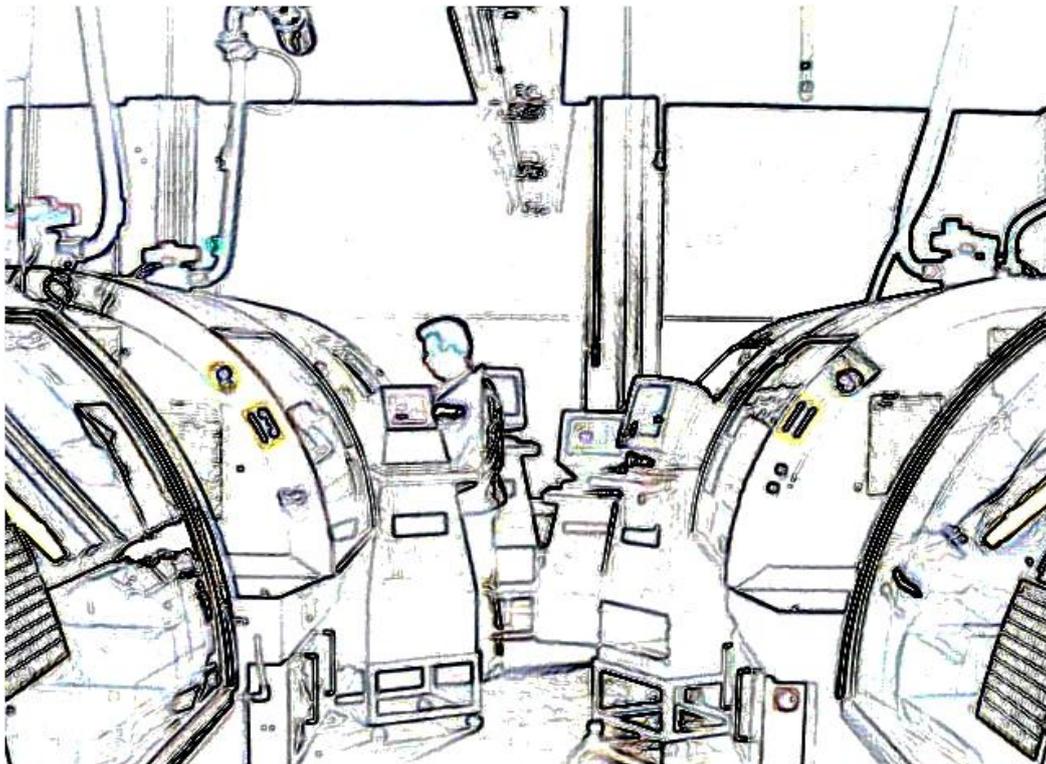


# ***Brevier über Leiterplatten, Gedruckte Schaltungen & Multilayer Fertigungs- Bedingungen und Restriktionen.***



## A BASISMATERIAL

Wir verarbeiten die Basismaterialien gem. nachstehender Tabelle in den Stärken von 0,50 mm bis 3,2 mm; Kupferendstärken bis 135 µ; Kriechstromfestigkeitswert (CTI) bis zu 600.

Die Standard-Qualität bei FR4 entspricht der Norm IPC-4101-21. Weitere Qualitäten, insbesondere bezüglich reduzierter CTE- und Decomposition-Werte, auf Anfrage.

Bezeichnung	NEMA	IPC-4101	Tg C°	CTE bis Tg ppm/K	CTE über Tg ppm/K	Decomposition Temperature	Info
Epoxy-Papier-Glas	CEM1	10	100	-	-	-	
Epoxy-Glas	FR4	21	130	70	270	-	Standard
Epoxy-Glas	FR4	22	135-170	70	270	-	
Epoxy-Glas	FR4	24	150	70	270	-	
Epoxy-Glas	FR4	94	150-170	70	270	-	low halogen
Epoxy-Glas	FR4	99	150	45	240	325	therm. Filler
Epoxy-Glas	FR4	124	150	45	230	325	therm. Filler

Unser Einfluss auf den Verwindungs- und Wölbungswert beschränkt sich auf interprozessuale Temperungen, womit nur geringe Einschränkungen der Werte zu erreichen sind. Vorrangig gelten daher die Angaben der Basismaterialhersteller.

Die Basismaterialhersteller behalten sich eine Toleranz des Wölbungswertes bis zu 1 % bei doppelseitig kaschiertem Material und 1,5 % bei einseitig kaschiertem Material vor.

Zu beachten ist zudem, daß sich der Wölbungswert überdurchschnittlich erhöht, wenn die Kupferbalance auf der Leiterplatte lokal sehr unterschiedlich ist.

Weitere Informationen sind durch Produktbeschreibungen des Basismaterialherstellers auf Anfrage erhältlich.

## B MECHANISCHE WERTE

### B.1

Die Toleranz der mechanischen Abmessung steht in unmittelbarer Abhängigkeit zur Größe der Leiterplatte. Hierbei verweisen wir auf die DIN-7168 fein, die immer dann Anwendung findet, wenn keine anderen Toleranzen angegeben sind.

Nennmaßbereich über		fein	mittel
0,5 mm	bis 6 mm:	+/- 0,05 mm	+/- 0,10 mm
6 mm	bis 30 mm:	+/- 0,10 mm	+/- 0,20 mm
30 mm	bis 120 mm:	+/- 0,15 mm	+/- 0,30 mm
120 mm	bis 400 mm:	+/- 0,20 mm	+/- 0,50 mm
400 mm	bis 1000 mm:	+/- 0,30 mm	+/- 0,80 mm
1000 mm	bis 2000 mm:	+/- 0,50 mm	+/- 1,20 mm

Eingeschränkte Toleranzen sind zwar fertigungstechnisch möglich; sie müssen jedoch auf den zugehörigen Maßzeichnungen ausgewiesen sein, da hierdurch ein Mehraufwand verursacht wird.

## C BOHR- UND FRÄSTOLERANZEN

### C.1 Größentoleranzen für nicht durchmetallisierte Bohrungen und Fräsungen

		Toleranz
bis	1,95 mm gebohrt	+/- 0,05 mm
	ab 2,0 mm bis 5,80 mm gebohrt	+ 0,10 mm
bis	3,0 mm Schlitzfräsungen	+ 0,10 mm
	Ausbruchfräsungen	+ 0,20 mm

### C.2 Größentoleranzen für metallisierte Bohrungen und Fräsungen:

Oberfläche im Hot-Air-Leveling:

bis	5,8 mm gebohrt	+ 0,15 mm
größer	5,8 mm gefräst	+ 0,20 mm
bis	3,0 mm Schlitzfräsungen	+ 0,15 mm
	Ausbruchfräsungen	+ 0,25 mm

Oberfläche in chemisch Zinn oder chemisch Nickel-Gold:

bis	5,8 mm gebohrt	+ 0,10 mm
größer	5,8 mm gefräst	+ 0,15 mm
bis	3,0 mm Schlitzfräsungen	+ 0,10 mm
	Ausbruchfräsungen	+ 0,20 mm

### C.3 Rundheitstoleranzen für Löcher größer 5,80 mm:

CNC-gesteuerten Maschinen ist das "zirkegleiche Rundfräsen" nur unter erheblich längeren Bearbeitungsläufen möglich. Programmtechnisch ist nur ein Befehl vorgesehen, der die Konturen eines Kreises mittels XY-Koordinaten in viele kleine Segmente zerlegt.

Hieraus schließt, daß die Konturen eines gefrästen Kreises beim ersten Bearbeitungsdurchlauf nicht kreisrund sind, sondern sich durch viele kleine Geraden abzeichnen.

Um nun die Konturen möglichst rund zu erhalten, muss der Fräser mehrmals leicht versetzt die Kreisform durchlaufen, bis die Länge der vielfachen Geraden verschwindend gering wird. Hinzu kommt, daß diese Präzision nur bei der Bearbeitung im 1er Paket möglich ist (in der Regel werden diese Konturarbeiten im 3er Paket ausgeführt).

Daher gilt bei der Standardbearbeitung im 3er Paket die Rundheitstoleranz von + 0,15 mm.

Insoweit engere Toleranzen erforderlich sind, müssen diese in den Bearbeitungszeichnungen gesondert ausgewiesen sein. Die hiermit entstehenden Kosten teilen wir im Bedarfsfalle mit.

## D MECHANISCHE VERSATZWERTE

(Lagetoleranzen)

### D.1

Grundsätzlich sei vorweggenommen, daß für die Lochlagetoleranz die Größe des Loches nicht entscheidend ist, sondern mehrere verfahrenstechnische Faktoren hierfür bestimmend sind. Optimale Voraussetzungen seien hier genannt:

- die Löcher müssen in einer Maschinenaufspannung gesetzt werden (d.h. keine zweite Maschinenaufspannung für z.B. nicht metallisierte Löcher);
- die Fertigungsunterlagen müssen digital (Gerberdaten + Drillfile in Sieb & Meyer Format 3000 oder Excellonformat) vorhanden sein;
- die digitalen Daten sollten einheitlich in "inch" sein;
- je geringer die Paketstärke, desto geringer der Bohrerabdrift; bestenfalls im 1er Paket bohren;
- Materialstärke kleiner gleich 1,60 mm

Um beispielsweise die Toleranz von +/- 0,07 mm (im 3er Paket gebohrt) aller Bohrungen zum Referenzloch einhalten zu können, müssen auch alle Bohrungen in der X/Y-Koordinate zum Referenzloch bemaßt sein. Dies ist bei digitalen Daten entstehungsgemäß der Fall. Darüber hinaus kann diese Toleranz nur innerhalb einer Fertigungsebene gewährt werden, d.h., daß z.B. die Toleranz von einer durchkontaktierten Bohrung (erste Maschinenaufspannung) zu einer nicht durchkontaktierten Bohrung (zweite Maschinenaufspannung) größer sein kann.

Der Versatz von durchkontaktierten Bohrungen zu nicht durchkontaktierten Aufnahmebohrungen kann nur dann innerhalb der Toleranz von +/- 0,07 mm eingehalten werden, wenn diese Aufnahmebohrungen nicht größer als 3,5 mm sind und mindestens 1,00 mm von Kupferflächen entfernt liegen.

Die Begründung liegt darin, daß bis zu dieser Lochgröße das "Tenting-Verfahren" Anwendung finden kann. Es ist jedoch zu vermerken, daß das Tenting-Verfahren bei ca. mehr als 10 Bohrungen, die getentet werden müssen, nicht mehr geeignet ist.

Insoweit für Referenz- oder Aufnahmebohrungen besondere Toleranzen gelten, müssen die betreffenden Bohrungen als solche deklariert sein.

### D.2

Ähnlich verhält es sich bei Versatzwerten vom Leiterbild zu Bohrungen oder zur Lötstopmmaske. Toleranzen innerhalb einer Fertigungsebene, wie z.B. SMD-Pads zu SMD-Pads zueinander, sind mit ca. +/- 0,03 mm (abhängig vom Abstandsmaß) fertigungstechnisch unproblematisch.

Sobald jedoch verschiedene Fertigungsebenen wie

- Bohrungen zum Leiterbild
- Lötstopmmaske zum Leiterbild u. ä.

zueinander vermaßt werden, wird im Standard eine Toleranz von +/- 0,10 mm gewährt. Insoweit engere Toleranzen gewünscht werden, bitten wir in jedem Einzelfall um gesonderte Herausstellung dieser Toleranzen.

## E GALVANISCHE ABSCHIEDUNG

### E.1 Gleichmäßigkeit der galvanischen Aufkupferung

Generell gilt, dass die Gleichmäßigkeit der Kupferschichtstärke bei der elektrolytischen Aufkupferung sehr stark von der Layoutvorgabe des Kunden abhängt. Sind Kupferoberflächen layoutbedingt ungleichmäßig verteilt, d.h. es gibt Flächenregionen mit viel „Masse“ und welche nur mit vereinzelt Leiterbahnen und Pads, kommt es in den „massearmen“ Regionen zu einer tendenziellen Überabscheidung.

Die Folgen sind eine Verminderung der Leiterbahnabstände bis hin im Extremfall zum elektrischen Ausfall durch Kurzschluss, weil Leiterbahnen regelrecht zusammenwachsen. Beim Entwurf von Leiterbildlayouts bzw. beim Nachbereiten/Entflechten mit automatischen Routingprogrammen (Autorouter) sollte folgendes beachtet werden:

- Leiterbahnstrukturen sollten entweder möglichst gar nicht in Masse oder möglichst ganz in Masse eingebettet sein.
- Die Leiterbahnführungen/Padpositionierungen sollte mittig innerhalb einer Masseeinbettung und auch in den gleichen Abständen untereinander erfolgen.

### E.2 Unterätzung

Es gilt zu beachten, je höher die Kupferendstärke sein soll, desto höher ist der Unterätzungs-grad (Unterätzungsfaktor an den Flanken). Demnach sollten Leiterbahnen, Lötäugen und Iso-Abstände in ausreichender Breite und bestmöglicher Aufteilung gewählt werden (siehe hierzu nachstehende Tabelle).

Bei diesen empirischen Werten geht man unter Berücksichtigung des Unterätzungsfaktors von einem geeigneten Design aus. Was nun unter "geeignet" zu verstehen ist, lässt sich infolge der Vielfältigkeit der Layoutabhängigkeiten anhand von Beispielen kaum darstellen.

So ist überdies auch die Prozesstechnik des Lötstopplackdruckes resp. der Vielgestalt des Designs durch die Stärke des Kupferaufbaus eingeschränkt (Gefahr der teilweisen Überdeckung, Unterdeckung oder gar Freistellung der Leiterflanken und Isolationsflächen).

Definitive Aussagen können demnach erst erfolgen, wenn das Design vorliegt oder in Härtefällen nach einem Testlauf. Wir möchten Sie daher bitten, bei vorliegenden Projekten mit uns Kontakt aufzunehmen. Wir beraten Sie gern.

Nachstehende Werte sind als diejenigen Minimalwerte zu verstehen, die keinen Aufpreis für erhöhte Anforderungen innerhalb der jeweiligen Technologie zur Folge hätten.

Endkupferstärke in $\mu$	Leiterbreite in $\mu$	Isolationsabstand in $\mu$
35	150	170
70	150	220
105	250	290
130	300	360

## F EINFÜGUNGEN IN FILMEBENEN

### F.1

Wird das Einfügen von Identitätskennungen auf der Leiterplatte gefordert, so sollte ein ausgewiesenes, umrandetes Rechteck als Freiraum für diese Einfügungen vorgegeben sein. Wird kein Platzhalter vorgesehen, platzieren wir die Identitätskennungen nach bestem Wissen in eine beliebige Layoutebene.

### F.2 Nachstehende Punkte sind hierfür zu beachten:

- Falls Ihre Fertigungsunterlagen den UL-Spezifikationen entsprechen und die UL-Zulassung gefordert ist, setzen wir das UL-Approbationszeichen in die von Ihnen vorgegebene Filmebene ein. Das ausgewiesene Rechteck muss eine Größe von mindestens 15 mm x 4 mm haben.
- Als Herstellercode wird unser Firmenlogo in die gewünschte Filmebene eingefügt. Das ausgewiesene Rechteck muss eine Größe von mindestens 5 mm x 4 mm haben.

- Als Herstellwoche/-jahr wird z.B. ein zweistelliger Code gemäß DIN IEC 62 in die gewünschte Filmebene eingefügt. Das ausgewiesene Rechteck muss eine Größe von mindestens 6 mm x 4 mm haben.

## G LÖTSTOPPMASKEN

Bei dem fototechnischen Lötstopplackverfahren wird die ganze Schaltung in ein fotosensitives Polymer eingebettet. Nach einer definierten fotomechanischen Belichtung polymerisiert der Lötstopplack aus; alle nicht belichteten Zonen werden selbst im Micrometerbereich konturenscharf herausentwickelt. Um die geforderten elektro-physikalischen Eigenschaften des Lackes zu erreichen, erfolgt anschließend eine thermische Endaushärtung.

Mit dem Aufbringen des Lötstopplackes kann auf Wunsch das Lötlauge des Durchsteigers abgedruckt werden; das Verschließen der Bohrung selbst kann hiermit jedoch nicht garantiert werden (für Vakuum-Tester nicht geeignet).

Insoweit das Verschließen der Bohrung erforderlich ist, so wird dies mit einem speziellen Via-Füller oder einem zusätzlichen Sonderdruck mit Fotolack, Farbe jeweils grün, erreicht. Dies ist bis zu einem Bohrdurchmesser von 0,70 mm möglich.

In den Daten des Lötstopplackes sollten Sie keine Aufweitung (oversizing) vorsehen, da dieses oversizing von dem Leiterplattenhersteller aufgrund seiner Prozessparameter selbst eingearbeitet wird.

## H ABZIEHLACK

Sollen bestimmte Flächen mit Abziehlack bedruckt werden, so dürfen sich innerhalb dieser Flächen keine Bohrungen größer 1,8 mm oder Fräsungen größer 1,8 mm x 1,8 mm befinden (Bohrungen bis zu 2,6 mm können zwar auch mit zgedruckt werden, jedoch kann das Ergebnis nicht garantiert werden, da einige Bohrungen dieser Größe sporadisch offen sein können).

Der Grund liegt darin, daß einerseits der Lack keine ausreichende Viskosität hat und somit während des Druckes durch das Loch laufen würde und andererseits der in die Bohrung oder Fräsung eingedruckte Abziehlack eine derart hohe Haftung erzeugt, so daß beim späteren Abziehen die Maske reißt; d.h. der Abziehlack in der Bohrung oder Fräsung verbleibt und einzeln entfernt werden müsste.

Die Schichtstärke des Abziehlackes beträgt ca. 350 µ; die Farbe ist blau.

## I KENNZEICHUNGSDRUCK

### I.1 Farbe:

Da 98% unserer Kunden die Farbe des Kennzeichnungsdruckes in „weiß“ vorschreiben, können bei nicht optimaler Ausbeute unserer Fertigungsnutzen mit Ihren Leiterplatten die Restflächen mit anderen Leiterplatten gleicher Qualität aufgefüllt werden. Durch die hiermit wieder erreichte gute Materialausbeute können wir Ihnen günstigere Preise einräumen.

### I.2 Strichstärke:

Die Strichstärke des Kennzeichnungsdruckes sollte nicht unter 0,2 mm definiert werden, da anderenfalls Unterbrechungen oder Verschleierungen innerhalb des Schriftbildes nicht auszuschließen sind.

Um ein einwandfreies und leserliches Druckbild zu gewährleisten, sollte die Schriftgröße des Kennzeichnungsdruckes (Zahlen oder Buchstaben) nicht kleiner als 1,25 mm bei einer Strichstärke von 0,20 mm gewählt werden.

Lötflächen sollten mindestens 0,25 mm vom Kennzeichnungsdruck ausgespart werden, da anderenfalls ein Andruck nicht auszuschließen ist.

## J RITZTECHNIK

### J.1

Es ist darauf zu achten, daß ein ausreichender, kupferfreier Ritzkanal innerhalb der Leiterplattenanordnung im Nutzen zueinander vorhanden ist. Folgende kupferfreien Leiterplatten-Außenränder müssen gegeben sein:

a.	Material kleiner gleich	1,0 mm	allseitig mind. 0,40 mm
b.	Material größer	1,0 mm bis 1,6 mm.	allseitig mind. 0,45 mm
c.	Material größer	1,6 mm bis 2,0 mm	allseitig mind. 0,60 mm
d.	Material größer	2,0 mm bis 2,5 mm.	allseitig mind. 0,80 mm
e.	Material größer	2,5 mm bis 3,2 mm	allseitig mind. 0,90 mm

Das bedeutet z.B., daß bei einer Materialstärke von 1,6 mm und einer Außenkonturtoleranz von +/- 0,2 mm ein 0-Stopp erstellt werden kann, wenn keine Kupferstrukturen näher als 0,45 mm am Rand liegen. Ansonsten sind unter Berücksichtigung der geltenden Außenkonturtoleranzen (Achtung bei nur Minus-Toleranz) das Ritz-Nennmaß der Leiterplatte festzulegen, die Leiterbahnen nach innen zu verlegen und/oder Masse/Pads zu kappen (Genehmigung des Auftraggebers erforderlich) oder die Ritztechnik abzulehnen.

Wenn die Leiterplatten für die Ritztechnik im Nutzen ohne Abstand zueinander angeordnet werden, so ist zu beachten, dass das Format der Leiterplatte nach dem Auseinanderbrechen aus dem Nutzen um ca. 0,20 mm je Seite größer ist (z.B. entsteht aus dem Ritz-Nennmaß 160,0mm nach dem Brechen ein Ist-Maß von ca. 160,2mm). Daher empfehlen wir den Layoutern, die Kontur der Leiterplatte bereits um 0,30 mm kleiner zu erstellen, damit für den Leiterplattenhersteller keine Minustoleranzen zu berücksichtigen sind.

Sollten dennoch kundenseits Minustoleranzen vorgegeben sein, so ist unter Beachtung der Kupfer-Randfreiheit das Leiterplattenformat wie folgt zu reduzieren:

- Das Leiterplattenformat ist in erster Linie durch "Vermitteln" zu reduzieren.
- Das Leiterplattenformat sollte nach Möglichkeit auf das Format reduziert werden, das sich aus dem Nennmaß der Kontur abzüglich der Minustoleranz ergibt.

Beispiel: Leiterplattenformat gemäß Kundenvorgabe: 160 mm x 100 mm +0,0/-0,30 mm

- Leiterplattenformat auf 159,7 mm x 99,7 mm reduzieren.

## J.2

Aus unserer Erfahrung empfehlen wir, einen Reststeg von 0,25 mm bis 0,35 mm vorzusehen, da das nachträgliche Auseinanderbrechen wesentlich leichter ist und während der Bestückung ausreichend Stabilität gegeben ist. Die Reststegstärke ist natürlich von der Größe der Leiterplatte, dem Gewicht der Bauteile und dem Trennverfahren (per Hand oder per Nutzentrenner) abhängig.

## K LIEFERUNG IM NUTZEN

Bei Lieferung im Nutzen gehen wir stets davon aus, dass auch irreparable Leiterplatten innerhalb dieses Nutzens akzeptiert werden. Dies ist Bestandteil der Kalkulationsgrundlage und der Angebote. Irreparable Leiterplatten werden von unserer Qualitätssicherung optisch gut erkennbar markiert, so daß bei der Weiterverarbeitung kein Mehraufwand durch evtl. Sondierung entsteht. Selbstverständlich werden die irreparablen Leiterplatten nicht berechnet. Abweichende Absprachen sind möglich.

## L ENTGRATETE UND GEFRÄSTE AUßENKANTEN

Wenn in den Fertigungsunterlagen oder den "Technischen Lieferbedingungen" entgratete (oder glatte oder geschliffene) Kanten gefordert werden, so ist dieses durch zwei verschiedene Verfahren möglich.

- Entgratete, glatte oder geschliffene Kanten erreicht man, indem die Leiterplatten geritzt und anschließend geschliffen werden. Das Ritzen setzt jedoch voraus, daß keine Außenkontur-Fräsungen vorliegen und die Leiterplatte nicht kleiner als 70 mm x 50 mm ist, da kleinere Formate nicht mehr im Paket zu schleifen sind.
- Werden ausdrücklich gefräste Kanten gefordert (Hinweis muss als Verfahrensanweisung innerhalb der TLB vorliegen) oder infolge vorgenannter Bedingungen das Ritzen nicht möglich sein, so müssen die Leiterplatten im Nutzen gefräst werden.

### ACHTUNG:

Leiterplatten, die eine asymmetrische Kontur haben oder kleiner als 65 mm x 35 mm sind, müssen vor dem kompletten Ausfräsen im Nutzen elektrisch geprüft werden.

## M BOHREN IN PAKETSTÄRKEN:

In unserem Hause werden ausschließlich die neuesten Bohrgenerationen eingesetzt, die im mittleren Durchmesserbereich durch eine sog. „Köpfchen-Spitze“ und im Microbohrerbereich zusätzlich durch einen speziellen Schliff der „Köpfchen-Spitze“ veredelt sind. Hiermit wird nachweisbar der geringste Bohrerabdrift im Paket erzielt.

Vorrangig zu beachten ist, daß das Lötauge nach Möglichkeit um 0,55 mm größer ist als der Endbohrdurchmesser; z.B.

- Durchmesser Lötauge: 1,00 mm
- Durchmesser Bohrung: 0,60 mm (0,45 mm Endmaß wird mit 0,60 mm gebohrt, da die Durchkontaktierung den Durchmesser wieder verkleinert)
- 1,00 mm - 0,60 mm = 0,20 mm Restring => innerhalb des Standards

In den Fällen, in denen der Mindest-Restring nicht erreicht wird, sollte jeweils per Rücksprache mit dem Auftraggeber versucht werden, entweder den Bohrdurchmesser zu reduzieren oder die Lötaugen nach Möglichkeit zu vergrößern. Gegebenenfalls ist die Paketstärke zu reduzieren.

## N DURCHKONTAKTIERTE-ZWEILAGIGE LEITERPLATTEN

### N.1 Die angegebenen Durchmesser entsprechen dem eingesetzten Bohrer

Material 0,50 bis 1,1 mm dick:		Erste Maschinen- Aufspannung (1x CNC)	Zweite Maschinen- Aufspannung (2x CNC)
Bohrungen größer gleich	1,70 mm:	5er Paket	5er Paket
Bohrungen größer gleich	0,60 mm:	5er Paket	4er Paket
Bohrungen größer gleich	0,40 mm:	4er Paket	3er Paket
Bohrungen gleich	0,35 mm:	3er Paket	2er Paket
Bohrungen kleiner gleich	0,30 mm:	2er Paket	1er Paket
Bohrungen kleiner gleich	0,20 mm:	1er Paket	1er Paket

Material 1,2 mm bis 1,6 mm dick:		Erste Maschinen- Aufspannung (1x CNC)	Zweite Maschinen- Aufspannung (2x CNC)
Bohrungen größer gleich	1,70 mm:	4er Paket	4er Paket
Bohrungen größer gleich	0,60 mm:	4er Paket	3er Paket
Bohrungen größer gleich	0,40 mm:	3er Paket	2er Paket
Bohrungen größer gleich	0,30 mm:	2er Paket	1er Paket
Bohrungen größer gleich	0,25 mm:	2er Paket	1er Paket
Bohrungen kleiner gleich	0,20 mm:	1er Paket	1er Paket

Material 2,0 mm dick:		Erste Maschinen- Aufspannung (1x CNC)	Zweite Maschinen- Aufspannung (2x CNC)
Bohrungen größer gleich	1,70 mm:	3er Paket	3er Paket
Bohrungen größer gleich	0,60 mm:	3er Paket	2er Paket
Bohrungen größer gleich	0,35 mm:	2er Paket	1er Paket
Bohrungen kleiner	0,35 mm:	1er Paket	1er Paket

Material gleich 2,40 mm:		Erste Maschinen- Aufspannung (1x CNC)	Zweite Maschinen- Aufspannung (2x CNC)
Bohrungen größer gleich	0,60 mm:	2er Paket	2er Paket
Bohrungen größer gleich	0,40 mm:	2er Paket	1er Paket
Bohrungen kleiner	0,40 mm:	1er Paket	1er Paket

Material dicker 3,00 mm:		Erste Maschinen- Aufspannung (1x CNC)	Zweite Maschinen- Aufspannung (2x CNC)
Bohrungen größer gleich	2,00 mm:	2er Paket	2er Paket
Bohrungen größer gleich	0,60 mm:	2er Paket	1er Paket
Bohrungen kleiner	0,60 mm:	1er Paket	1er Paket

## N.2 Einseitige Leiterplatten:

### Material 0,80 und 1,0 mm dick:

Bohrungen größer gleich 0,60 mm:	5er Paket
Bohrungen größer gleich 0,40 mm	4er Paket
alle kleineren Bohrungen	3er Paket

### Material gleich 1,55 mm dick:

Bohrungen größer gleich 0,60 mm:	4er Paket
Bohrungen größer gleich 0,35 mm:	3er Paket
alle kleineren :	2er Paket

### Material 2,0 mm dick:

Bohrungen größer gleich 0,60 mm:	3er Paket
Bohrungen größer gleich 0,40 mm:	2er Paket
alle kleineren	1er Paket

### Material gleich 2,40 mm:

Bohrungen größer gleich 0,60 mm:	2er Paket
alle kleineren Bohrungen.....:	1er Paket

### Material dicker 3,00 mm:

Bohrungen größer gleich 2,00 mm:	2er Paket
alle kleineren Bohrungen.....:	1er Paket

## O MULTILAYER

Bei der Berechnung der CNC-Paketstärken von Multilayern ist sowohl die Materialdicke als auch die zu durchbohrende Summe der Kupferschichten zu berücksichtigen. Nachstehende Tabelle veranschaulicht die Abhängigkeiten dieser Werte zueinander.

<b>Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 1er Paket (max. 2,5mm hoch): mindestens 100µ umlaufend</b> <b>Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 2er Paket (max. 3,5mm hoch): mindestens 125µ umlaufend</b> <b>Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 3er Paket (max. 4,5mm hoch): mindestens 150µ umlaufend</b> <b>Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 4er / 5er Paket (bis 6mm hoch): mindestens 175µ umlaufend</b>							
ML	End-Stärke mm	max. Gesamt-Cu-Stärke in µ des Pakets (~840µ) <b>Cu außen + Cu innen x Pak</b>	Paketstärke bei eingesetztem Drill <=0,25	Paketstärke bei eingesetztem Drill >=0,30	Paketstärke bei eingesetztem Drill =>0,40	Paketstärke bei eingesetztem Drill =>0,60	
<b>4</b>	<b>0,60</b>	<b>2x18+2x35x5er</b>	<b>530</b>	2	4	5	5
			<b>530 - 630</b>	2	3	4	5
			<b>&lt;840</b>	1	2	3	3
<b>4</b>	<b>0,80</b>	<b>2x35+2x35x4er</b>	<b>560</b>	2	3	4	4
			<b>560 - 630</b>	2	2	3	4
			<b>&lt;840</b>	1	2	3	3
<b>4</b>	<b>1,00</b>	<b>2x35+2x35x4er</b>	<b>560</b>	2	3	4	4
			<b>560 - 630</b>	1	2	3	4
			<b>&lt; 840</b>	1	2	3	3
<b>4</b>	<b>1,60</b>	<b>2x50+2x35x3er</b>	<b>560</b>	1	2	3	4
			<b>560 - 630</b>	1	2	3	3
		<b>2x105+2x35x3</b>	<b>&lt;840</b>	1	2	<b>3</b>	3
<b>4</b>	<b>2,00</b>		<b>420</b>	ablehnen	1er 0,35=2er	2	3
			<b>420 - 630</b>	ablehnen	1	2	2
		<b>2x105+2x135x2</b>	<b>&lt;840</b>	ablehnen	1	2	2
<b>4</b>	<b>2,40</b>	<b>2x105+2x105x2</b>	<b>840</b>	ablehnen		2	2
			<b>&lt;960</b>	ablehnen		1	1
<b>4</b>	<b>2,80</b>	<b>2x105+2x135x2</b>	<b>840</b>	ablehnen		1	2
			<b>&lt;960</b>	ablehnen		1	1

Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 1er Paket (max. 2,5mm hoch): mindestens 100µ umlaufend

Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 2er Paket (max. 3,5mm hoch): mindestens 125µ umlaufend

Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 3er Paket (max. 4,5mm hoch): mindestens 150µ umlaufend

Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 4er / 5er Paket (bis 6mm hoch): mindestens 175µ umlaufend

ML	End Stärke mm	max. Gesamt-Cu-Stärke in µ des Pakets (~840µ) <b>Cu außen + Cu innen x Pak</b>	Paketstärke bei eingesetztem Drill >=0,25	Paketstärke bei eingesetztem Drill >=0,30	Paketstärke bei eingesetztem Drill >=0,40	Paketstärke bei eingesetztem Drill >=0,60	
<b>6</b>	0,60	2x18+4x35x3er	528	2	3	4	5
			528 - 630	2	3	3	4
			<630	1	2	2	4
<b>6</b>	0,80		528	2	3	4	5
			528 - 630	2	3	3	4
			<840	1	2	2	4
<b>6</b>	1,00		528	2	3	3	4
			528 - 630	2	2	3	3
			<840	1	1	2	3
<b>6</b>	1,60		528	1	2	3	3
			528 - 630	1	2	2	3
			<840	1	1	2	2
<b>6</b>	2,00	2x35+4x35x2	420	ablehnen	2 (Drill 0,35)	2	3
			420 - 630	ablehnen	1	2	2
			<840	ablehnen	1	2	2
<b>6</b>	2,40	2x35+4x35x2	420	ablehnen		2	2
			<960	ablehnen		1	2
<b>6</b>	2,80	2x35+4x35x2	420	ablehnen		2 (ab 0,50)	2
			<960	ablehnen		1	1

**Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 1er Paket (max. 2,5mm hoch): mindestens 100µ umlaufend**  
**Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 2er Paket (max. 3,5mm hoch): mindestens 125µ umlaufend**  
**Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 3er Paket (max. 4,8mm hoch): mindestens 150µ umlaufend**  
**Lötauge größer als eingesetzter Bohrer bei 4er / 5er Paket (bis 6,4mm hoch): mindestens 175µ umlaufend**

ML	End Stärke mm	max. Gesamt-Cu-Stärke in µ des Pakets (~840µ) <b>Cu außen + Cu innen x Pak</b>	Paketstärke bei eingesetztem Drill <=0,25	Paketstärke bei eingesetztem Drill <=0,35	Paketstärke bei eingesetztem Drill =>0,40	Paketstärke bei eingesetztem Drill =>0,60
<b>8</b>	<b>1,00</b>	560	1	3 (ab 0,35)	4	4
		560 - 700	1	2	3	3
		<840	1	1	2	3
<b>8</b>	<b>1,60</b>	560	1	2	3	3
		560 - 700	1	2 (ab 0,35)	3	3
		<840	1	1	2	3
<b>8</b>	<b>2,00</b>	560	ablehnen	1	2	2
		560 - 700	ablehnen	1	2	2
		2x35+6x70x2er <840	ablehnen	1	2	2
<b>8</b>	<b>2,40</b>	560	ablehnen		2 (ab 0,50)	2
		560 - 700	ablehnen		1	2
		<960	ablehnen		1	1
<b>8</b>	<b>2,80</b>	560	ablehnen		1	2
		560 - 700	ablehnen		1	2
		<960	ablehnen		1	1

## P FRÄSEN IN PAKETSTÄRKEN:

Die Werte beziehen sich auf den **eingesetzten** Fräser

Material 0,40 – 0,80 mm	
Fräser größer gleich 1,70 mm:	6er Paket
Fräser größer gleich 1,00 mm:	5er Paket
Fräser kleiner 1,00 mm..:	4er Paket
Material 0,90 - 1,20 mm	
Fräser größer gleich 1,70 mm:	5er Paket
Fräser größer gleich 1,00 mm:	4er Paket
Fräser kleiner 1,00 mm..:	3er Paket
Material 1,30 - 1,60 mm	
Fräser größer gleich 1,70 mm (1,6 nur bei Zurückfräsen)	4er Paket
Fräser größer gleich 0,80 mm:	3er Paket
Fräser kleiner 0,80 mm.....:	2er Paket
Material 1,70- 2,20 mm	
Fräser größer gleich 1,70 mm:	3er Paket
Fräser größer gleich 1,00 mm:	2er Paket
alle kleineren Fräser.....:	1er Paket
Material 2,30 - 2,60 mm	
Fräser größer gleich 1,1 mm:	2er Paket
alle kleineren Fräser.....:	1er Paket
Material 2,70 – 3,20 mm	
Fräser größer gleich 1,70 mm:	2er Paket
alle kleineren Fräser.....:	1er Paket

## Q ELEKTRISCHE PRÜFUNG

### Q.1

Leiterplatten, die keine gerade Anschlagseite von mindestens 65 mm haben oder rund sind, können nur in einem individuell zu bestimmenden Nutzen (siehe Eckdaten EP Nr. 19) oder per Flying Probe geprüft werden (Einzelprüfung nicht möglich).

Bei kleinen rechteckigen Leiterplatten bietet sich die Ritztechnik an, da hiernach beliebig große Teilnutzen gebrochen werden können.

Bei runden Leiterplatten muss vor der elektrischen Adapter-Prüfung ein prüfbares Format erstellt werden (meist durch Ritztechnik). Nach der elektrischen Prüfung werden die Leiterplatten aus dem Teilnutzen in einem weiteren CNC-Arbeitschritt gefräst (siehe Zeichnung Nr. 20).

### Q.2

Unsere Prüfmaschinen drucken bei einer fehlerhaften Leiterplatte die Koordinaten und die Art des Fehlers aus. Nach diesen Koordinaten wird der Fehler gesucht und beseitigt. Die Leiterplatte wird nach erfolgter Fehlerbeseitigung in einen neuen Prüfdurchlauf eingegliedert. Bei Fehlerfreiheit erzeugen die Maschinen keine weiteren Protokolle.

Mit der elektrischen Endprüfung werden Leiterplatten auf Kurzschluss und Unterbrechung geprüft. Das Prüfsystem wird mit den uns zur Verfügung gestellten Gerberdaten des Auftraggebers geladen. Aus diesen Gerberdaten wird eine Netzliste generiert, d.h. es werden alle Prüfpunkte festgestellt. Gemäss diesem Prüfprogramm werden die Adapterplatten gebohrt und mit Prüfnadeln bestückt. Die durch das Adaptersystem geführten Prüfnadeln werden auf die betreffenden Kontaktstellen ausgelent. Der Prüfling wird sodann unter Strom gesetzt und der Schaltkreis mit den Daten des Auftraggebers verglichen. Leiterplatten, auf denen ein Kurzschluss oder eine Unterbrechung festgestellt wurden, trennt das System von den fehlerfrei geprüften Leiterplatten. Die Fehlermeldung beinhaltet die Art des Fehlers und die Position per Koordinate.

Als Prüfparameter gelten (Standard 40 V und 0,004 Milli-Ampere; bis 250 V möglich bei längerer Prüfzeit): Ein Netzwidestand größer 50 Ohm wird als Unterbrechung erkannt; ein Widerstand kleiner 10 M-Ohm zwischen unabhängigen Netzwerken wird als Kurzschluss erkannt.

Zur Überwachung der Funktionalität des Prüfsystems sieht unser QS-Fristenheft folgendes vor:

Vor Beginn des Prüfdurchlaufes eines jeden Leiterplattentyps:

Selbstüberprüfung aller Messstellen des Programms, ob hochohmige und/oder niedrigohmige Schlüsse zu anderen Messstellen existieren. Diese Testläufe müssen sowohl prüfprogrammabhängig als auch prüfprogrammunabhängig durchgeführt werden.

Sortiertest: ob diejenigen Leiterplatten, auf denen ein Fehler erkannt wurde, gesondert ausgegeben werden.

Soll-Ist-Tests: automatische Überprüfung, ob die Anzahl der programmierten Prüfpunkte auch den tatsächlich bestückten Messpunkten im Prüfadapter entspricht.

## R VERPACKUNG

In unserem Hause werden nachstehende Verpackungsmaterialien eingesetzt:

a.	Karton Größen:	480 mm x 360 mm x 180 mm
	Karton Größen:	384 mm x 234 mm x 168 mm
	Karton Größen:	190 mm x 170 mm x 130 mm
b.	Polyäthylenbeutel	verschiedene Größen
c.	Verpackungseinheiten:	z.B. Eurokarten. 25 Stück je Beutel

Das eingesetzte Kartonmaterial ist recyclingfähig und mit dem Resy-Zeichen versehen. Darüber hinaus sind unsere Kartonagen dazu geeignet, wieder verwendet zu werden (Mehrwegsystem), d.h., daß sie auch Ihnen als umweltfreundliches Verpackungsmaterial dienen kann.

Die Polyäthylenbeutel bestehen aus dem Rohstoff "Polyäthylen" und zählen zur Gruppe der Polyolefine. Die Polyolefine sind unstreitig und in Anerkennung der gegenwärtigen Umweltpolitik die umweltverträglichsten und somit umweltfreundlichsten Kunststoffe.

Weder bei der Herstellung, Verarbeitung und dem Gebrauch noch bei der Entsorgung entstehen umweltbelastende Emissionen. Sie sind recyclingfähig, können aber auch deponiert oder verbrannt werden. Bei der Deponierung zerfallen Polyolefine-Folien absolut grundwasserneutral in ihre molekularen Bestandteile als Kohlenwasserstoffmoleküle. Bei der Verbrennung dienen die positiven Eigenschaften der Polyolefine - keine Freisetzung von Giftstoffen wie Dioxin oder anderen gesundheitsschädlichen Stoffen - der Instandhaltung des Müllverbrennungsprozesses.

Darüber hinaus enthalten Polyolefine keine bromierten Flammschutzmittel oder halogenhaltige Werkstoffe, Cadmium, polybromierte Diphenylathar, Lacklösemittel, Formaldehyd, silikonhaltige Werkstoffe oder Asbest.

Aufgrund der vorgenannten Umweltverträglichkeit und Wiederverwertbarkeit kommt eine Entsorgung im Sinne der Verpackungsverordnung für unsere Verpackungsart nicht in Betracht. Es entstehen Ihnen somit keine Kosten - im Gegenteil - durch die Wiederverwertbarkeit ist Ihnen sogar eine Einsparmöglichkeit gegeben.

## S LAGERUMGEBUNG DER PLATINEN

### S.1 Problemstellung

Leiterplatten, insbesondere Multilayer, sind extrem hydrophil, d.h. selbst unter normalen Raumbedingungen wird die in der Luft vorhandene Feuchtigkeit durch Kapillarkräfte in die Zwischenlagen gesogen. Bei Lagerbedingungen von 20 Grad Celsius und 35 % Luftfeuchtigkeit wird bereits nach 12 Tagen eine Feuchtigkeitsaufnahme von 0,12 % (in Gewichtsprozent des Epoxydharzes wt) erreicht. Damit nimmt gleichermaßen auch der Gasdruck innerhalb der Platine zu, der durch starke Erhitzung des Materials beim Lötvorgang entsteht. Überschreitet die Feuchtigkeitsaufnahme 0,17 %, so wird ein kritischer Gasdruck von 8 – 10 bar erreicht, bei dem es zu Delaminationen und Blasenbildung kommen kann. Obgleich eine Trocknung der Ware in unserem Haus erfolgt und einem Löttest unterzogen wird, bleibt die Gefahr durch unsichere Transportumstände und Lagerung bestehen. Eine Handhabung der Platinen entsprechend unseren folgenden Empfehlungen soll helfen, die genannten Probleme zu vermeiden.

### S.2 Lagerumgebung

Leiterplatten sollten allgemein in beheizter Umgebung gelagert werden, wobei eine Temperaturkonstanz bis kurz vor der Lötung gewährleistet sein muss. Ein rapider Temperaturabfall von mehr als 7 Grad Celsius kann schon zur Kondensation auf den verpackten Platinen führen. Es muss gewährleistet sein, daß die Luftfeuchtigkeit niemals 65 % überschreitet. Die Platinenverpackung muss unter allen Umständen unversehrt bleiben (die Verpackung schützt jedoch nur bedingt, da die Gasdichte der Polyäthylenbeutel nicht ausreicht, um Feuchtigkeit aus der Atmosphäre abzuwenden).

### S.3 Lagerzeit

Die Lagerzeit von Leiterplatten muss so kurz wie möglich sein. Der Verbrauch der Platine erfolgt am besten nach der „first-in, first-out“ Regel. Die Kunststoffumhüllung sollte so kurz wie möglich vor der Bestückung entfernt werden. Im Falle von Restmengen sollten die Platinen erneut eingepackt und mit Tesafilm oder durch Einklemmen der Folie zwischen der Platine verschlossen werden. Um Luftzug zu vermeiden, sollten diese Pakete in Kisten verschlossen werden. Bitte geöffnete Pakete zuerst verbrauchen.

## S.4 Löttest

Leiterplatten, die mehrere Monate gelagert wurden und deren Transportumstände nicht schlüssig zu klären sind (Transport der Ware durch die Spedition erfolgt bei jeder Temperatur und bei jedem Wetter!), sollten unbedingt einem Löttest unterzogen werden. Dieser sollte möglichst den Umständen des für die Platinen vorgesehenen Lötprozesses entsprechen.

## S.5 Tempern der Ware

Unabhängig vom Ausgang eines Löttests empfehlen wir - wegen der meist nicht nachweisbaren Lagerumstände - das Trocknen der Ware in einem Ofen, um die aufgenommene Luftfeuchtigkeit in den Platinen stark zu vermindern. Dabei empfehlen wir folgendes:\*

Die Leiterplatten vorzugsweise vertikal in einem Rack trocknen

Zeit des Temperns:	bei Grad
8 Stunden	120
12 Stunden	110
18 Stunden	100

Niedrigere Trocknungstemperaturen sind auch möglich, doch sollte entsprechend der Abbildung dabei die Zeitachse ausgedehnt werden.

Die Verarbeitung der Leiterplatten sollte unter allen Umständen sofort danach beginnen, da die hydrophilen Eigenschaften der Platine bestehen bleiben. Die Zeit zwischen dem Trocknen und der Verlötung sollte nicht 48 Stunden überschreiten.

## T MAXIMALE NUTZENFORMATE:

(Fräs- & Stegabstände)

Zum Schluss möchten wir Ihnen eine kleine Übersicht geben über die in unserem Hause gebräuchlichen Fertigungsnutzen und die tatsächlich für die Produktion nutzbare Nettofläche. Im Prinzip gilt, je besser diese Fläche ausgenutzt wird, d.h. je mehr Leiterplatten auf dem Nutzen Platz finden, desto günstiger können wir Ihre Platine anbieten. Platinenformen und -formate haben somit erheblichen Einfluss auf die Preisgestaltung, da sie mit darüber entscheiden, wie optimal sie in unseren Fertigungsnutzen passen.

Mit aufgeführt sind die Arbeitsabstände für die einzelnen mechanischen Endbearbeitungen. Da beim Kerbfräsen „0“-Abstände die Regel sind, bietet sich diese Bearbeitung als Platz sparende Bearbeitung an (in der Regel ist Kerbfräsen in Abhängigkeit zur Materialqualität und Konturgeometrie erst ab 15 m<sup>2</sup> Auftragsfläche wirtschaftlich).

Werden bei der Leiterplatte Konturfräsungen gefordert und die Lieferung erfolgt nicht im Nutzen, so wird ein Abstand von Platine zu Platine von 8 mm benötigt, um sie komplett ausfräsen zu können. Erfolgt die Lieferung im Fräsnutzen, so sollte der Abstand der Leiterplatten zueinander zwischen 2,0 mm und 2,4 mm liegen, um Frässtege platzieren zu können.

Gerne unterstützen wir Sie bei der Ermittlung des günstigsten Formates und der Bearbeitungsart Ihrer Leiterplatten.

Fertigungsnutzen	Einseitig		Durchkontaktiert		Multilayer	
	Länge (mm)	Breite (mm)	Länge (mm)	Breite (mm)	Länge (mm)	Breite (mm)
Format 1*	610,00	460	610	460,00	610,00	460,00
Nettofläche:	584,00	436	584	436,00	575,00	414,00
Format 2	610,00	532	610	532,00	610,00	532,00
Nettofläche::	584,00	508	584	508,00	575,00	499,00
Format 3	640,00	532	640	532,00	640,00	532,00
Nettofläche::	614,00	508	614	508,00	600,00	499,00
Standard-Abstand Komplett-Ausfräsen						8 mm
Standard-Abstand Kerbfräsen						„0“mm**
Standard-Abstand innerhalb Bestückungsnutzen von Leiterplatte zu Leiterplatte:						2,4 mm

\*Format 1 wird nur sehr selten genutzt, daher nur geringe Material-Bevorratung. Vorzugsweise sollten die Formate 2 und 3 genutzt werden.

\*\*ACHTUNG:

Der Steppabstand in unserem oder auch im Kundennutzen ist niemals im „Minus“. Das Nennmaß der Leiterplatte ist immer in Abhängigkeit der Außenkontur-Toleranz auf das Ritzmaß zu ändern (siehe Ziffer J. Ritztechnik).