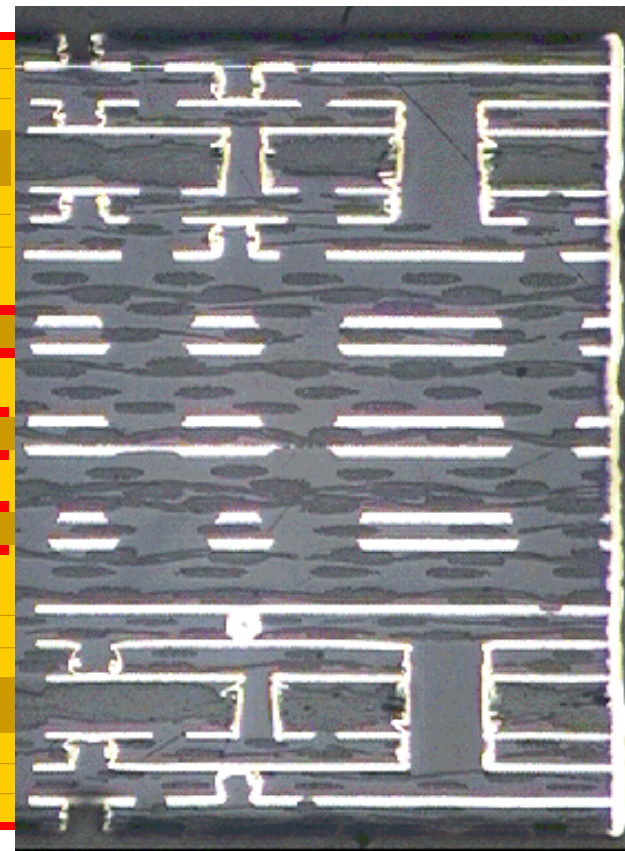
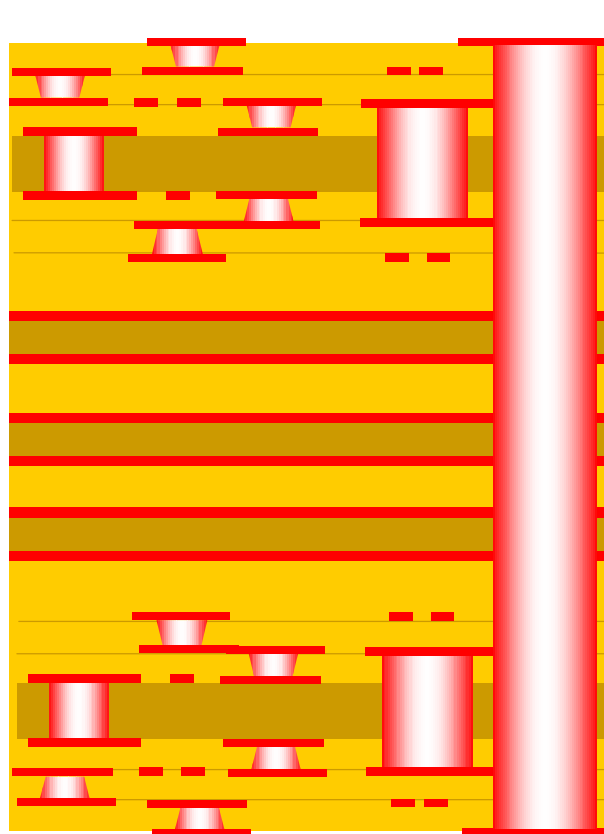
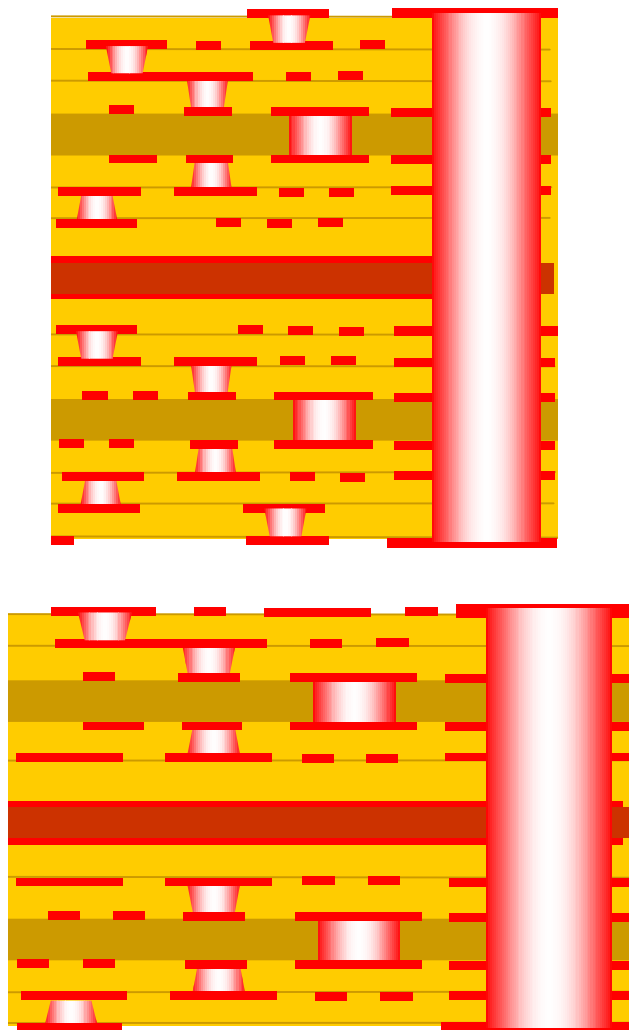
➤ **Produkte mit Mehrfach-Microvialagen**

➤ **Semisequentielle Aufbautechnik**

- HDI Produktionstechnologien
 - Microvia Bohren in glasverstärkte Materialien
 - Laser Belichtungs- und Strukturierungsverfahren

- Entscheidende Faktoren für die wirtschaftliche Produktion von Leiterplatten mit Mehrfach-Microvialagen

Produkte mit Mehrfach-Microvialagen



- 20 Lagen
- 2.9mm Gesamtdicke
- 500x310mm Boardgröße

Aufbautechnik Mehrfach-Microvialagen

Microvia KERNE



1 Microvia Bohrlage
2 HDI Kupferlagen

Microvia TEILAUFBAUTEN Step 1



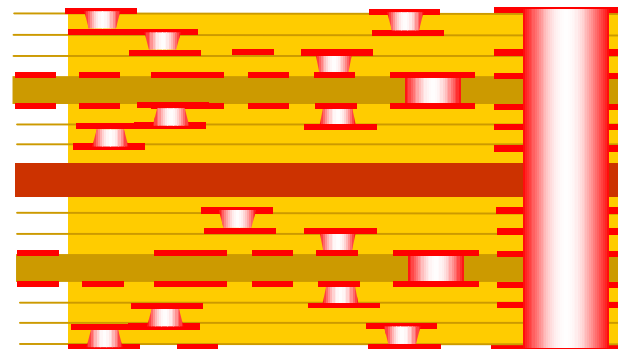
3 Microvia Bohrlagen
4 HDI Kupferlagen

Microvia TEILAUFBAUTEN Step 2

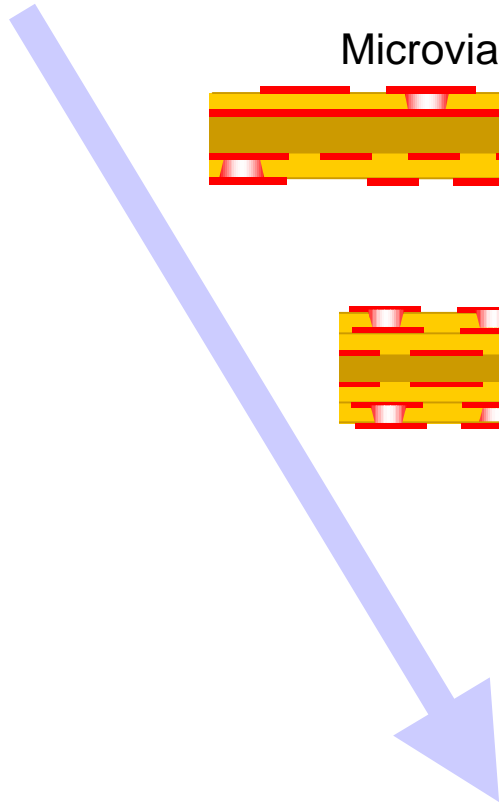


5 Microvia Bohrlagen
6 HDI Kupferlagen

ENDAUFBAU

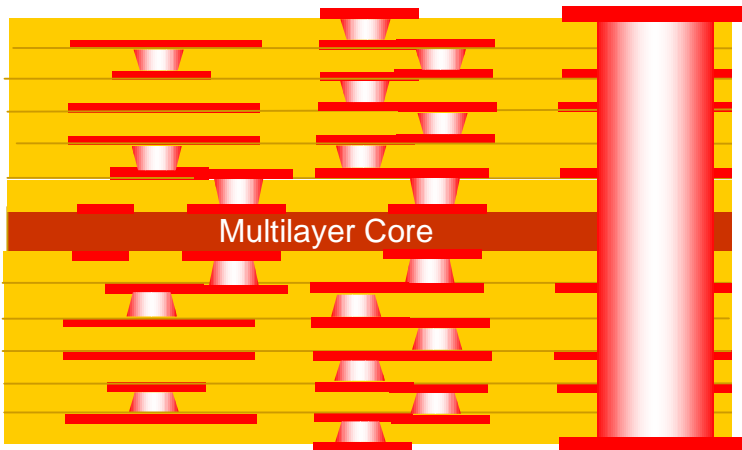


2x6 Microvia Bohrlagen
2x7 HDI Kupferlagen
2 Kernlagen



Semisequentielle Aufbautechnik (SSBU)

Sequentieller Aufbau (SBU)
6 Microvia-Bohrlagen / Seite

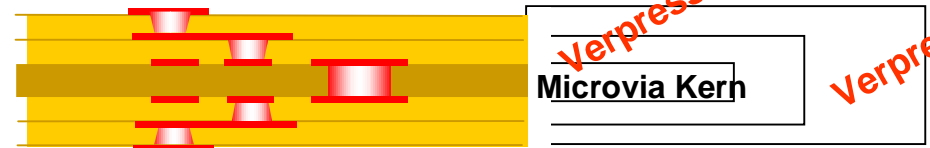


- Geringe Ausbeuten
- 6 x Verpressen
- => extremer Materialstress !



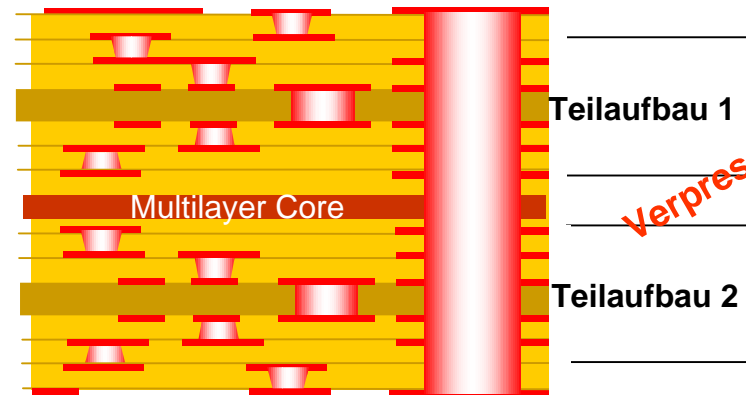
Semisequentieller Aufbau (SSBU)
6 Microvia-Bohrlagen / Seite

Teilaufbauten



Verpressen 1
Verpressen 2

Endaufbau



Verpressen 3

- + Höhere Ausbeuten (Teilaufbauten testbar)
- + weniger Materialstress (nur 3 x Verpressen)
- höhere Registrieranforderungen
- Teilaufbau-Kern nicht beliebig dünn wählbar

INHALT

➤ Produkte mit Mehrfachmicrovialagen

➤ Semisequentielle Aufbautechnik

➤ HDI Produktionstechnologien

➤ Microvia Bohren in glasverstärkte Materialien

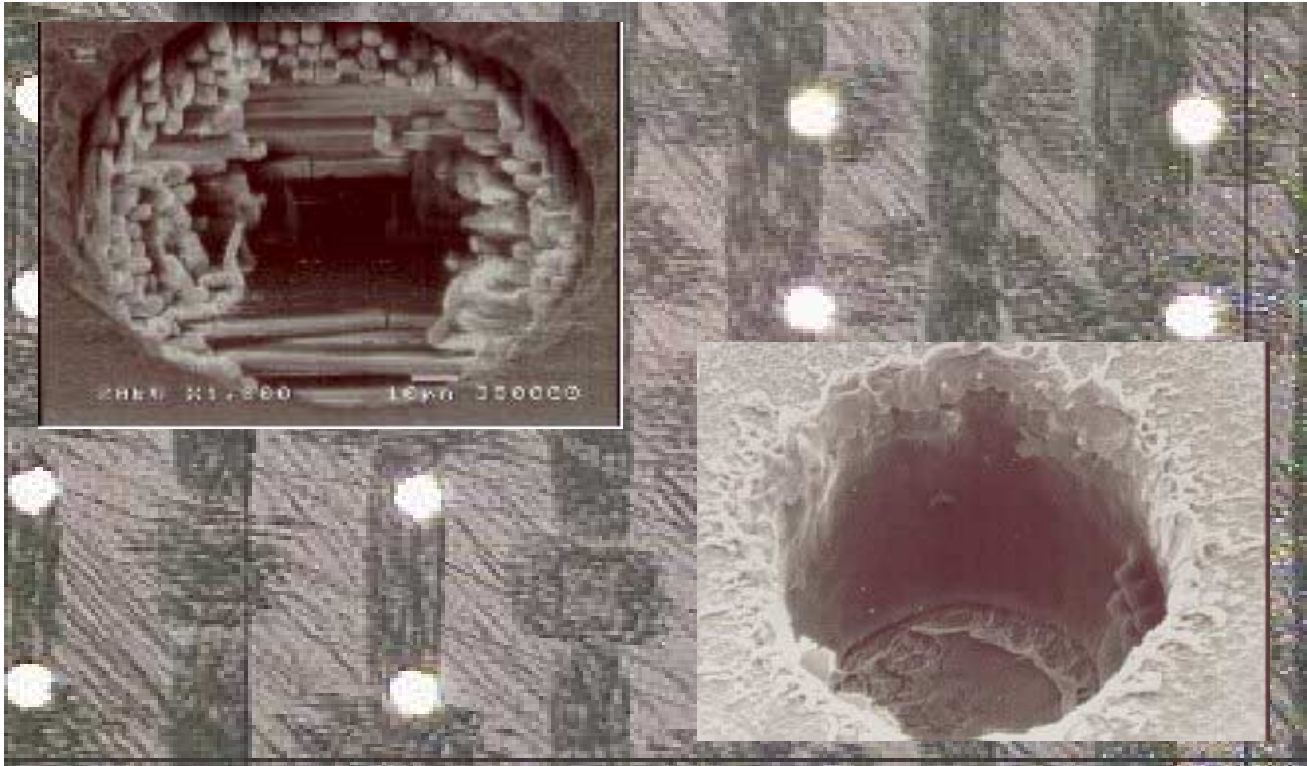
➤ Laser Belichtungs- und Strukturierungsverfahren

➤ Entscheidende Faktoren für die wirtschaftliche Produktion

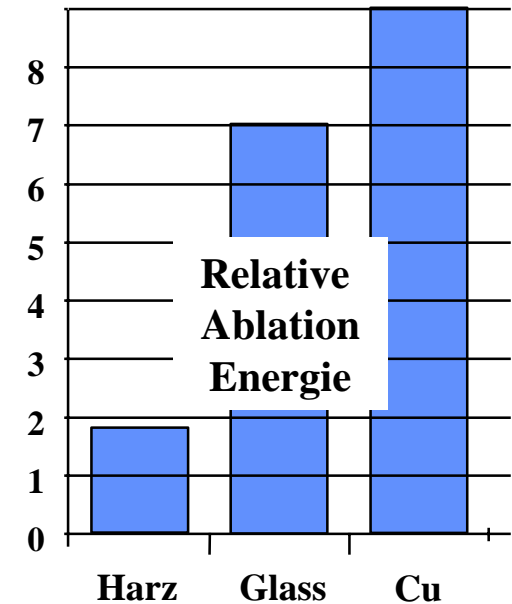
von Leiterplatten mit Mehrfach-Microvialagen

Laser Microvias in glasverstärkte Materialien

➤ Ausgangssituation 10/99



Nd:YAG Laser
(355nm)

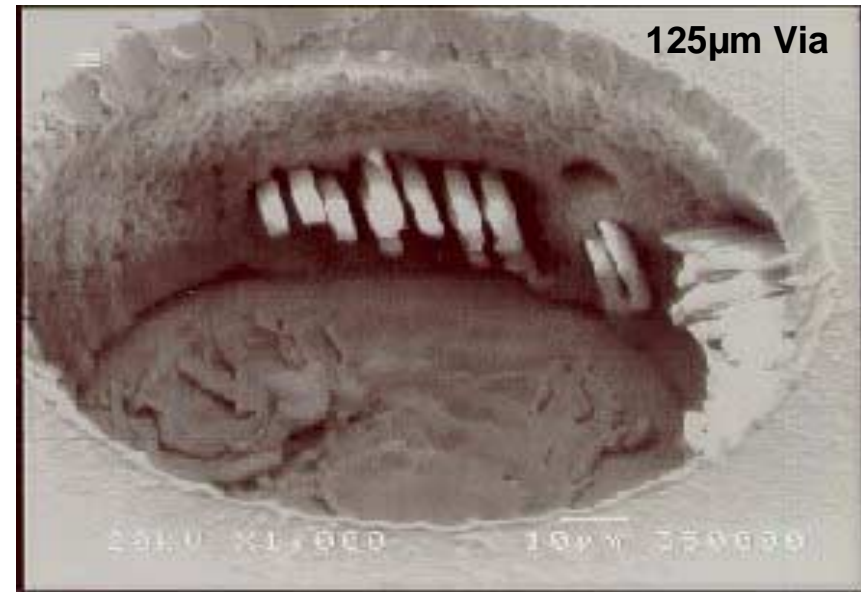
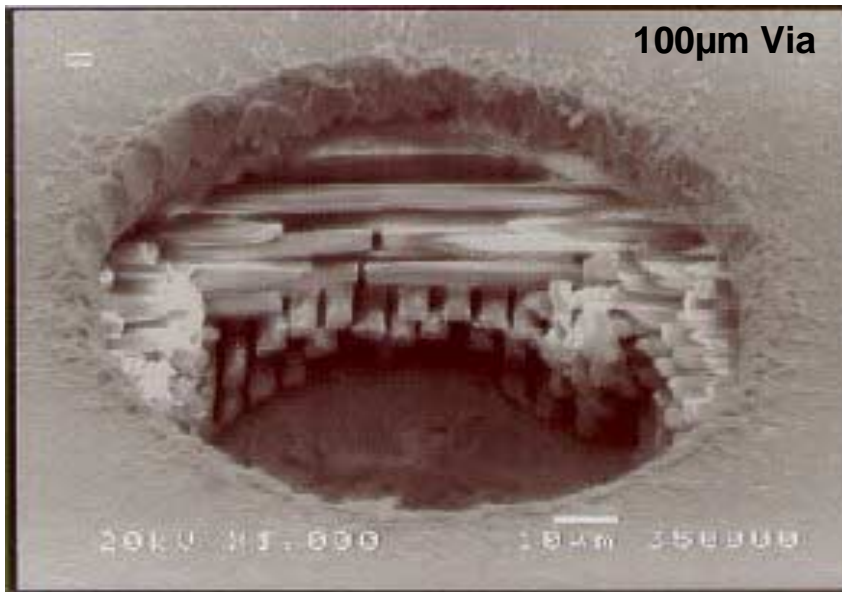


Problem:

Materialmix aus Cu, Glasgewebe und Harz mit unterschiedlichen Absorptionseigenschaften im Bereich der Wellenlänge des UV:YAG Lasers

Laser Microvias in glasverstärkte Materialien

➤ nasschemische Entfernung der Glasfasern



Ergebnis:

Nur ungenügende Ätzung der Glasfasern, selbst bei langen Verweilzeiten in aggressiven Medien. Bildung von Kavernen in die Harzschicht entlang der Glasfasern.

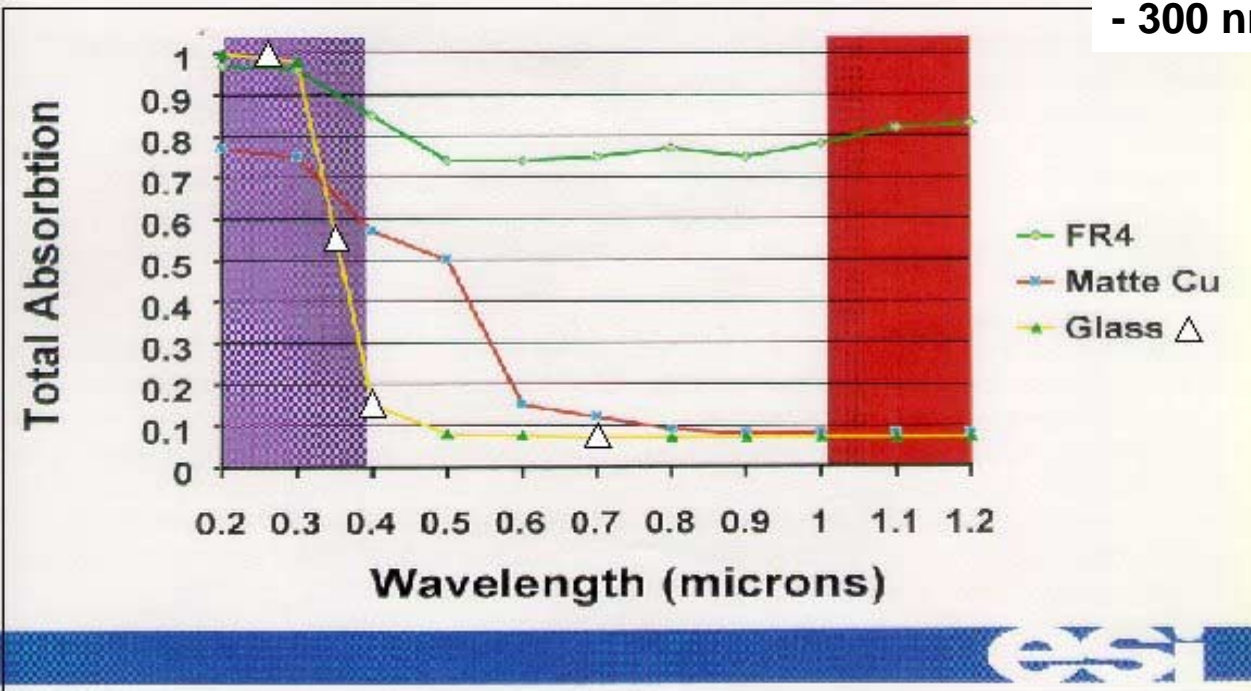
Laser Microvias in glasverstärkte Materialien



Laser mit kürzeren Wellenlängen

Absorption Curves

ESI-Laser Multek: Nd:YAG (355 nm)
 Absorption von Glas bei
 - 355 nm : ca. 60 % der Abs. von FR4-Harz
 - 300 nm : ca. 100 % der Abs. von FR4 Harz



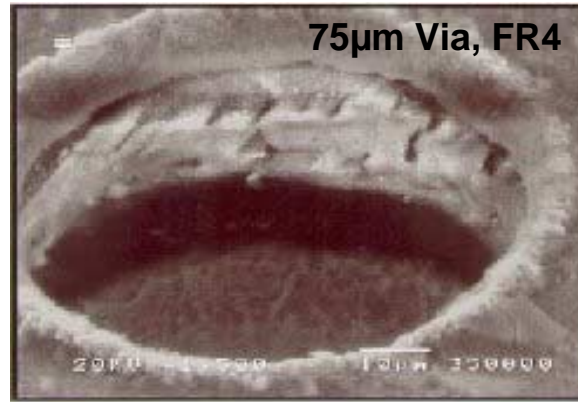
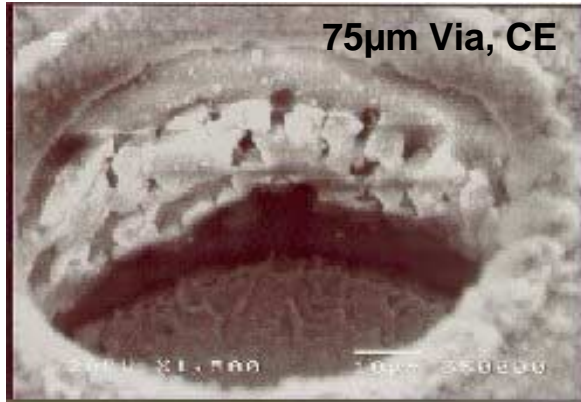
Idee:
 Verwendung von Lasern mit kürzeren Wellenlängen z.B.:
 Excimer Laser

Laser Microvias in glasverstärkte Materialien



Laser mit kürzeren Wellenlängen

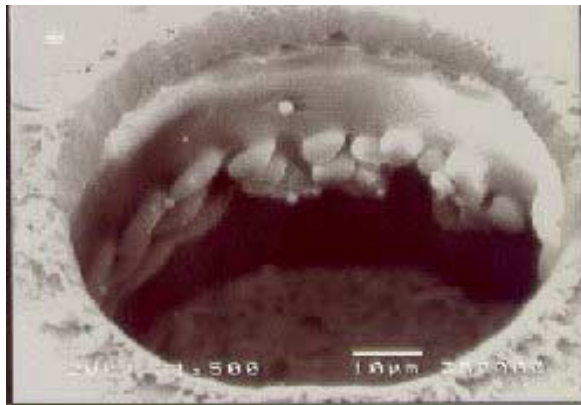
ArF- Excimer-laser (193 nm)



Ergebnis:

Selbst in kleinsten 75µm Vias mit höchsten Glasanteilen (Kreuzung) erhält man sauber “abgetrennte” Glasfasern.

KrF- Excimer-laser (248 nm)

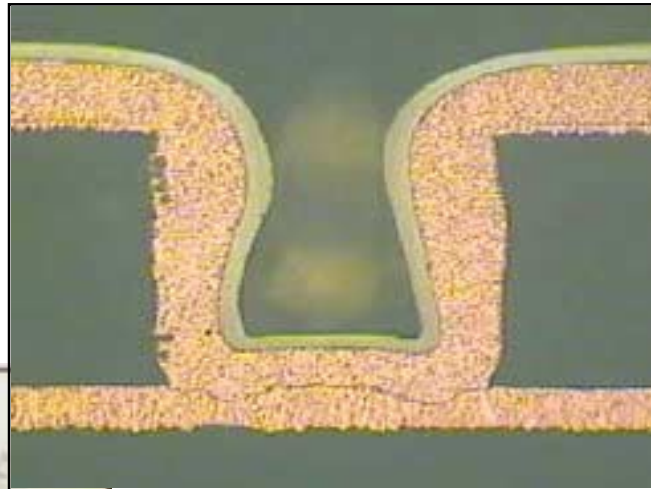


Jedoch:

- kein Produktionsequipment (Labtests)
- sehr geringe Ablationsraten

Laser Microvias in glasverstärkte Materialien

➤ Parameter Optimierung am Nd:YAG Laser



Ergebnis:

Mit den optimierten Laserparametern ist es auch auf Nd:YAG Lasern möglich die in das Bohrloch entstehenden Glasfaser-Reste zu minimieren !

INHALT

- Produkte mit Mehrfachmicrovia-lagen
 - Semisequentielle Aufbautechnik

➤ HDI Produktionstechnologien

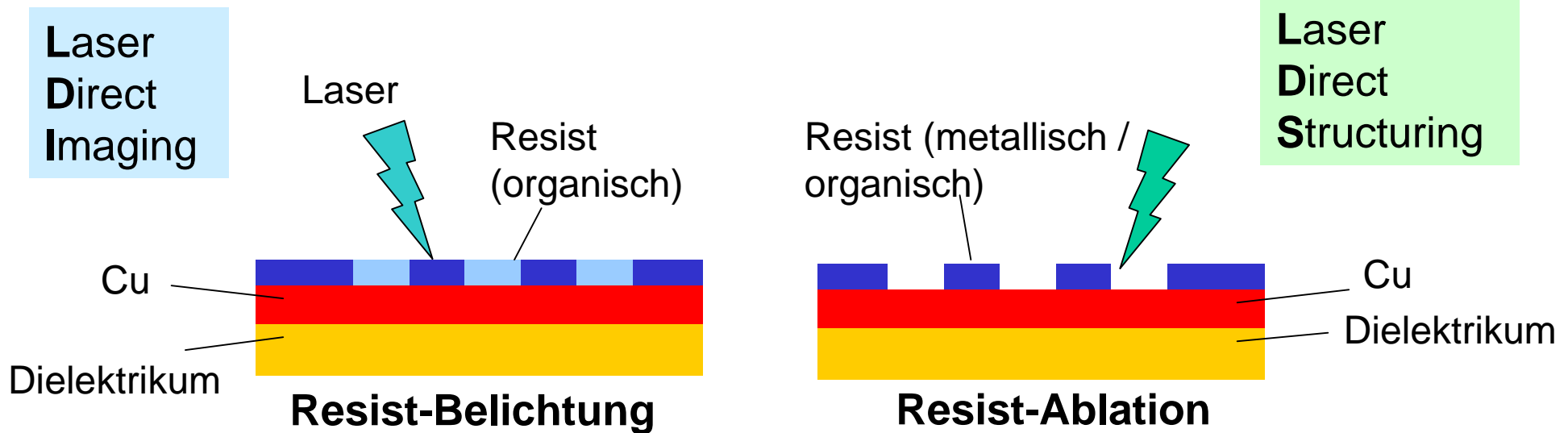
➤ Microvia Bohren in glasverstärkte Materialien

➤ Laser Belichtungs- und Strukturierungsverfahren

- Entscheidende Faktoren für die wirtschaftliche Produktion von Leiterplatten mit Mehrfach-Microvia-lagen

Laser Belichtungs- und Strukturierungsverfahren

=> Höhere Auflösung und bessere Registrierung



- gleichgerichtetes (kohärentes) Laser Licht
- Individuelle Ausrichtung und Skalierung der Leiterplatten anhand von Targetbohrungen

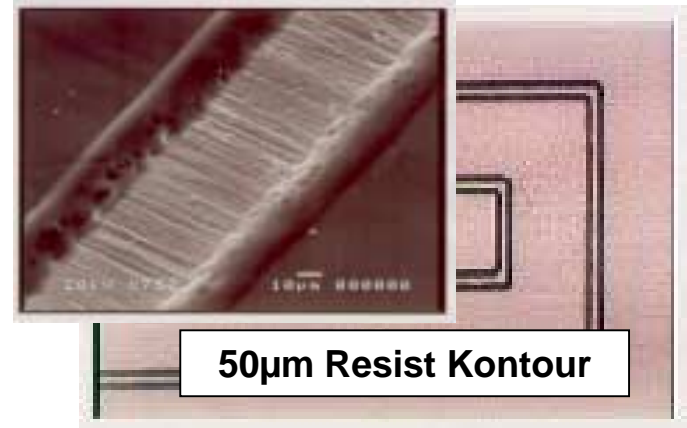
Laser Resist-Strukturierung

Excimer Laser



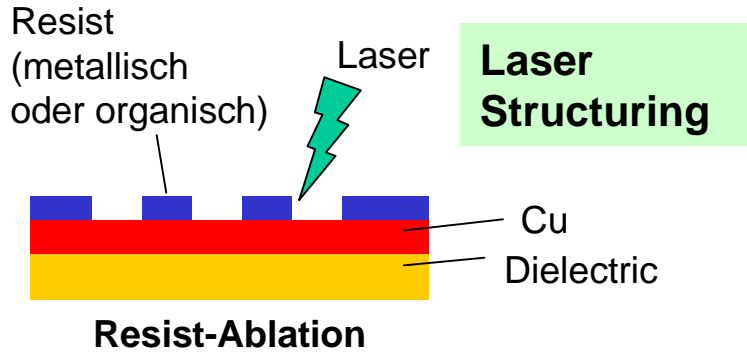
25µm Resist Leiterz.

UV:YAG Laser

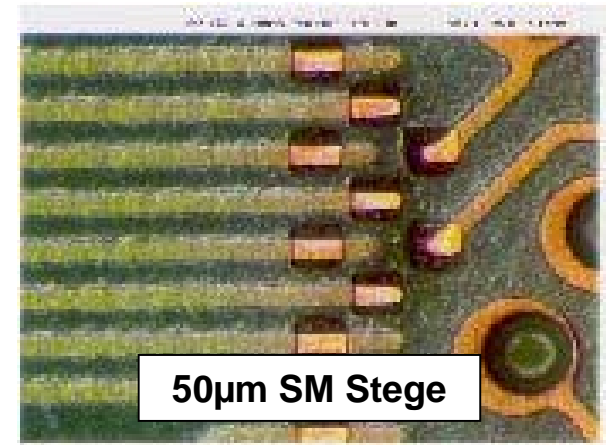


50µm Resist Kontour

Flüssig Resist :



Lötstopmaske :



50µm SM Stege

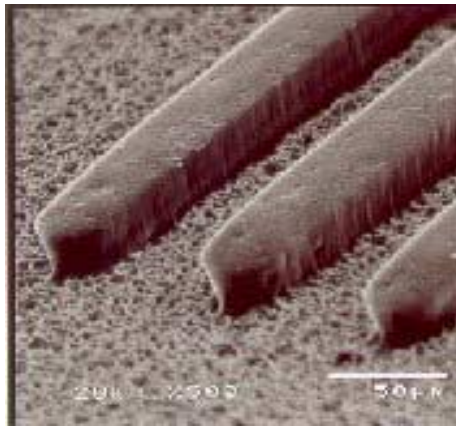
Laser Direktbelichtung

Laser
Direct
Imaging

Laser
Resist
(organisch)



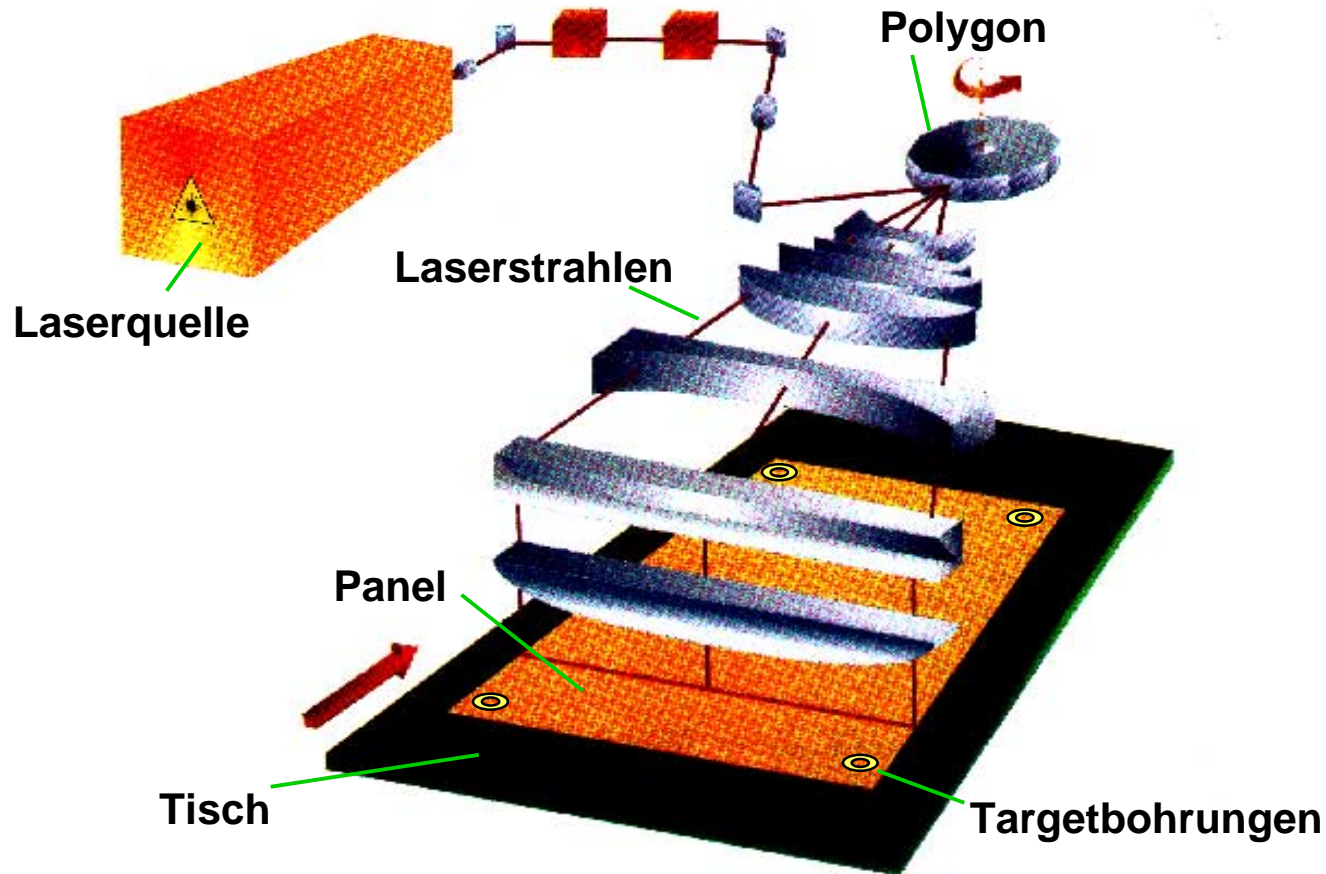
Resist-Belichtung



Max. Auflösung
entwickelter Resist :
37µm Leiterz./Abstände

- + weniger Prozess-Schritte
=> keine Filmvorlagen
- + keine Abfallstoffe (Filme, Chemikalien)
=> keine Filmproduktion
- + hohe Registriergenauigkeit / höhere Ausbeuten
=> individuelle Ausrichtung / Skalierung
- + kein Yieldverlust durch Serienfehler
=> keine Filme / Glasplatten
- geringere Fertigungskapazität
- Auflösung für 1mil Strukturen erforderlich
(zur sicheren Produktion von 2mil Strukturen)
- hohe Laserkosten
- LDI belichtbare Lötstopmaske
- nur wenige Anlagenhersteller

Laser Direct Imaging - Funktionsprinzip



■ *One continuous scan movement ensures unrivaled exposure uniformity and faster exposure speed.*

Courtesy of Orbotech

INHALT

- Produkte mit Mehrfach-Microviaalagen
 - Semisequentielle Aufbautechnik

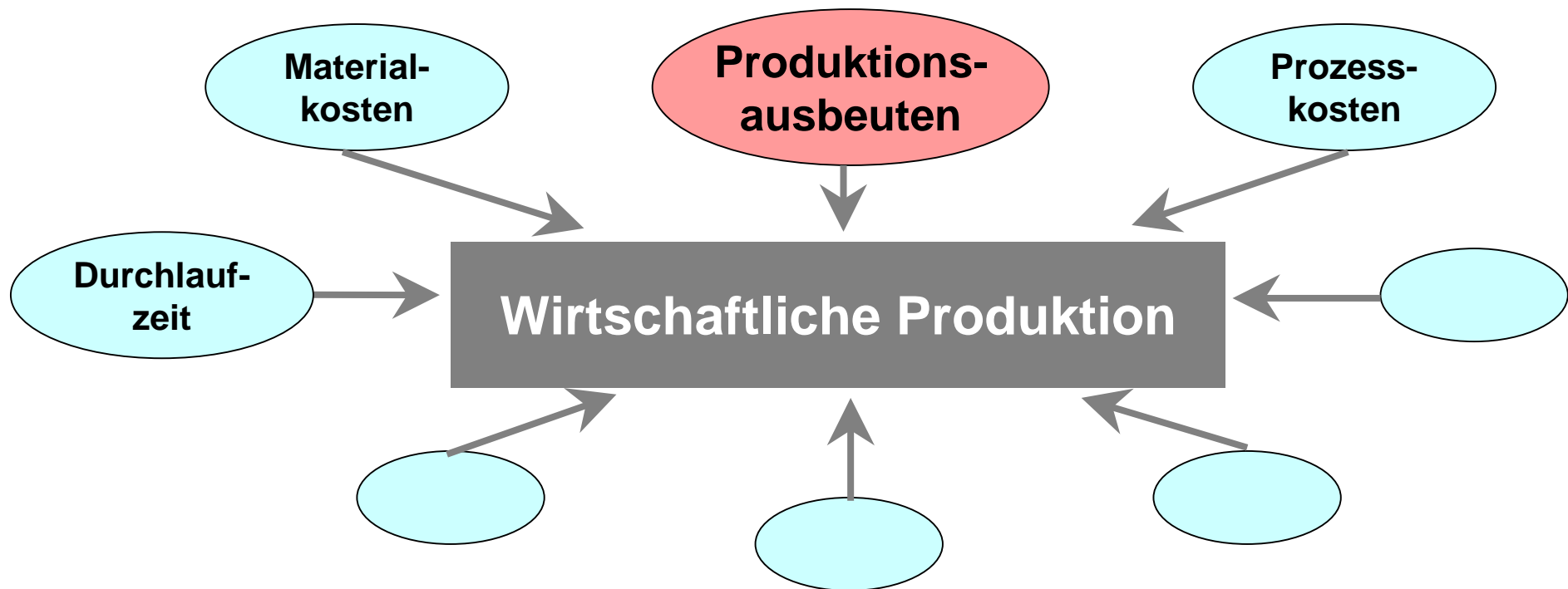
- HDI Produktionstechnologien
 - Microvia Bohren in glasverstärkte Materialien
 - Laser Belichtungs- und Strukturierungsverfahren

➤ **Entscheidende Faktoren für die wirtschaftliche Produktion von Leiterplatten mit Mehrfach-Microviaalagen**

Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten



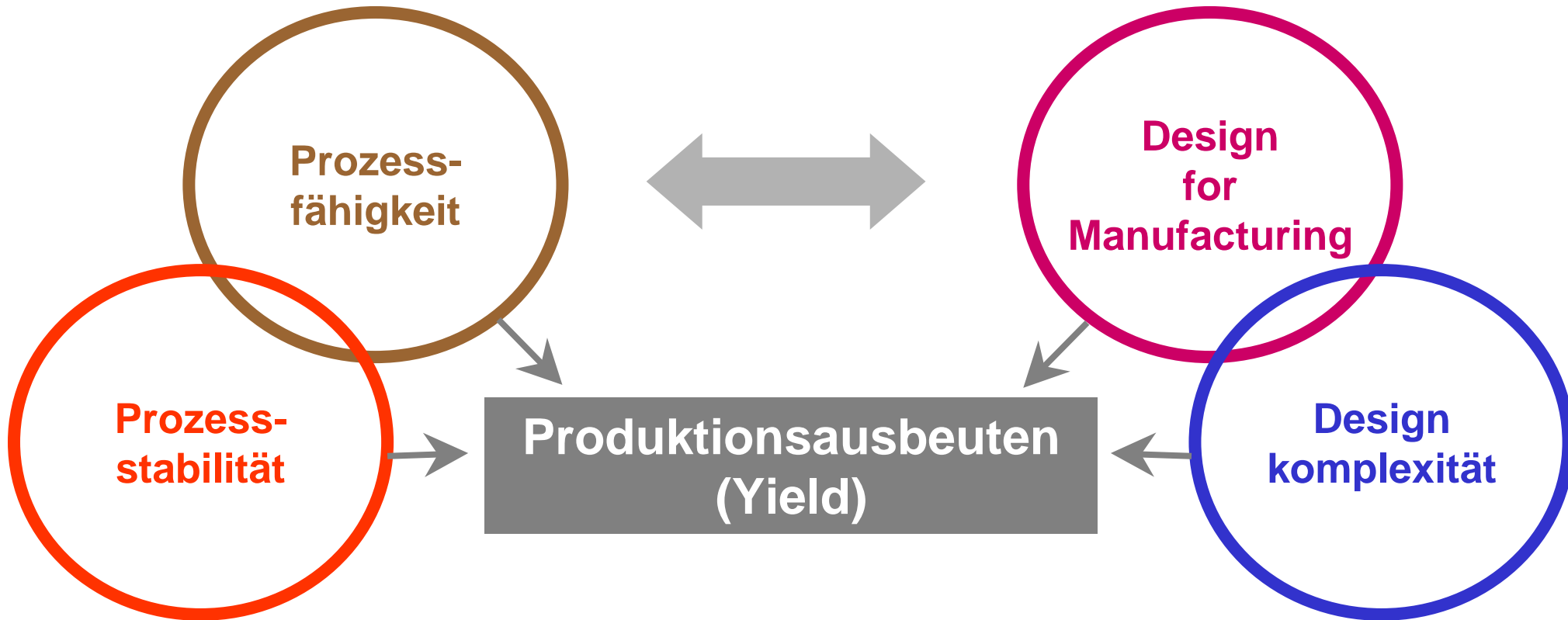
Wichtige Faktoren für die wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten mit Mehrfach-Microvia-Lagen



Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten



Wichtige Einflussfaktoren auf die Produktionsausbeuten



Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten



Prozessfähigkeit

Prozessfähigkeit, ausgedrückt in den Kenngrößen Cp und Cpk, zur Beurteilung, wie gut der Prozess das Produkt innerhalb der geforderten Spezifikation produzieren kann.

Der **Cpk** (Index of Process Capability) drückt die Prozessfähigkeit aus, das Produkt innerhalb der geforderten Spezifikation zu produzieren.

$$Cpk = \frac{\text{Abstand Prozessmittelwert zur näheren Spec. Grenze}}{3 \times \text{Standardabweichung}}$$

Wünschenswert sind grosse Cpk Werte, idealerweise gleich dem Cp Wert.
Der Cpk Wert sollte nicht kleiner als 1.5 sein, auf keinen Fall jedoch kleiner als 1.

Der **Cp** (Index of Process Potential Capability) beschreibt das Potential eines Prozesses in Bezug auf die Prozess Streuung bei der Fertigung eines Produktes mit definierten Toleranzvorgaben.

$$Cp = \frac{\text{obere Spec Grenze} - \text{untere Spec. Grenze}}{6 \times \text{Standardabweichung}}$$

Wünschenswert sind grosse Cp Werte, weil dann der Prozess, relativ zur Spezifikation eine kleine Streuung und noch viel Potential hat :

Cp =1	Prozessfähigkeit ungenuegend
Cp =1.33	Prozessfähigkeit schwach
Cp =1.67	Prozessfähigkeit befriedigend
Cp =2	Prozessfähigkeit sehr gut

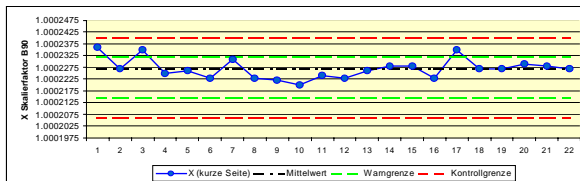
Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten

**Prozess-
stabilität**

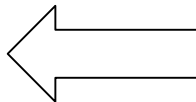
Ein Prozess ist stabil, wenn bei fest eingestellten Prozessparametern gleichbleibende Ergebnisse erzielt werden !

Wesentliche Voraussetzungen zur Erreichung stabiler Prozesse sind :

- Die Prozessanlage läuft stabil innerhalb der vorgegebenen Grenzen
- Die Qualität des Vorproduktes liegt innerhalb der vorgegebenen Grenzen
- Die Qualität der Verbrauchsmaterialien und Hilfsmittel entspricht der Definition
- Es existieren Messgrößen, Kontroll- und Auswertemethoden zur Bewertung der Prozess Stabilität
- Wissensstand und Bereitschaft des Personals



**Statistische
Prozess
Kontrolle**



Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten

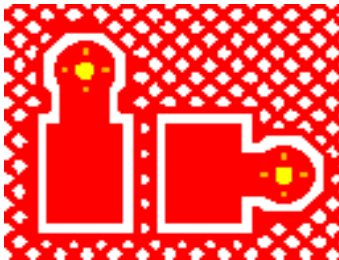


Design for Manufacturing (DfM)

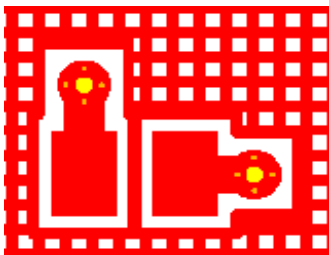
Durch die Abstimmung des Designs auf die Belange der Leiterplattenfertigung können die Ausbeuten gesteigert, die Prozesszeit verringert und die Kosten reduziert werden !

Beispiele für wesentliche Inhalte einer DfM Optimierung :

Design mit
Schirmungs-
muster A =
113,5 MB

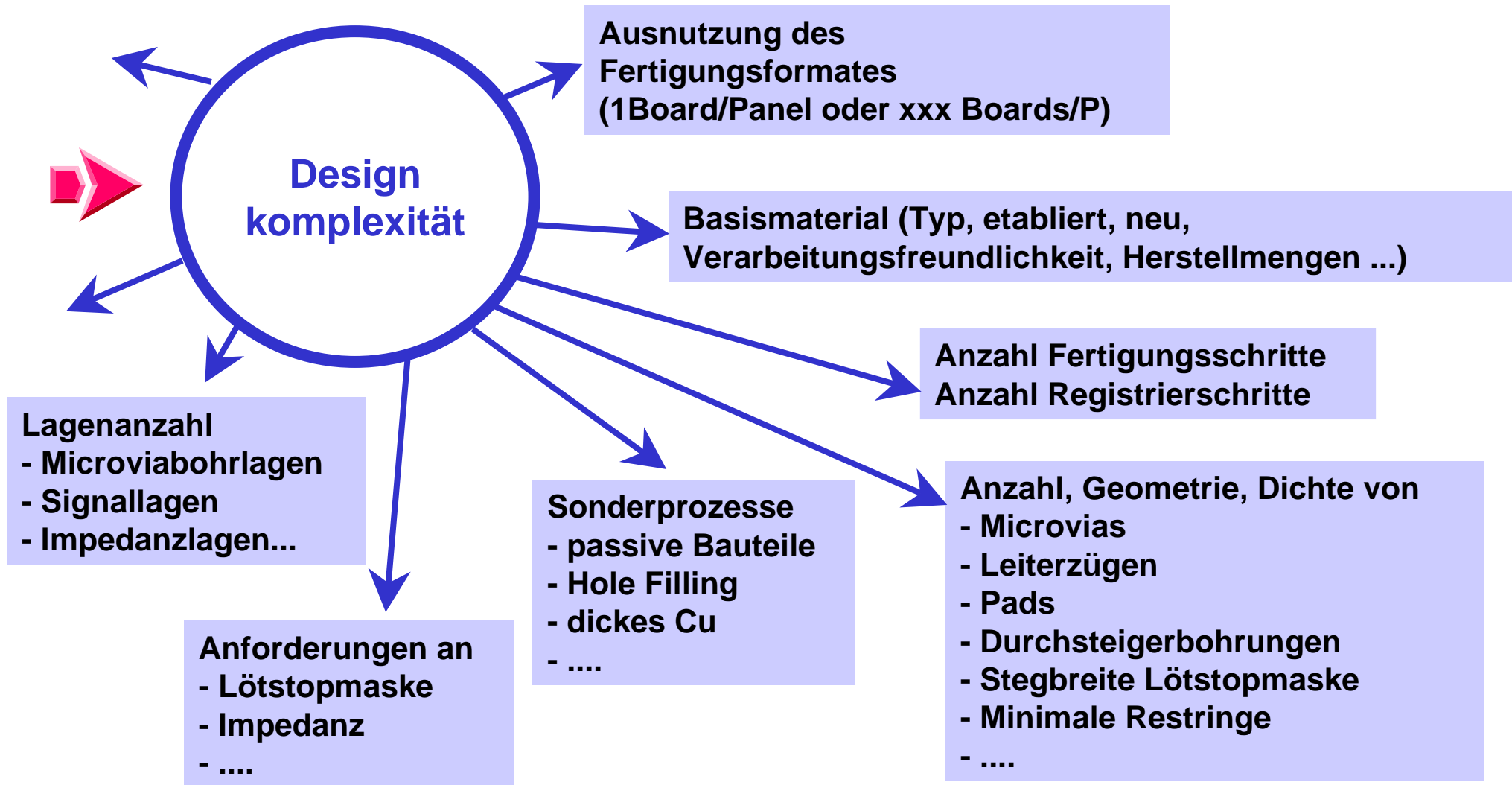


Design mit
Schirmungs-
muster B =
12,5 MB

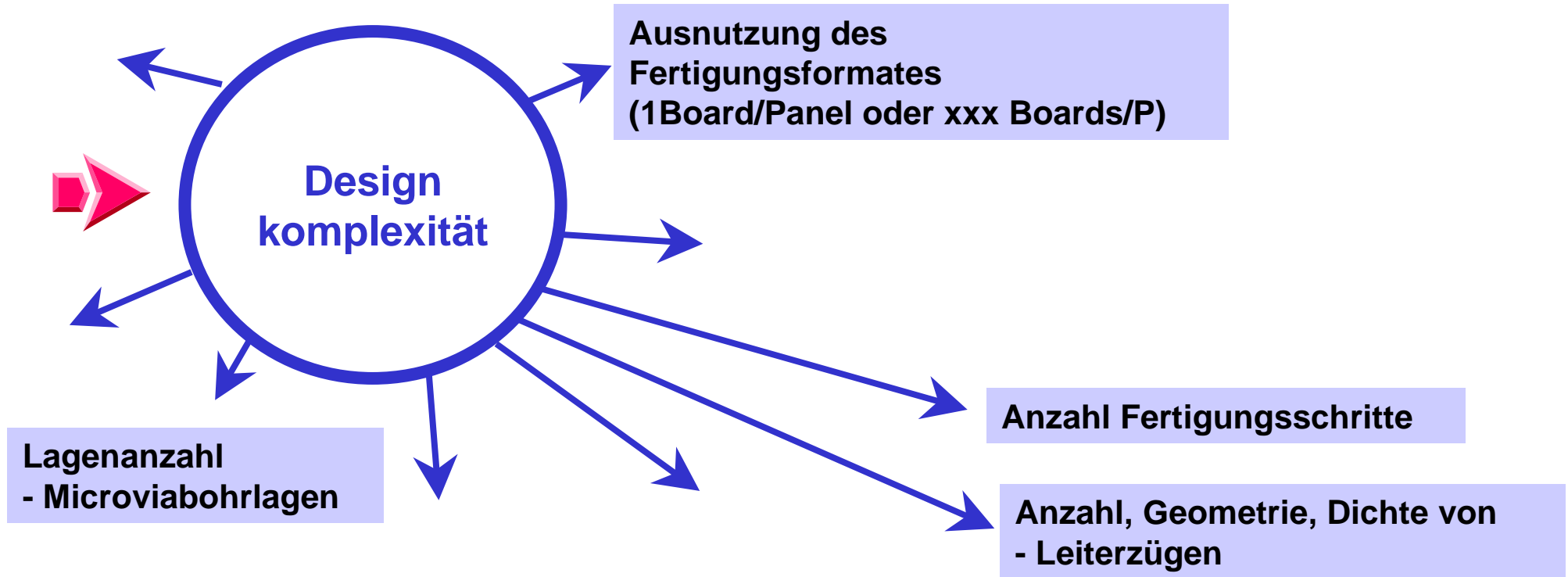


- Maximale Restringe.
- Teardrops an Pads mit Leiterzuganschluss.
- Strichbreite von nicht aktiven Schaltungsstrukturen (z.B. Schirmungsmuster so setzen, dass sie eindeutig identifiziert werden können.
- Grosse Cu Flächen mit möglichst wenig, grossen Vektoren füllen, um ein explodieren der Datenmenge zu vermeiden.
- Vermeidung isolierter Frei-/ oder Cu Flächen kleiner als 75% der kleinsten Leiterzugbreite, sonst evt. Resisthaftungsprobleme.
- Schirmungsmuster abstimmen

Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten



Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten



Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten

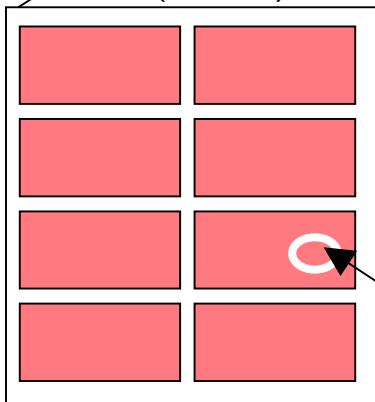
Design
komplexität



Ausnutzung des
Fertigungsformates
(1 Board/Panel oder xxx Boards/P)

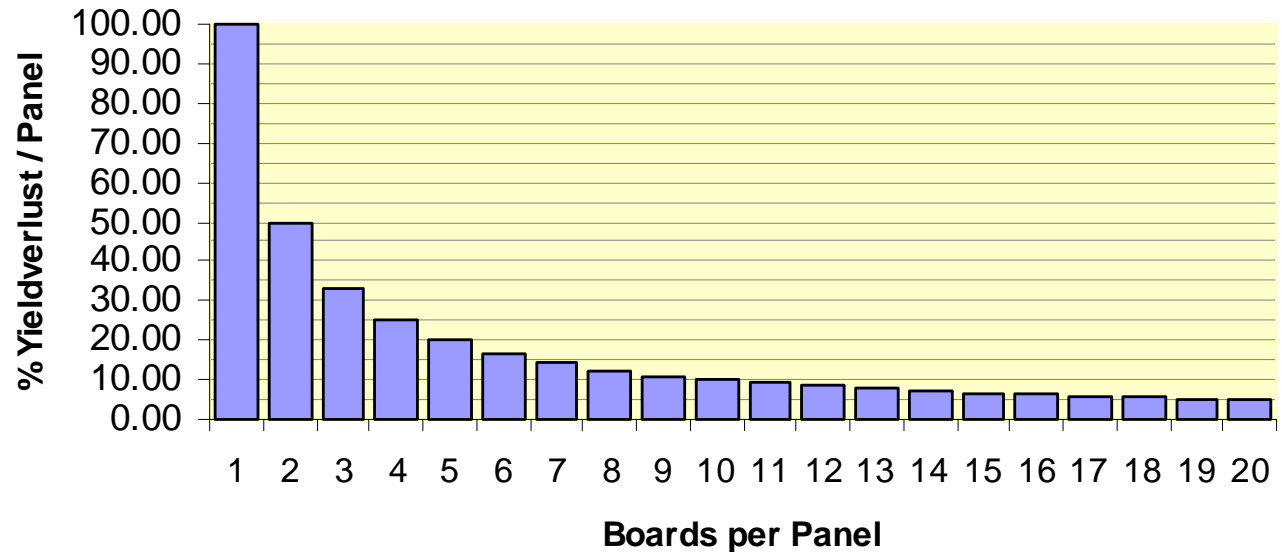
Yieldverlust per Panel
bei 1 Defekt auf dem Panel

Fertigungsformat
(Panel)



Defekt

Boards/ Panel : 8



Beispiel

Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten

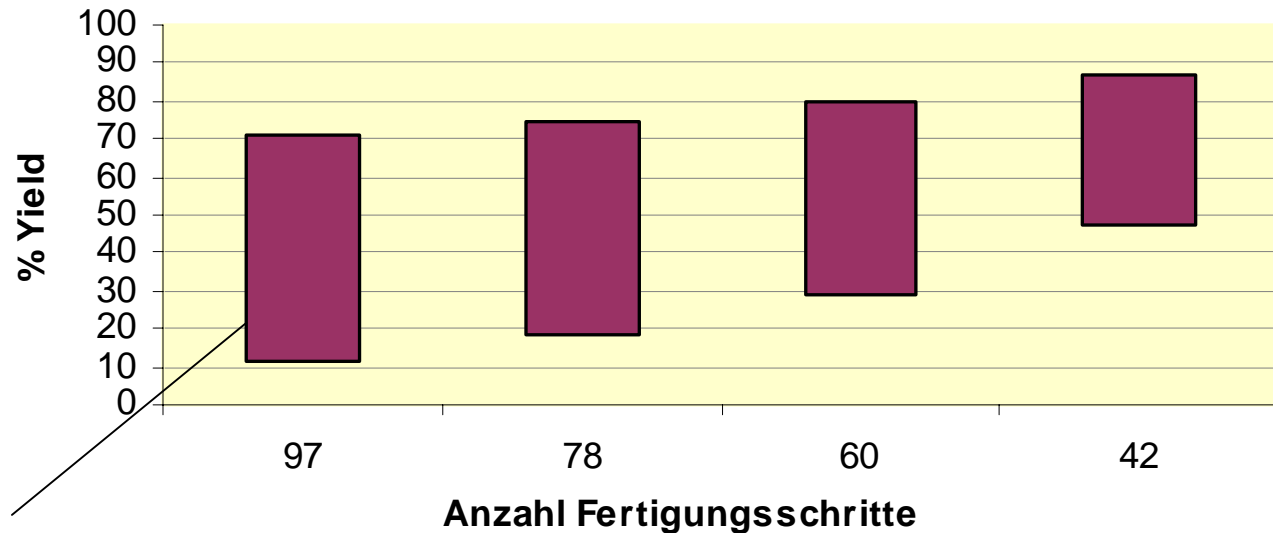
Design
komplexität



Anzahl Fertigungsschritte HDI Leiterplatten mit Mehrfach-Microvia-lagen

Yieldbereich in Abhängigkeit der Anzahl Fertigungsschritte

Beispiel

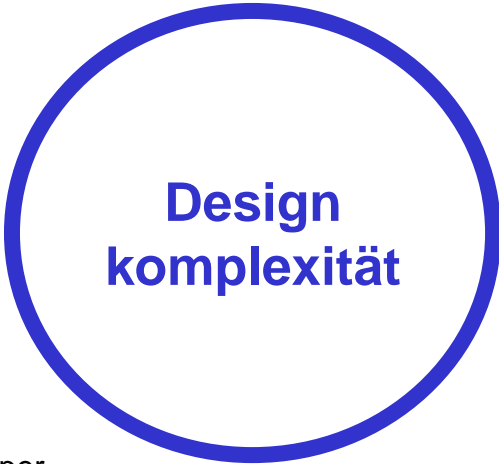


Tatsächlicher Yield innerhalb des Yieldbereiches ist abhängig von der Designkomplexität

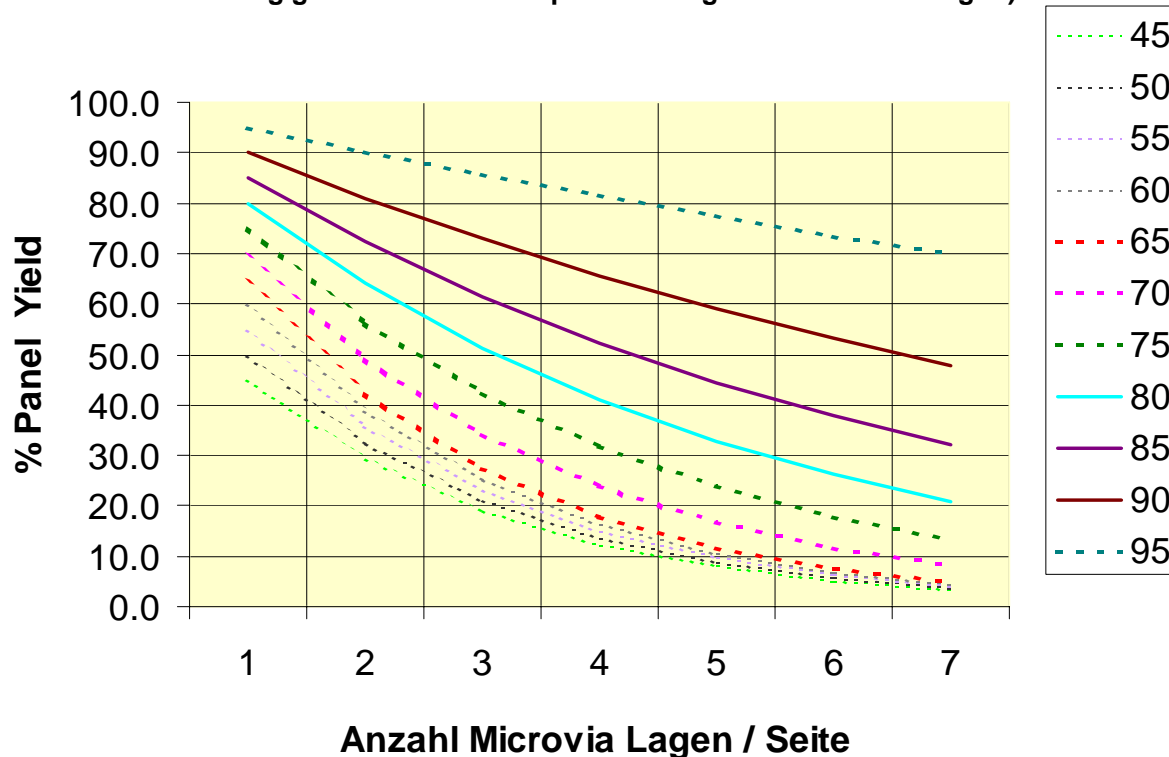
Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten



**Lagenanzahl
- Mehrfach-Microviabohrlagen**



Yieldszenario sequentielle Microvialagen
(Microvialagen Gesamtyield je nach Designkomplexität
in Abhängigkeit der Anzahl sequentiell aufgebaute Microvialagen)



Yield per Microvia Lagenpaar (abhängig von der Designkomplexität)

Beispiel:
sequentiell
aufgebrachte
Microvialagen

Wirtschaftliche Produktion von HDI Leiterplatten

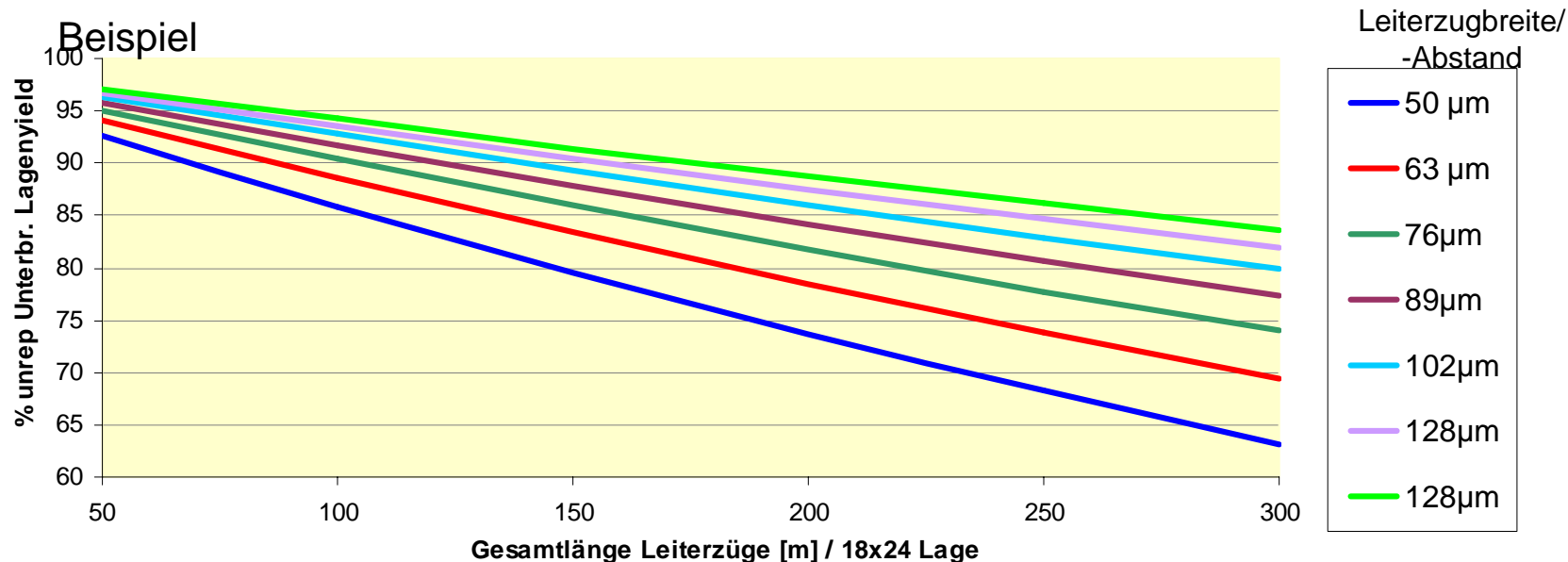
Design
komplexität



Geometrie und Dichte von
- Leiterzügen

Beispiel über die Entwicklung des Yields aufgrund von unreparierbaren Unterbrechungen. Bezogen auf 1 Panellage in Abhängigkeit der Leiterbreite und der Gesamtlänge an Leiterzügen

Yield / Panel-Lage wegen unreparierbarer Unterbrechungen
in Abhängigkeit von Leiterbreite und Gesamtlänge der Leiterzüge



Zusammenfassung

Die steigenden Anforderungen von neuen, hochpoligen Bauelementen (z.B. CCGA1247) an die Leiterplatte erfordern die Herstellung von Mehrfach-Microviaslagen mit glasverstärkten Materialien, feineren Strukturen und höheren Registriergenauigkeiten. Wichtige Komponenten für die erfolgreiche Produktion dieser Leiterplatten sind :

- Semisequentielle Aufbautechnik (SSBU) => weniger Materialstress
- Laserbearbeitung von glasverstärktem Material => zuverlässige Microvias
- Laser Direktbelichtung => bessere Registrierung, höhere Ausbeuten
- Enge Zusammenarbeit von Designern und Leiterplattenhersteller
- Abstimmung von Prozessfähigkeit und Designkomplexität
- Optimales "Design for Manufacturing"