

# Technische Lieferbedingungen (TLB), Empfehlungen und Design Rules für Leiterplatten

V0224 (05.02.2024)

## Precoplat GmbH

Precoplat Präzisions-Leiterplatten-Technik GmbH zählt zu den führenden Leiterplattenherstellern in Deutschland. Als mittelständisches Familienunternehmen fertigen wir gemeinsam mit unserem Schwesterunternehmen MicroCirtec Micro Circuit Technology GmbH bereits seit den 70er Jahren unbestückte Leiterplatten am Produktionsstandort Krefeld, Nordrhein-Westfalen. 100 % Made in Germany.

Auf unserem rund 25.000 m<sup>2</sup> großen Betriebsgelände produzieren täglich über 70 Mitarbeiter hoch technisiert und automatisiert mehr als 100.000 m<sup>2</sup> Leiterplatten pro Jahr. Wir beliefern international verschiedenste Branchen und können schnell und flexibel auf Kundenwünsche reagieren.

## Inhaltsverzeichnis

Precoplat GmbH.....	1
1. Produkte .....	3
2. Daten .....	3
3. Design Rule Check .....	3
4. Qualität .....	4
4.1. Qualitätsstandards.....	4
4.2. Qualitätssicherung .....	4
5. Elektrische Prüfung.....	5
6. Material .....	6
6.1. Lamine (Basismaterial) .....	6
6.2. Kupferfoliendicke Standard (vor der galvanischen Aufkupferung).....	6
6.3. Kupferkaschierte Lamine.....	6
7. Toleranzen für Verwindung und Verwölbung.....	7
8. Verfügbare Fertigungsnutzen.....	7
9. Leiterplattendicke .....	7
10. Multilayer Lagen und Aufbauten .....	7
11. Leiterbilderstellung .....	8
12. Lötstopmmaske.....	9
12.1. Parameter Lötstopplacke.....	9
13. Galvanisches Kupferabscheidungsverfahren .....	10
13.1. Aspect Ratio.....	10
13.2. Microfilling (Via-in-Pad) .....	11
13.3. Via plugging per Harzverfüllung (auch für Via-in-Pad-Technologie geeignet) .....	11
14. Oberflächenveredelung.....	11
15. Drucktechniken .....	12
15.1. Serialisierung .....	12
15.2. Kennzeichnungsdruck / Bestückungsdruck .....	12
15.3. Carbondruck .....	13
15.4. Abziehlack .....	13
16. Konturbearbeitung .....	13
17. Bohr- und Frästoleranzen .....	15
18. Lagerung.....	16
18.1. Luftfeuchtigkeit.....	16
18.2. Löttest.....	17
18.3. Vorkonditionierung/Trocknen .....	18
18.4. Produktspezifische Anforderungen .....	18

## 1. Produkte

Unsere Produktpalette umfasst ein-, doppelseitige und durchkontaktierte Leiterplatten, Multilayer mit bis zu 24 Lagen sowie semi-flexible Leiterplatten vom Prototyp bis zur (Groß-)Serie.

Für mittelgroße und große Serien von bis zu 25 m<sup>2</sup> pro Auftrag bieten wir einen Eildienst an, der wie folgt, realisiert werden kann:

Typ	Eil	Ø Bearbeitungszeit
<b>Standard* ein- und doppelseitige LP</b>	3 Tage	~ 12 Tage
<b>Standard* Multilayer</b>	4 Tage	~ 15 Tage

\*Standard: 1–4-lagige Leiterplatte in Hot Air Leveling Technologie, Lötstopmmaske, Material FR4, konventionelle Bohrtechniken

Unser Service beginnt mit dem technischen Support und führt bis zur Integration in das Supply Chain Management unserer Kunden. Dabei berücksichtigen wir jede einzigartige Spezifikation und individuelle Anforderung.

Wir unterscheiden im Folgenden stets in drei Leistungskategorien: Standard-, Spezial- und technisches Limit.

## 2. Daten

Unsere CAM-Mitarbeiter sorgen für die Umsetzung Ihrer Layouts bis zur fertigen Leiterplatte.

In folgenden Formaten können Sie uns Ihre Fertigungsdaten übermitteln:

### Layoutdaten

- Extended Gerber 274x (Standard)
- Eagle (Standard)
- Gerber 274
- ODB++

### Bohr- und Fräsdaten

- Excellon (Standard)
- Drillfile in Sieb & Meyer Format 3000

Mechanische Zeichnungen können auch in HPGL- oder DXF-Format übermittelt werden.

Falls Sie die Dateien in den beschriebenen Formaten nicht erzeugen können, wenden Sie sich bitte an unser Vertriebsteam.

## 3. Design Rule Check

Alle an uns gelieferten Daten werden durch einen Standard Design Rule Check sowie kundenspezifische DFM-Funktionen auf ihre Herstellbarkeit geprüft. Sollte diese nicht gegeben sein, setzen wir uns umgehend mit Ihnen in Verbindung.

## 4. Qualität

### 4.1. Qualitätsstandards

Wir stellen Leiterplatten gemäß der Norm IPC-A-600 Klasse 2 oder Klasse 3 her. Darüber hinaus können wir auch nach den folgenden Standards produzieren:

- PERFAG 1
- PERFAG 2
- PERFAG 3
- IPC-SM-840
- IPC-R-700
- IPC-A-600
- IPC-6012
- IPC-2221

### 4.2. Qualitätssicherung

Wir erfüllen die UL®-Standards sowie die RoHS-Richtlinien und sind nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert. Produktionsparameter, Produktionsbedingungen und Rohstoffe werden mit kalibrierten Messgeräten bewertet und registriert.

Die Leiterplatten werden während des Produktionsverfahrens folgenden Tests unterzogen, um eine einwandfreie Qualität sicherzustellen:

- **zerstörungsfreie Prüfung**  
Bei automatischen und optischen Prüfungen halten wir uns an die Richtlinie IPC-A 600, Klasse 2. Spezifische Prüfverfahren können bei Bedarf jederzeit auch an andere Spezifikationen angepasst werden.
- **destruktives Testen**
  - Schliffbilderstellung,
  - Adhäsionstest,
  - Delaminationstest (Multilayer werden regelmäßig thermischen Schocktests unterzogen).
- **Dokumentation der Parameter**  
Automatische Erfassung und Speicherung folgender Parameter über mindestens 10 Jahre:
  - Produktionsparameter,
  - qualitätsgebundene Ergebnisse,
  - Zeiterfassung, einschließlich der jeweiligen Mitarbeiter.
- **X-Ray**  
Röntgenfluoreszenzspektrometrie zur Lagenregistrierung und Schichtdickenmessung.

## 5. Elektrische Prüfung

Bei der elektrischen Endprüfung werden Leiterplatten auf Unterbrechungen und Kurzschlüsse geprüft.

Die Gerberdaten des Auftraggebers werden in unser Prüfsystem geladen, woraus eine Netzliste generiert wird, die alle festgestellten Prüfpunkte enthält. Diese Testsysteme testen standardmäßig nach den folgenden Kriterien:

- auf Unterbrechung, falls  $> 10 \text{ Ohm}$  Netzwerkwidestand ermittelt werden
- auf Schluss, falls Widerstände  $< 10 \text{ MegOhm}$  zwischen unabhängigen Nebenschlüssen erkannt werden

Folgende Testsysteme setzen wir ein:

- **Prüfadapter/Paralleltester**

Anhand des Prüfprogramms werden Adapterplatten gebohrt und mit Prüfnadeln bestückt, welche auf die betreffenden Kontaktstellen ausgelenkt werden, um alle Endpunkte des elektronischen Netzes für den Prüfvorgang auf Schluss und Unterbrechung gleichzeitig zu erfassen. Parallel dazu werden alle Netze gegeneinander geprüft. Das Testergebnis wird anschließend mit der elektrischen Netzliste verglichen.

- **Fingertester (Flying Probe)**

Alternativ kann der elektrische Test mit Hilfe eines Fingertesters durchgeführt werden. Die Kontaktpunkte der Leiterplatte werden mit Kontaktnadeln sequentiell anhand der zugrunde liegenden Netzliste kontaktiert und auf Schluss und Unterbrechung getestet. Dabei hängen Messnadeln an mechanisch beweglichen „Fingern“, welche die zuvor programmierten Testpositionen anfahren.

Bei allen Testverfahren werden die Leiterplatten, auf denen ein Kurzschluss oder eine Unterbrechung festgestellt wurde, automatisch von den eindeutig fehlerfrei geprüften Leiterplatten getrennt. Für fehlerhafte bzw. nicht eindeutig geprüfte Leiterplatten wird ein Fehlerprotokoll mit genauer Fehlerposition erstellt. Nach erfolgreicher Fehlerbehebung wird die Leiterplatte erneut einem vollständigen Prüfdurchlauf unterzogen.

## 6. Material

### 6.1. Laminate (Basismaterial)

Wir verarbeiten Basismaterialien in Stärken von 0,5 mm bis 3,2 mm.

Weitere Qualitäten sind auf Anfrage erhältlich, beispielsweise Materialien mit Kriechstromfestigkeitswerten (CTI) bis 600 Volt.

Die folgenden Werte gelten für eine Materialstärke ab 0,5 mm:

Laminat	NEMA	IPC-4101	Tg C°	CTE < Tg ppm/K	CTE > Tg ppm/K	Zersetzungstemperatur C°	T260 min	T288 min	
epoxy-paper-glass	CEM1	10	100	-	-	-	-	-	
epoxy-glass	FR4.0	21	135	70	280	310	20	2	Standard
epoxy-glass	FR4.0	99	150	60	250	350	60	20	hoher Tg anorganische Füllstoffe
epoxy-glass	FR4.0	101	170	60	230	350	60	20	höherer Tg anorganische Füllstoffe
epoxy-glass	FR4.1	128	150	50	230	340	60	20	halogenfrei anorganische Füllstoffe
epoxy-glass	FR4.1	130	170	50	230	350	60	20	höherer Tg halogenfrei anorganische Füllstoffe

### 6.2. Kupferfoliendicke Standard (vor der galvanischen Aufkupferung)

18 µ	35 µ	50 µ	70 µ	85 µ	105 µ
------	------	------	------	------	-------

### 6.3. Kupferkaschierte Laminate

FR4 in mm	FR4 CTI > 400	CEM 1 (auf Anfrage)	CEM 3 (auf Anfrage)
0,10 zzgl. Cu	1,00	1,00	1,55
0,20 zzgl. Cu	1,55	1,55	
0,25 zzgl. Cu			
0,36 zzgl. Cu			
0,41 zzgl. Cu			
0,50 zzgl. Cu			
0,71 zzgl. Cu			
1,00 inkl. Cu			
1,08 zzgl. Cu			
1,55 inkl. Cu			
2,00 inkl. Cu			
2,40 inkl. Cu			
3,00 inkl. Cu			

Falls Sie andere Materialien wünschen, setzen Sie sich bitte mit unserem Vertriebsteam in Verbindung.

## 7. Toleranzen für Verwindung und Verwölbung

Einseitig	Doppelseitig	Multilayer
1,5 %	1 %	1 %

Bitte beachten Sie, dass sich der Verwölbungswert überdurchschnittlich erhöht, wenn die Kupferverteilung auf der Leiterplatte lokal sehr unterschiedlich ist. Speziell bei Multilayern sollte direkt zu Beginn der Layout-Entwicklung ein symmetrischer Lagenaufbau geplant werden. Bei asymmetrischen Materialaufbauten können durch die unterschiedlichen Spannungen der Glasgewebequalitäten höhere Verwindungs- und Verwölbungswerte entstehen.

## 8. Verfügbare Fertigungsnutzen

Um wirtschaftlich und nachhaltig herzustellen, prüfen wir die bestmögliche Auslastung unserer Fertigungsnutzen und gleichen diese mit den am häufigsten verwendeten Leiterplattengrößen ab, um unnötigen Verschnitt zu vermeiden.

	Einseitige Leiterplatten mm		Doppelseitige Leiterplatten mm		4-lagige LP Standard Aufbau MassLam mm		4-lagige LP mit über 6 Prepregs und 6-24 Lagen LP PinLam mm	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
<b>Panelgröße 1</b>	618	512	614	512	614	512	600	499
<b>Panelgröße 2</b>	Nicht verfügbar		584	512	584	512	Nicht verfügbar	
<b>Panelgröße 3</b>	584	436	Nicht verfügbar		Nicht verfügbar		Nicht verfügbar	

## 9. Leiterplattendicke

Wir können unterschiedliche Leiterplattendicken unabhängig von der Anzahl der Lagen verarbeiten. Die Vorlaufzeiten für spezielle Materialdicken können dabei allerdings variieren, falls das gewünschte Material nicht vorrätig sein sollte.

Dicke	Standard mm	Spezial mm	Technisches Limit Ein- und Doppelseitige Leiterplatten mm	Technisches Limit Multilayer mm
<b>Min. Paneldicke</b>	1,55	0,8	0,4	0,4
<b>Max. Paneldicke</b>	1,55	2,4	3,2	3,2

## 10. Multilayer Lagen und Aufbauten

Wir fertigen Multilayer mit bis zu 24 Lagen. Die Lagen können anschließend über Durchkontaktierungen zwischen den Außenlagen (Vias), von einer Außenlage zu einer Innenlage (Blind Vias bzw. Sacklochbohrungen) oder zwischen den Innenlagen (Buried Vias) miteinander verbunden.

Die am häufigsten verwendeten Lagenaufbauten finden Sie auf unserer Website im Download Center. Natürlich können Sie sich bei Fragen auch gerne direkt an unser Vertriebsteam wenden. Spezielle Lagenaufbauten senden wir Ihnen gerne auf Anfrage zu.

## 11. Leiterbilderstellung

Das technische Limit bei der lithografischen Auflösung unserer Belichtungssysteme bei der Leiterbilderstellung beträgt 50 µ Leiterbahnbreite (track) und -abstand (gap). Je höher die Kupferendstärke, desto höher ist demzufolge der Unterätzungsgrad an den Flanken, der in den Belichtungsparametern kompensiert werden muss.

Gerne beraten wir Sie hinsichtlich der Reproduzierbarkeit Ihres Layouts persönlich, da die Stärke des Kupferaufbaus durch die Layoutgestaltung sowie der Prozesstechnik des Lötstopplackdruckes eingeschränkt sein kann. Insbesondere achten wir bei der Lötstopplackbeschichtung auf Überdeckung, Unterdeckung oder gar Freistellung der Leiterflanken und Isolationsflächen.

Endkupferstärke 35 µ	Standard µ		Spezial µ		Technisches Limit µ	
	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen
<b>Leiterbahnbreite</b>	120	120	100	100	60	60
<b>Leiterbahnabstand</b>	120	120	100	100	70	70
<b>Restring</b>	125	150	100	120	70	80
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 50 µ		+/- 40 µ		+/- 30 µ	

Endkupferstärke 70 µ	Standard µ		Spezial µ		Technisches Limit µ	
	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen
<b>Leiterbahnbreite</b>	150	150	125	125	100	100
<b>Leiterbahnabstand</b>	170	170	140	140	120	120
<b>Restring</b>	180	200	150	170	120	120
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 50 µ		+/- 40 µ		+/- 30 µ	

Endkupferstärke 105 µ	Standard µ		Spezial µ		Technisches Limit µ	
	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen
<b>Leiterbahnbreite</b>	200	200	170	170	130	130
<b>Leiterbahnabstand</b>	250	250	225	225	200	200
<b>Restring</b>	250	275	200	225	150	175
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 50 µ		+/- 40 µ		+/- 30 µ	

Endkupferstärke 140 µ	Standard µ		Spezial µ		Technisches Limit µ	
	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen	Außenlagen	Innenlagen
<b>Leiterbahnbreite</b>	300	300	250	250	230	230
<b>Leiterbahnabstand</b>	400	400	360	360	320	320
<b>Restring</b>	300	300	270	270	250	250
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 50 µ		+/- 40 µ		+/- 30 µ	



## 12. Lötstopmmaske

Beim fototechnischen Lötstopplackverfahren wird die Oberfläche in ein fotosensitives Polymer eingebettet. Die chemische Vernetzung der Polymere wird durch die definierte Belichtung erreicht; alle nicht belichteten Zonen werden selbst im Micrometerbereich konturenscharf herausentwickelt. Um die geforderten elektro-physikalischen Eigenschaften des Lackes zu erreichen, erfolgt anschließend ein UV-Bump, quasi eine „Verglasung“ der Lackoberfläche zwecks Reduzierung der ionischen Kontamination, und die thermische Endaushärtung.

Bei der Lötstopplackbeschichtung können auf Wunsch die Lötaugen der Viabohrungen zugeedrückt werden. Das Verschließen der Viabohrungen (Via-Plugging) kann hiermit allerdings nicht garantiert werden (ungeeignet für Vakuumtester).

Ist ein Verschließen der Viabohrung jedoch unbedingt erforderlich, so erfolgt dieser Prozess in einem gesonderten Verfahren, bei dem speziell die betreffenden Bohrungen mit Lack beschichtet und verschlossen werden.

Bis zu einem Lochdurchmesser von 0,45 mm ist das Verschließen mit Standardlacken möglich. Bei größeren Lochdurchmessern ist ein spezieller Lack oder eine Harzverfüllung erforderlich.

### 12.1. Parameter Lötstopplacke

Wir verwenden ausschließlich Lötstopplacke auf Epoxydharzbasis, da diese zusätzlich die Kriechstromfestigkeit auf der Oberfläche der Leiterplatten verbessern.

Werte gelten für grünen Lötstopplack	Standard $\mu$	Spezial $\mu$	Technisches Limit $\mu$
<b>umfld. Aufweitung der Lötstopmmaske</b>	70	50	30
<b>Minimale Stegbreite</b>	80	60	50
<b>Min. Abstand SMD zu SMD*</b>	200	170	150
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 40 $\mu$	+/- 35 $\mu$	+/- 30 $\mu$

\*Minimaler Abstand zwischen lötstopplack-freien Flächen, um einen Lötstopplacksteg reproduzieren zu können

Bei der Erstellung von Lötstoppmasken sind Lötstopp-Freistellungen im Verhältnis 1:1 zu den Pads, also ohne Aufweitung (Oversizing) zu berücksichtigen. Die für die Fertigung erforderliche Aufweitung berechnen wir selbst.

Folgende Lötstopplackfarben sind möglich:

- grün (Standard)
- blau
- schwarz
- rot
- weiß

TOP/BOTTOM können unterschiedlich lackiert werden.

## 13. Galvanisches Kupferabscheidungsverfahren

Die Dicke der Aufkupferung ist abhängig von der Expositionszeit und der Stromstärke im Galvanikbad. Grundsätzlich wird während des Prozesses eine Abscheidung von 20 µ bis 25 µ Kupfer auf der Oberfläche und in den durchzukontaktierenden Bohrungen aufgebracht. Dickere Kupferschichten sind durch Anpassung der Prozessparameter oder zusätzlicher galvanischer Prozesse möglich.

Um eine gleichmäßige Kupferabscheidung erzielen zu können, sollte beim Entwurf des Layouts berücksichtigt werden, dass Leiterbahnstrukturen entweder möglichst gar nicht in Masse oder vollständig in Masse eingebettet sind. Die Leiterbahnführungen bzw. Pad-Positionierungen sollten mittig innerhalb einer Masse-Einbettung und in gleichen Abständen zueinander erfolgen. Sind Kupferstrukturen im Layout ungleichmäßig verteilt, so kommt es in den „masearmen“ Regionen zu einer tendenziellen Überabscheidung. Diese führt zu einer Verminderung der Leiterbahnabstände bis zum elektrischen Ausfall durch Kurzschluss, da die Leiterbahnen regelrecht zusammenwachsen.

Kupferfolie µ	Elektrolytische Kupferabscheidung	Endkupferdicke
18 µ	ca. 20 µ	ca. 35 µ
35 µ		ca. 55 µ
50 µ		ca. 70 µ
70 µ		ca. 90 µ
85 µ		ca. 105 µ
105 µ		ca. 125 µ

### 13.1. Aspect Ratio

Mit dem „Aspect Ratio“ wird das Verhältnis „Materialstärke zu Lochdurchmesser“ definiert.

Es wird wie folgt ermittelt: Materialstärke dividiert durch den kleinsten Lochdurchmesser.

Beispiel: 1,6 mm Material-stärke dividiert durch 0,2 mm Lochdurchmesser = 8

Die Leistungsfähigkeit der elektrolytischen Kupferabscheidung wird im Aspect Ratio, dem Verhältnis vom Durchmesser einer Bohrung zur kontaktierbaren Tiefe dieser Bohrung, ausgedrückt.

Standard	Spezial	Technisches Limit
6	8	10

Dieser Wert ist für die Herstellbarkeit der Leiterplatte sehr entscheidend, denn je größer das Aspect Ratio, desto aufwändiger ist es eine Metallisierung in den Löchern herzustellen.

### 13.2. Microfilling (Via-in-Pad)

Mit dieser Technologie wird das gleichzeitige Füllen von blind vias sowie das Verstärken der Durchgangsbohrungen ermöglicht.

Bei HDI-Schaltungen verbleibt meist nicht ausreichend Raum, um die Signale per durchgehenden Bohrungen auf verschiedene Lagen zu führen. Eine platzsparende Lösung liegt darin, blind vias in SMD-Pads zu positionieren, die nach dem Bohren mit Kupfer verfüllt werden. Aufgrund dieser Verfüllung fließt eine nur sehr geringe Lotmenge in die verbleibende „Oberflächendelle“ (dimple) und ermöglicht eine bestimmungsgemäße Lötstelle. Der maximale Bohrdurchmesser und die maximale Bohrtiefe beträgt 0,15 mm.

### 13.3. Via plugging per Harzverfüllung (auch für Via-in-Pad-Technologie geeignet)

Das Verschließen sowohl von durchgehenden als auch von blind vias mit Harz verbunden mit der anschließenden Übermetallisierung ist eine Alternative zum Microfilling, jedoch ist dieses Verfahren prozesstechnisch aufwändiger.

Die Vorteile gegenüber dem Microfilling sind, dass

- auch durchgehende Bohrungen von 0,1 mm bis zu 2 mm verschlossen werden können; die Materialstärke darf aber nicht kleiner als der Bohrdurchmesser sein.
- ein planares Verschließen der Bohrungen möglich ist; es verbleibt keine Delle (dimple) im Pad.

## 14. Oberflächenveredelung

Derzeitig können wir für Sie die folgenden Endoberflächen realisieren:

- Heißluftverzinnung bleifrei (HAL) – Sn / 0,3 Ag / 0,7 Cu / 0,02 Ni
- Chemisch Nickel-Gold (ENIG) – 99,9 Au
- Chemisch Nickel-Palladium-Gold (ENEPIG)
- Chemisch Zinn (chem. Sn)
- Chemisch Silber (chem. Ag)
- Organischer Anlaufschutz (OSP)
- Galvanisch Nickel-Gold (Hart- und Bondgold) – hart 99,8 Au / soft 99,99 Au

Eigenschaften der verschiedenen Endoberflächen:

	HAL	ENIG	ENEPIG	chem. Sn	chem. Ag	OSP	galv. Au
<b>Schichtstärke <math>\mu</math></b>	< 10	0,05-0,12 Au 4-8 Ni	0,03-0,10 Au 3-7 Ni 0,08-0,30 Pd	0,8 -1,2	0,15-0,45	0,02-0,06	0,8-5 Au
<b>Planarität</b>	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<b>Lagerfähigkeit bei stabilen Konditionen</b>	< 12 Monate	< 12 Monate	< 12 Monate	< 6 Monate	< 6 Monate	< 6 Monate	< 12 Monate
<b>Mehrfachlötbarkeit</b>	+++	+++	+++	+	++	o	ja (soft)
<b>Reaktivierbar</b>	ja	bedingt	bedingt	ja	ja	ja	nein
<b>Al-Draht-Bonden</b>	nein	ja	ja	nein	bedingt	nein	ja (soft)
<b>Au-Draht-Bonden</b>	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja (soft)
<b>Druckstastkontakt</b>	nein	ja	ja	nein	nein	nein	ja
<b>Einpresstechnik</b>	ja	nein	nein	ja	ja	nein	nein

## 15. Drucktechniken

### 15.1. Serialisierung

Um eine eindeutige Identifizierbarkeit von Leiterplatten zu gewährleisten, ist innerhalb einer Serie auch eine individualisierte Kennzeichnung der einzelnen Leiterplatten wählbar. Diese Kennzeichnung wird automatisiert (Direktbelichtung der Strukturen oder Bestückungsdruck) in weißer Farbe aufgebracht und kann sich aus statischen Informationen (bspw. Produktionsdatierung, Datecode, etc.) und fortlaufenden Nummerierungen in chronologischer Abfolge zusammensetzen und sich in folgenden Formaten maschinenlesbar darstellen lassen:

- 1D & 2D Barcodes, Data Matrix, QR-Codes.

### 15.2. Kennzeichnungsdruck / Bestückungsdruck

Um Unterbrechungen oder Verschleierungen innerhalb des Schriftbildes zu vermeiden, sollte die Strichstärke des Kennzeichnungsdrucks nicht unter 130  $\mu$  und die Schrifthöhe nicht kleiner als 1000  $\mu$  gewählt werden. Die Lötflächen sollten mindestens 250  $\mu$  umlaufend vom Kennzeichnungsdruck freigestellt werden, da anderenfalls ein unsauberes Druckbild und ein Andruck der Lötflächen möglich ist.

	Standard $\mu$	Spezial $\mu$	Technisches Limit $\mu$
<b>Abstand Druckbild zu Pad</b>	200	150	100
<b>Abstand Druckbild zu Löchern</b>	200	150	100
<b>Strichstärke</b>	130	100	75
<b>Schriftgröße</b>	1000	750	500
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 200 $\mu$	+/- 150 $\mu$	+/- 70 $\mu$

### 15.3. Carbondruck

	Standard $\mu$	Spezial $\mu$	Technisches Limit $\mu$
<b>Abstand der Carbonflächen zueinander</b>	500	400	300
<b>Mindestbreite der Carbonfläche</b>	700	600	500
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 250 $\mu$	+/- 200 $\mu$	+/- 150 $\mu$

### 15.4. Abziehlack

Die Schichtstärke des Abziehlacks beträgt ca. 500  $\mu$ .

Löcher, die mit Abziehlack überspannt werden, sollten eine Größe von 1,8 mm nicht überschreiten.

	Standard	Spezial	Technisches Limit
<b>Maximal überspannbarer Durchmesser</b>	1,8 mm	2,0 mm	2,6 mm*
<b>Minimale Breite</b>	6 mm	5 mm	4 mm
<b>Registrationsgenauigkeit</b>	+/- 300 $\mu$	+/- 250 $\mu$	+/- 200 $\mu$

\*das vollständige Überspannen des Loches kann nicht garantiert werden

## 16. Konturbearbeitung

Wir bohren, fräsen und ritzen Ihre Leiterplatten nach Ihren Angaben und Wünschen. Die Art der mechanischen Bearbeitung ist abhängig von Ihren individuellen Spezifikationen. In unserem Bohr- und Fräszentrum arbeiten wir mit modernen vollautomatischen CNC-Bohr- und Fräsmaschinen. Diese Techniken ermöglichen eine Bearbeitung innerhalb der Norm DIN 7168 „mittel“ (mittlere Genauigkeit) und „fein“ (präzise Genauigkeit).

Sind nicht-durchkontaktierte Bohrungen in einem Lötauge positioniert, muss dieses mindestens 500  $\mu$  umlaufend größer sein, als die Bohrung. Anderenfalls können Lötäugen entfernt sein.

Ist bei durchkontaktierten Leiterplatten keine Angaben über die Art der Bohrungen vorhanden, legen wir nach bestem Wissen selbständig fest, welche Bohrungen durchkontaktiert und welche nicht durchkontaktiert werden.

Wenn Bohr- oder Maßpläne beigelegt werden, die nicht mit den Bohrprogrammen oder der Kontur gemäß der Layoutdaten übereinstimmen, sind für die Fertigung in jedem Falle die Bohrprogramme und die Kontur gemäß der Layoutdaten verbindlich.

Sofern nicht anders angegeben, ist für die Kontur der Leiterplatte der Mittelpunkt (= Mitte Vektor) der Konturlinien in den Layoutdaten maßgeblich. Werden Schlitz Fräsungen (Slots) durch rechteckige Konturen dargestellt, gehen wir davon aus, dass der Eckradius enthalten ist.

Abhängig von der Größe der Leiterplatten werden folgende Toleranzen angegeben (andere Toleranzwerte sind nach Vereinbarung möglich):

Format mm	Standard mm	Fein mm
0,5-6	+/- 0,10	+/- 0,05
6-30	+/- 0,20	+/- 0,10
30-120	+/- 0,30	+/- 0,15
120-400	+/- 0,50	+/- 0,20
400-1000	+/- 0,80	+/- 0,30

#### • Ritzen (Kerbfräsen)

Der Winkel der Ritzmesser beträgt 15°. Daher ist entlang der Konturen, die geritzt werden, ein Abstand der Leiterbahnen zur Kontur gemäß der folgenden Tabelle zu berücksichtigen:

Materialstärke mm	Abstand Leiterbahnen zur Kontur mm
bis 1,00	0,45
1,10 - 1,60	0,50
1,70 - 2,00	0,70
2,10 - 2,50	0,80
2,60 - 3,20	1,00

Falls für die Kontur keine Plus toleranz zulässig ist, muss die gewünschte Minustoleranz zu den oben genannten Werten „Abstand Leiterbahnen zur Kontur“ hinzuaddiert werden.

Beispiel: Leiterplattenformat 100 mm x 100 mm +0,0/-0,30 mm

Abstand Leiterbahnen zur Kontur bei 1,6 mm Materialstärke: 0,5 mm + 0,15 mm = 0,65 mm

#### • Fräsen

Alternativ zum Ritzen bieten wir Konturfräsungen an. Vorteil gegenüber dem Ritzen ist, dass die Außenkonturen dabei in den speziellsten Formen und Ausbrüchen wie beispielsweise rund, oval, Wellenform, zickzack etc. bearbeitet werden.

Beim Fräsen ist zu beachten:

- Soll die Lieferung im Fräsnutzen erfolgen, ist im Standard ein Abstand der Leiterplatten zueinander von 2,0 mm ausreichend, um Frässtege zwischen den Einzelplatinen platzieren zu können.
- Soll die Lieferung nicht im Nutzen erfolgen, muss ein Abstand von mindestens 8,0 mm von Platine zu Platine berücksichtigt werden, um die Leiterplatten letztlich vereinzeln zu können.

#### • Tiefenfräsen- und bohren / Senkbohrungen

Das Fräsen und Bohren mit definierter Z-Achse wird gemäß Ihren Zeichnungsvorgaben ausgeführt. Senkungen werden im Standard mit 45° oder 30 ° hergestellt. Die Spezifikationen hierfür können individuell festgelegt werden.

- **Fräsen und Ritzen Kombination**

In einigen Fällen ist es sinnvoll, sowohl das Fräsen als auch das Ritzen zu kombinieren, um den besten Kompromiss zwischen Kosten und Materialverlust zu erreichen. Unsere CNC-Maschinen sind in der Lage, diese Kombinationen präzise umzusetzen.

- **Fasen**

Für die einfachere Montage von Steckkontakten (z.B. PCI-Stecker) ist das Kantenfasen mit 45° oder 30° in unterschiedlicher Tiefe möglich.

- **Kantenmetallisierung**

Um Flankenkontakte zu realisieren, können wir spezielle Kantenmetallisierungen (z.B. side plating oder castellated holes) herstellen. Dies ist besonders nützlich, wenn eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit oder Schirmung erforderlich ist.

- **Semiflex**

Bei der Semiflextechnik wird bei starren Leiterplatten ein definierter Bereich auf eine Restmaterialstärke heruntergefräst, um dort das Material biegen zu können. Es sind zwar im Vergleich zu Rigid-Flex-Schaltungen / Starrflex nicht die gleichen Biegewinkel und -radien realisierbar, aber oftmals sind sie für die Anwendungen ausreichend. Die Semiflextechnik erlaubt abhängig von der Konstruktion drei- bis fünfmalige Biegen; die Leiterplatte muss somit statisch montiert werden. Die wesentlichen Vorteile liegen in der günstigeren Herstellung und dem Verzicht auf die sonst notwendige Polyimidfolie, die wiederum aufgrund der hohen Feuchtigkeitsaufnahme eine thermische Vorbehandlung erfordern würde.

## 17. Bohr- und Frästoleranzen

Durchkontaktierte Bohrungen (PTH)		Standard mm	Spezial mm	Technisches Limit mm
<b>kleinster Bohrdurchmesser</b>		0,35	0,15	0,10
<b>größter Bohrdurchmesser</b>		6,0	6,0	6,0
<b>kleinster Abstand Bohrungstangenten zueinander*</b>		0,20	0,15	0,075
<b>kleinster Abstand Bohrungstangente zur Leiterbahn*</b>				
- Außenlagen		0,20	0,15	0,075
- Innenlagen		0,25	0,20	0,10
<b>Oberfläche Hot Air Leveling Verzinnung</b>				
- Enddurchmesser ≤ 6 mm	<b>Toleranz</b>	+0,10/-0,05	+0,09/-0,06	+0,08/-0,05
- End-Durchmesser > 6 mm gefräst	<b>Toleranz</b>	+0,14/-0,05	+0,10/-0,05	+0,08/-0,05
<b>Oberfläche OSP/ENIG/chemisch Zinn/Silber</b>				
- Enddurchmesser ≤ 6 mm	<b>Toleranz</b>	+0,10	+0,05/-0,05	+0,10
- Enddurchmesser > 6 mm gefräst	<b>Toleranz</b>	+0,12/-0,02	+0,06/-0,06	+0,10

Nicht durchkontaktierte Bohrungen (NPTH)		Standard mm	Spezial mm	Technisches Limit mm
<b>kleinster Bohrdurchmesser</b>		0,40	0,20	0,15
<b>größter Bohrdurchmesser</b>		6,40	6,40	6,40
<b>kleinster Abstand Bohrungstangenten zueinander*</b>		0,20	0,15	0,10
<b>kleinster Abstand Bohrungstangente zur Leiterbahn*</b>				
- Außenlagen		0,20	0,15	0,05
- Innenlagen		0,25	0,20	0,10
<b>Enddurchmesser &lt;= 2,0 mm</b>	<b>Toleranz</b>	+/- 0,05	+/- 0,03	+/- 0,03
<b>Enddurchmesser &lt;= 6 mm</b>	<b>Toleranz</b>	+ 0,1/-0,05	+/- 0,05	+/- 0,03
<b>Enddurchmesser &gt; 6 mm gefräst</b>	<b>Toleranz</b>	+ 0,1/-0,05	+/- 0,06	+/- 0,04
<b>Lochlagetoleranz durchkontaktierter Löcher zu nicht durchkontaktierten Löchern und zur Kontur</b>		+/- 0,20	+/-0,07 **	0,05 ***

\*Bitte beachten Sie, dass durchkontaktierte Löcher in der Regel um 150 µ größer als der gewünschte Enddurchmesser gebohrt oder gefräst werden müssen, um die Metallisierung in der Bohrung zu kompensieren. Wenn Sie beispielsweise einen Enddurchmesser von 0,6 mm wünschen, beträgt der Durchmesser des eingesetzten Bohrers 0,75 mm, sofern keine abweichenden Toleranzen angegeben sind.

\*\*abhängig von dem Lochdurchmesser

\*\*\*vorausgesetzt, der Bohrvorgang wird in einer Maschinenaufspannung durchgeführt (tenting)

## 18. Lagerung

### 18.1. Luftfeuchtigkeit

Aufgrund des Epoxidharzes im Basismaterial der Leiterplatten, sind diese (insbesondere Multilayer) extrem hydrophil.; das in der Luft gelöste Wassermolekül wird vom Material aufgenommen. Abhängig von den Umgebungskonditionen stellen sich in Materialien Feuchtigkeits-Gleichgewichte ein. Bei Lagerbedingungen von beispielsweise 20 Grad Celsius und 35 Prozent Luftfeuchtigkeit ist bereits nach 12 Tagen eine Feuchtigkeitsaufnahme von 0,12 Prozent (in Gewichtsprozent des Epoxidharzes) zu verzeichnen. Entscheidend hierbei ist, dass mit zunehmender Feuchtigkeitsaufnahme auch der Gasdruck innerhalb der Leiterplatte zunimmt, der durch die hohen Temperaturen im Lötprozess entsteht. Überschreitet die Feuchtigkeitsaufnahme 0,17 Prozent, wird ein kritischer Gasdruck von 8 – 10 bar erreicht, bei dem es zu Delaminationen und Blasenbildung kommen kann. Epoxidharz kann bis zu 0,5 Gew.-% Feuchtigkeit aufnehmen.

Um sicherzustellen, dass der Feuchtigkeitsgehalt und der Haftverbund des Materials einwandfrei sind, führen wir nach Fertigstellung der Leiterplatten einen Delaminationstest anhand eines Prüflings durch.



Zur weiteren Vermeidung bzw. Reduzierung der Feuchtigkeitsaufnahme empfehlen wir mit Nachdruck die folgenden Punkte:

- **Lagerumgebung**

Die Lagerung von Leiterplatten sollte bis kurz vor der Lötung/Verarbeitung in konstant beheizter Umgebung unter kontrollierten Bedingungen erfolgen, vorzugsweise in abgedunkelten Räumen. Durch die klimatischen Veränderungen wird eine kontrollierte Lagerumgebung zunehmend wichtiger, um die Qualität der Leiterplatten zu bewahren. Luftfeuchtigkeit und Temperaturschwankungen sollten minimiert werden und die Verpackung der Leiterplatten vor einer Verarbeitung unbedingt auf Unversehrtheit geprüft werden. Vorzugsweise erfolgt die Lagerung in geschlossenen Gebinden. Wir weisen darauf hin, dass ein sicherer Schutz vor Feuchtigkeit aufgrund der Gasdurchlässigkeit bei Polyethylen-Beuteln nicht besteht. Zur Verbesserung des Schutzes bieten wir daher auch an, die Leiterplatten im DRY-SHIELD-Schutzbeutel mit Indikator und Trockenbeutel zu vakuumieren. Die Schutzfolien/-beutel sollten erst kurz vor der Lötung/Verarbeitung entfernt werden. Wir raten dazu, Restmengen wieder zu vakuumieren, zumindest aber mit Klebeband oder durch Einklemmen der Folie zwischen den Leiterplatten sicher zu verschließen und in Kisten zu lagern, um Luftzug zu vermeiden.

Wir empfehlen Ihnen folgende Bedingungen in der Lagerumgebung dringend einzuhalten, um die Feuchtigkeitsaufnahme zu minimieren:

- Raumtemperatur 18- 20 °C
- relative Luftfeuchtigkeit < 50 %

- **Lagerzeit**

Die Lagerzeit von Leiterplatten sollte so kurz wie möglich sein und der Verbrauch nach der „First-in, First-out“ Regel erfolgen. Bei Lagerzeiten über 3 Monaten (ausgehend vom Zeitraum der Produktion) ist aufgrund unterschiedlichster Einflussparameter wie zum Beispiel Layout, Lagenaufbau etc. schwer vorauszusehen, ab wann die Feuchtigkeitsaufnahme bereits zu Problemen bei der Lötung/Verarbeitung führen kann. Für den sicheren Nachweis der Lagerzeit können wir nach Vereinbarung auf den Leiterplatten eine Produktionsdatierung / Datecode aufbringen. Beachten Sie, dass die Lagerfähigkeit auch von der gewählten Endoberfläche abhängig ist. Orientierungswerte dazu finden Sie in Abschnitt Oberflächenveredelung dieses Dokuments. Bitte verbrauchen Sie geöffnete Pakete stets zuerst.

## 18.2. Löttest

Leiterplatten, die bereits mehrere Monate gelagert wurden und deren Transportumstände unklar sind (Warentransport durch Speditionen bei jedem Wetter und Temperatur), sollten vor einer weiteren Verarbeitung unbedingt einem Löttest unterzogen werden.

### 18.3. Vorkonditionierung/Trocknen

Um die aufgenommene Feuchtigkeit zu reduzieren, empfehlen wir unabhängig vom Ausgang eines Löttests das Trocknen der Ware in einem Ofen, wobei die Leiterplatten vorzugsweise vertikal in einem Rack getrocknet werden sollten.

Grad °C	Zeit der Trocknung
120	4 Stunden
110	6 Stunden
100	8 Stunden

Wenn die Trocknung in einem Vakuumofen bei 50 mbar möglich ist, kann die Temperatur um ca. 20 °C und die Zeit um ca. 30 Minuten reduziert werden. Dieses Verfahren ist bei der empfindlichen Oberfläche „chemisch Zinn“ vorteilhaft. Anschließend sollte anhand einiger Prüflinge festgestellt werden, ob das Lot noch ausreichend benetzt; anderenfalls muss das chemisch Zinn refreshed werden.

Nach der Trocknung sollte die Verarbeitung der Leiterplatten unverzüglich beginnen, da die hydrophilen Eigenschaften der Leiterplatte bestehen bleiben. Die Zeit zwischen den verschiedenen Lötprozessen muss möglichst kurzgehalten werden und sollte 8 Stunden nicht überschreiten. Nur so wird eine zu hohe Feuchtigkeitsaufnahme bei ungeschütztem Material vermieden. Getrocknete und auch getemperte Leiterplatten werden kurzfristig aus der Umgebungsluft eine Sättigung mit Wasser erfahren.

### 18.4. Produktspezifische Anforderungen

Bei den genannten Werten in den vorangehenden Abschnitten handelt es sich um Richtwerte.

Die Werte berücksichtigen nicht abschließend die unterschiedlichen Verarbeitungsparameter und produktspezifischen Eigenschaften der individuellen Leiterplatten und müssen vom jeweiligen Verarbeiter produktspezifisch festgestellt werden:

- die verschiedenen Lötverfahren und -profile verursachen unterschiedliche Belastungen. So ist die thermische Belastung in Konvektionsöfen nicht so hoch wie bei Infrarotöfen oder Dampfphasen.
- wenn die empfohlenen Lagerkonditionen nicht durchgängig eingehalten werden können, wird das Material mehr Wasser aufnehmen als es bei konstanten Konditionen möglich ist. Eine Verpackung in DRY-SHIELD-Schutzbeutel kann hier Abhilfe schaffen.
- wenn das Layout große, geschlossene Kupferflächen enthält, erfordert das Entweichen der Feuchtigkeit eine längere Zeit.