

9.2.8 Aspect Ratio Das Längenverhältnis von durchkontaktierten Löchern spielt eine wesentliche Rolle für den Hersteller, um genügend Metall im Loch abscheiden zu können.

Siehe FED 9.2.8F Aspect Ratio von Löchern

Siehe 9.2.9F Designregeln für HDI-Leiterplatten

10.0 ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN DIE SCHALTUNG

10.1 Eigenschaften der Leiterbahnen Leitende Strukturen auf Leiterplatten können eine Vielzahl von Formen aufweisen. Sie können als einzelne Leiterbahnen oder als Leiterebenen auftreten.

Kritische Leitergeometrien (Leiterbilder), die die Leistung der Schaltung beeinträchtigen können, wie es beispielsweise bei verteilten Induktivitäten und Kapazitäten der Fall ist, **müssen** gekennzeichnet werden, es sei denn, dass der Vertrag die Lieferung einer dimensionsstabilen Originalvorlage vorsieht, die innerhalb der für die Funktion der Schaltung notwendigen Toleranzen gefertigt wurde.

10.1.1 Breite und Dicke der Leiterbahnen Die Breite und Dicke der Leiterbahnen auf der fertiggestellten Leiterplatte **müssen** auf Grund der zu übertragenden Signalcharakteristik, der erforderlichen Strombelastbarkeit und der maximal zulässigen Temperaturerhöhung festgelegt werden. Dies **muss** unter Zuhilfenahme von Bild 6-4 geschehen. Bei der Festlegung der Leiterdicke der fertigen Leiterplatte sollte sich der Designer darüber im klaren sein, dass durch die Prozessabläufe die Kupferstärken auf den Leiterebenen variieren können. Schaltkreise, die gegen Spannungsabfall empfindlich sind, erfordern, basierend auf den Designerfordernissen, die Angabe einer Minimaldicke. Die Tabellen 10-1 und 10-2 sollen einen Anhalt geben bezüglich Design und Fertigungseinrichtungen, sollen aber nicht als Designforderung verstanden werden.

Wenn Organisationen wie Underwriters Laboratories (UL), die die Produktsicherheit zertifizieren, Forderungen auferlegen, **muss** die minimale Leiterbahnbreite auf der fertiggestellten Leiterplatte innerhalb der Grenzen liegen, für die der Leiterplattenhersteller die UL-Zertifizierung besitzt. Zur Vereinfachung der Prozessabläufe und um eine längere Lebensdauer zu erreichen, sollten die Leiterbahnbreiten und Sicherheitsabstände größtmöglich gefertigt werden, wobei die vorgeschriebenen Mindestabstände zu berücksichtigen sind. Die fertiggestellte nominale Leiterbahnbreite und die vereinbarten Toleranzen **müssen** auf der Fertigungszeichnung dokumentiert werden.

Werden bilaterale Toleranzen für die Leiterbahnen benötigt, **muss** die nominale Leiterbahnbreite der fertiggestellten Leiterplatte und die in Tabelle 10-3 aufgeführte Toleranz, die für Kupfer der Dicke 46 mm [0.00181 in] gilt, auf der Fertigungszeichnung dokumentiert werden. Dieses Abmaß braucht auf der Fertigungszeichnung nur für eine typische Leiterbahn dieser nominalen Breite aufgeführt werden.

Siehe Kommentare: IPC-2221A, Kap. 10.1.1

Tabelle 10-1 Foliendicke der Innenlagen nach der Fertigung

Kupferfolie oz. (µm)	Absolutes Cu Minimum (IPC-4562 -10% Reduktion (µm/µin))	Maximal zulässige Prozessreduktion (µm)*	Minimale Enddicke nach Fertigstellung (µm/µin)
1/8 oz. (5,1)	4,6 [181]	1,5	3,1 [122]
1/4 oz. 8,50	7,7 [303]	1,50	6,3 [244]
3/8 oz. 12,00	10,8 [425]	1,50	9,3 [366]
1/2 oz. 17,10	15,40 [606]	4,00	11,4 [449]
1 oz. 34,30	30,90 [1,217]	6,00	24,9 [980]
2 oz. 68,60	61,70 [2,429]	6,00	55,7 [2,193]
3 oz. 102,90	92,60 [3,646]	6,00	86,6 [3,409]
4 oz. 137,2	123,50 [4,862]	6,00	117,5 [4,626]
Mehr als 4 oz.		6,00	4 µm [157 µin] unter der Minimaldicke nach IPC-4562

* Maximal zulässige Prozessreduktion erlaubt keine Nacharbeit für Gewichte unter 1/2 oz. Für 1/2 oz. und dicker ist einmalige Nacharbeit zulässig.

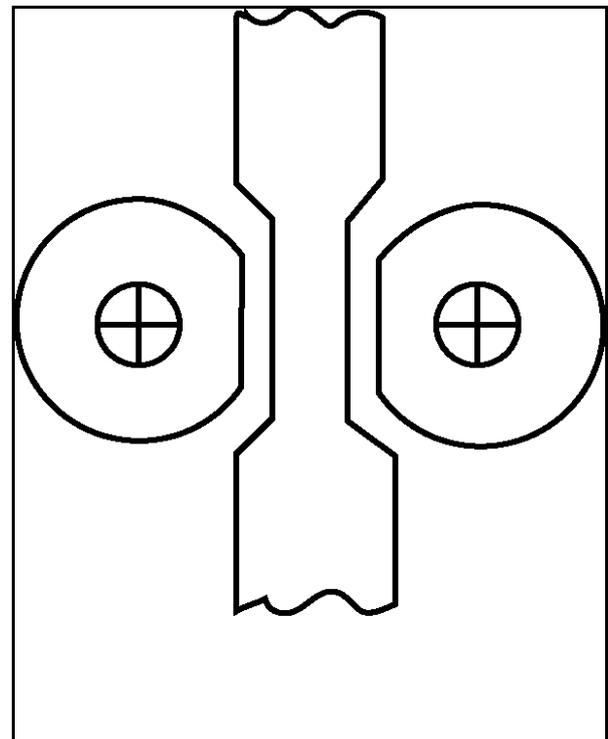


Bild 10-1 Beispiel für eine Querschnittsreduktion der Leiterbahn

Tabelle 10-2 Dicke der äußeren Leiterbahnen nach dem Galvanisieren

Gewicht oz. (μm)	Absolutes Cu Minimum (IPC-4562-10% Reduktion) ($\mu\text{m}/\mu\text{in}$)	Plus minimale Metallisierung für		Maximal zu- lässige Prozess- reduktion (μm)*	Minimale Enddicke nach Fertigstellung ($\mu\text{m}/\mu\text{in}$)	
		Klasse 1 & 2 (20 μm)	Klasse 3 (25 μm)		Klasse 1 & 2	Klasse 3
1/8 oz. (5,10)	4,60 [181]	24,60	29,60	1,50	23,1 [909]	28,1 [1,106]
1/4 oz. (8,50)	7,70 [303]	27,70	32,70	1,50	26,2 [1,031]	31,2 [1,228]
3/8 oz. (12,00)	10,80 [425]	30,80	35,80	1,50	29,3 [1,154]	34,3 [1,350]
1/2 oz. (17,10)	15,40 [606]	35,40	40,40	2,00	33,4 [1,315]	38,4 [1,512]
1 oz. (34,30)	30,90 [1,217]	50,90	55,90	3,00	47,9 [1,886]	52,9 [2,083]
2 oz. (68,60)	61,70 [2,429]	81,70	86,70	3,00	78,7 [3,098]	83,7 [3,295]
3 oz. (102,90)	92,60 [3,646]	112,60	117,60	3,00	109,6 [4,315]	114,6 [4,512]
4 oz. (137,20)	123,5 [4,862]	143,5	148,50	4,00	139,5 [5,492]	144,5 [5,689]

* Maximal zulässige Prozessreduktion erlaubt keine Nacharbeit für Gewichte unter 1/2 oz. Für 1/2 oz. und dicker ist einmalige Nacharbeit zulässig.

Tabelle 10-3 Toleranzen der Leiterbahnbreiten für Kupferdicken von 46 mm [0.00181 in]

Eigenschaften	Stufe A	Stufe B	Stufe C
Ohne Metallisierung	+/- 0,06 mm [0.00236 in]	+/- 0,04 mm [0.00157 in]	+/- 0,015 mm [0.0005906 in]
Mit Metallisierung	+/- 0,10 mm [0.00393 in]	+/- 0,08 mm [0.00314 in]	+/- 0,05 mm [0.0197 in]

Sollten die in Tabelle 10-3 aufgeführten Toleranzen zu grob sein, können engere Werte zwischen dem Anwender und dem Zulieferer vereinbart werden. Diese **müssen** dann auf der Fertigungszeichnung unter Berücksichtigung der Stufe C wiedergegeben werden. Die Zahlen der Tabelle 10-3 stellen bilaterale Toleranzen für fertiggestellte Leiterbahnen dar.

Die Breite einer Leiterbahn sollte über die Länge möglichst gleichmäßig gestaltet sein. Es kann aber auf Grund von Designvorgaben notwendig sein, eine Leiterbahn abzusetzen, also ihre Breite zu verringern (Querschnittsreduktion), damit sie zwischen abgegrenzten Bereichen, beispielsweise zwei durchkontaktierten Bohrungen, hindurch geführt werden kann. Das Absetzen der Leiterbahnbreite, wie in Bild 10-1 gezeigt, kann auch als Verstärkung interpretiert werden. Vom Fertigungsstandpunkt aus ist es ungünstig, eine einzige dünne Leiterbahnbreite auf der gesamten Leiterplatte zu haben statt einer dicken Leiterbahn, die manchmal eingeschnürt wird. Die breitere Leiterbahn ist im Verhältnis zur absoluten Leiterbahnbreite weniger anfällig gegenüber Kantendefekten als eine schmale Leiterbahn.

Auf keinen Fall dürfen durch das Verändern der Leiterbahnbreite irgendwelche definierten Designvorgaben am Ort der Querschnittsreduktion (Absetzen) verletzt werden.

10.1.2 Elektrische Isolationsabstände Die elektrischen Isolationsabstände sind auf alle Komplexitätsgrade eines Designs (A, B, C) und Zuverlässigkeitsklassen (1, 2, 3) anwendbar. Leitende Markierungen dürfen die Leiterbahn auf einer Seite berühren, wobei der Mindestabstand zwischen dieser Markierung und den angrenzenden Leiterbahnen aber eingehalten werden **muss** (siehe Tabelle 6-1).

Um die in der Fertigungszeichnung geforderten Leiterabstände einhalten zu können, müssen eventuell die Abstandsweiten im Fertigungsfilm (Druckwerkzeug), entsprechend den Prozessabweichungen wie in Kapitel 10.1.1 definiert, angepasst werden. Durchkontaktierte Bohrungen, die durch Innenlagen (Spannungs- und Masselagen) und Lagen zur Wärmeabfuhr führen, **müssen** die gleichen Mindestabstände zwischen den durchkontaktierten Bohrungen und den Folienlagen oder Masselagen einhalten, wie sie auch zwischen den inneren Leiterbahnen vorgeschrieben sind (siehe 10.1.4). Für weitere Informationen bezüglich der elektrischen Isolationsabstände sei auf Kapitel 6.3 verwiesen.

10.1.3 Leiterbahnführung Die Länge einer Leiterbahn zwischen zwei beliebigen Anschlussflächen sollte so kurz als möglich realisiert werden. Gerade Leiterbahnen, die in X-, Y-Richtung oder unter 45° verlaufen, sollten bevorzugt werden, um die computergestützte Dokumentation für mechanisierte oder automatisierte Layoutvorgänge zu unterstützen. Sämtliche Leiterbahnen, die Richtungsänderungen mit Winkeln kleiner als 90° aufweisen, sollten abgerundete oder angefasste innere und äußere Ecken besitzen.

Bei bestimmten High-Speed-Anwendungen können spezielle Regeln für das Routen Verwendung finden. Ein typisches Beispiel ist das serielle Routen zwischen einer Signalquelle, Lasten und den Abschlusswiderständen. Leitungsverzweigungen (Endabschnitte) können ebenso speziellen Kriterien unterliegen.