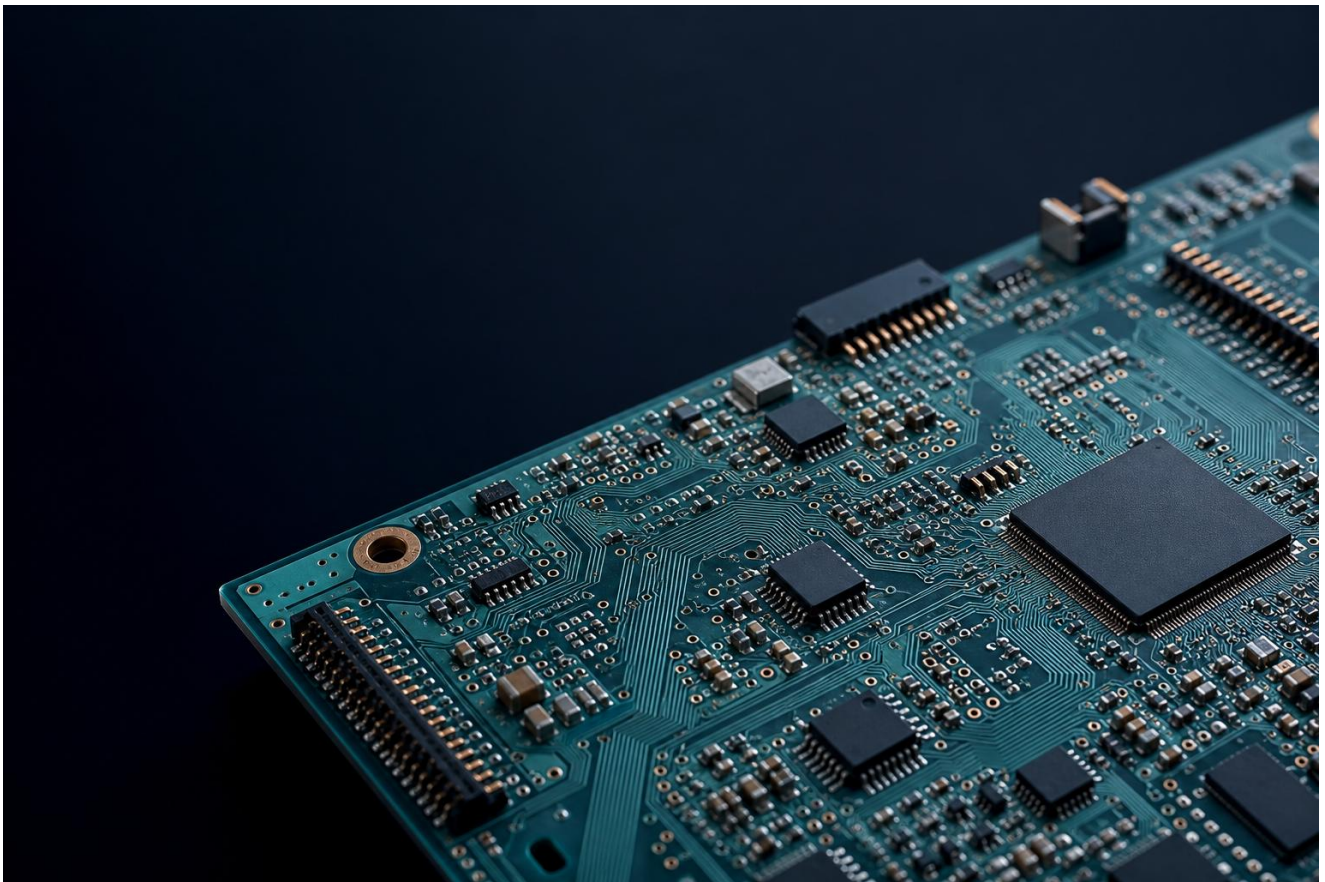


PCB DESIGN MANUAL

Fertigungsgerechte Leiterplatten entwickeln - Design Rules, DFM und Partnerfähigkeiten



ENGINEERING BASELINE Technische Planungsbasis für starre Leiterplatten, Multilayer und HDI. Capability-Basis: strategischer Fertigungspartner, Revision Februar 2026.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1. Leiterplatten-Designregeln richtig anwenden	3
Die EYTRA Planungslogik.....	3
Begriffe, die nicht verwechselt werden dürfen	3
Elektrische Sicherheitsabstände sind keine Fertigungsabstände	3
Stromtragfähigkeit und thermisches Design	3
2. Leiterbahnbreite, Leiterabstand und Kupferdicke	4
Innenlagen - Leiterbahn / Leiterabstand	4
Außenlagen - Leiterbahn / Leiterabstand	4
Ätztoleranz und Registrierung.....	5
3. Bohrungen, PTH, NPTH und Schlitzte	6
Montage-, Fang- und Einpressbohrungen	7
4. Vias, Pads und Restringe	7
Bohr-Aspektverhältnis (Aspect Ratio)	8
5. HDI-Leiterplatten, Microvias und Via Filling.....	9
Via Protection und IPC-4761	10
6. Lötstopplack, Bestückungsdruck und Kennzeichnung	11
SMD und BGA	12
7. Kontur, V-Cut, Fräsen und mechanische Toleranzen	12
Leiterplattendicke und Wölbung	14
8. Stackup, kontrollierte Impedanz und Materialien.....	15
Fertigungsbasis.....	15
Stackup-Freigabe in vier Schritten	17
Material- und Zuverlässigkeitsdaten für die Spezifikation	17
9. Oberflächen und Sonderprozesse	17
Mechanische und additive Zusatzprozesse zusammengefasst.....	18
10. Prüfung, Qualität und Abnahmekriterien	19
11. Branchenspezifische PCB-Design-Checks	20
12. DFM-Prüfung und vollständiges PCB-Datenpaket	21
EYTRA Engineering Check.....	22

PCB DESIGN RULES

1. Leiterplatten-Designregeln richtig anwenden

Eine minimale Geometrie ist keine universelle Designregel. Herstellbarkeit entsteht aus dem Zusammenspiel von Basiskupfer, Endkupfer, Lagenart, Bildübertragung, Ätzprozess, Bohrdurchmesser, Leiterplattendicke, Lötstopmmaske, Oberfläche und Prüfkonzept.

Die EVYTRA Planungslogik

1. Zuerst Funktion und Lebensdauer definieren: elektrische, thermische, mechanische und normative Anforderungen.
2. Dann Materialfamilie, Lagenzahl, Ziel-Enddicke, Basiskupfer und kontrollierte Impedanzen festlegen.
3. Anschließend Layoutregeln auf den realen Partnerprozess abstimmen - Innen- und Außenlagen getrennt.
4. Vor dem Layout-Freeze DFM, Stackup, Bohrpaaungen, Kupferbalance und Toleranzbezüge freigeben.

PRAXISREGEL Grenzwerte nur dort einsetzen, wo Bauraum oder Funktion sie wirklich erfordern. Jeder zusätzliche Sonderparameter reduziert Prozessreserve, Lieferantenbreite und oft auch die wirtschaftliche Wiederholbarkeit.

Begriffe, die nicht verwechselt werden dürfen

Begriff	Bedeutung
Basiskupfer	Kupferfolie bzw. Kupfer vor dem späteren galvanischen Aufbau
Endkupfer	Kupferdicke am fertigen Produkt; auf Außenlagen häufig Basiskupfer plus galvanischer Aufbau
Layout-Nennmaß vor CAM-Kompensation	CAD-/Gerber-Geometrie vor CAM-Kompensation
Kompensation	fertigungsseitige Anpassung für Ätz- und Prozessverluste
Restring (Annular Ring)	radiale Kupferbreite zwischen Lochkante und Padkante nach Fertigungs- und Registriereinflüssen
Serienstandard	stabiler, wiederholbarer Bereich gemäß Partnerangabe
Technologiegrenze	technisches Limit mit zusätzlicher Prüfung, Risiko und möglicher Kostenwirkung

Elektrische Sicherheitsabstände sind keine Fertigungsabstände

Ein fertigungstechnischer Mindestabstand ersetzt keine elektrische Luft- oder Kriechstreckenberechnung. Sicherheitsabstände hängen unter anderem von Arbeitsspannung, Überspannungskategorie, Verschmutzungsgrad, Materialgruppe/CTI, Beschichtung und Einsatzhöhe ab. Für Niederspannungssysteme ist die anwendbare Produktnorm zusammen mit IEC 60664-1:2020+AMD1:2025 zu prüfen.

HIGH VOLTAGE Die in der Partner-Capability genannte minimale Isolation von 0,25 mm beschreibt Herstellbarkeit, nicht automatisch elektrische Sicherheit. Netz- und Hochspannungsabstände müssen separat berechnet, dokumentiert und verifiziert werden.

Stromtragfähigkeit und thermisches Design

Leiterstrom wird nicht allein durch Kupferdicke bestimmt. Leiterbreite, Lage, Umgebung, Temperaturanstieg, Kupferflächen, Vias, Basismaterial und Verlustleistung wirken zusammen. IPC-2152 kann als technische Orientierung dienen; die Revisionstabelle führt das Dokument als nicht mehr gepflegt. Kritische Power-Designs benötigen deshalb eine projektbezogene thermische Bewertung.

LEITERBILD

2. Leiterbahnbreite, Leiterabstand und Kupferdicke

FERTIGBARKEITSHINWEIS EYTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Die folgenden Werte geben die in der Partner-Capability ausgewiesene Fertigungswerte für das Layout-Nennmaß vor CAM-Kompensation an. Sie gelten nicht automatisch für jede Materialkombination, Oberfläche, Endkupferanforderung oder Impedanzgeometrie. Für Serienlayouts sollte zusätzliche Reserve eingeplant werden.

Innenlagen - Leiterbahn / Leiterabstand

Basiskupfer innen	Serienstandard	Technologiegrenze	EYTRA Designregel
18 µm	75 / 75 µm	75 / 75 µm	≥ 100 / 100 µm
35 µm	100 / 100 µm	100 / 100 µm	≥ 125 / 125 µm
70 µm	150 / 160 µm	150 / 160 µm	≥ 175 / 175 µm
105 µm*	200 / 220 µm	200 / 220 µm	≥ 225 / 250 µm
140 µm*	250 / 260 µm	250 / 260 µm	≥ 275 / 300 µm
175 µm*	300 / 330 µm	300 / 330 µm	≥ 350 / 400 µm
210 µm*	300 / 400 µm	300 / 400 µm	≥ 400 / 450 µm

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

* Sonderkerne: lange Beschaffungszeit, volatile Preise und begrenzte Kapazität sind in der Partner-Capability ausdrücklich vermerkt.

Außenlagen - Leiterbahn / Leiterabstand

Basiskupfer außen	Serienstandard (Layout-Nennmaß)	EYTRA Designregel
≤ 18 µm / 0,5 oz	75 / 100 µm	≥ 100 / 125 µm
35 µm / 1 oz	127 / 160 µm	≥ 150 / 175 µm
70 µm / 2 oz	200 / 220 µm	≥ 225 / 250 µm
105 µm / 3 oz	250 / 260 µm	≥ 275 / 300 µm
140 µm / 4 oz	300 / 310 µm	≥ 350 / 350 µm
175 µm / 5 oz	350 / 360 µm	≥ 400 / 400 µm

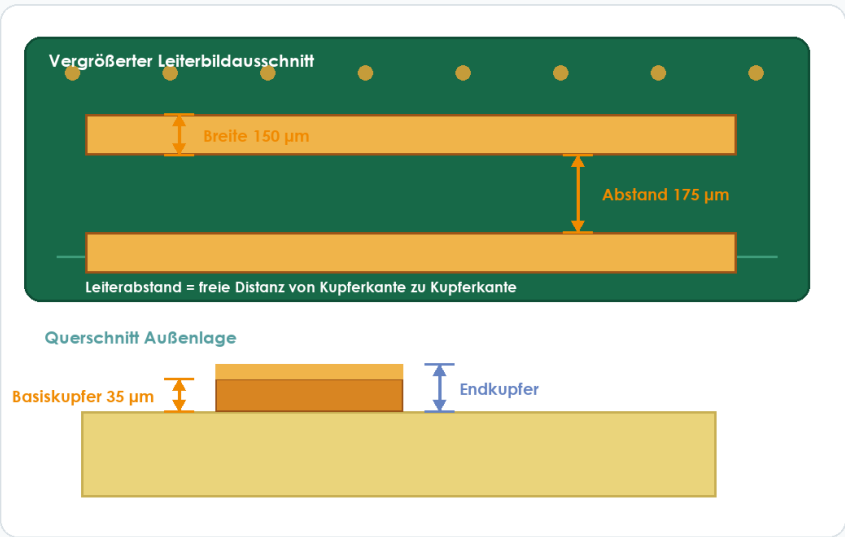
EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

WICHTIG Für 210 µm Außenlagen enthält die Partner-Capability keinen freigegebenen Serienwert. Diese Option darf nicht aus den Innenlagenwerten abgeleitet werden.

MESSKARTE 01

Leiterbahnbreite, Leiterabstand und Kupferdicke

Leiterzüge im vergrößerten Leiterbild eindeutig von Pads unterscheiden



MESSBEZUG
Leiterbahnbreite immer senkrecht zum Leiterzug messen. Leiterabstand ist die freie Kante-zu-Kante-Distanz zwischen zwei Kupferstrukturen.

BEISPIEL
Außenlage mit 35 µm Basiskupfer: EVYTRA Designregel 150 µm Leiterbahnbreite und 175 µm Leiterabstand.

WICHTIG
Tabellenwerte beziehen sich auf das Layout-Nennmaß vor CAM-Kompensation und auf Basiskupfer. Endkupfer separat im Stackup festlegen.

Messkarte 01: Leiterbahnbreite, Leiterabstand sowie Basis- und Endkupfer mit Beispielmaßen.

Ätztoleranz und Registrierung

Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze
Ätztoleranz Innenlage	± 20 %	± 10 %
Ätztoleranz Außenlage	± 15 %	± 10 %
Lagenregistrierung	max. 0,10 mm	max. 0,075 mm
Außenlagen-Leiterbild zu Bohrung	± 0,05 mm	± 0,05 mm
Leiterbild zu Leiterbild	± 0,05 mm	± 0,03 mm

EVYTRA LIEFERANTENNETZWERK EVYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

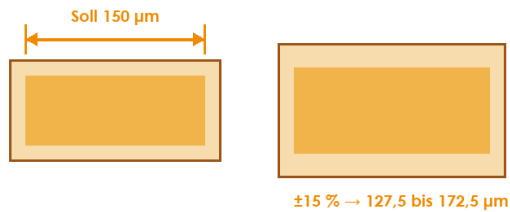


MESSKARTE 02

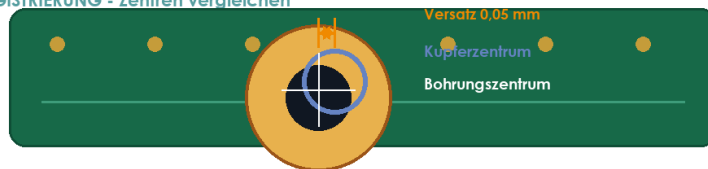
Ätztoleranz und Registrierung

Sollmaß, zulässige Breitenänderung und Lagenversatz getrennt beurteilen

ÄTZTOLERANZ - Beispiel Außenlage



REGISTRIERUNG - Zentren vergleichen



SO LESEN SIE DAS BILD

Ätztoleranz beschreibt die mögliche Maßänderung des Leiterbilds. Registrierung beschreibt den Versatz zweier Bezugsmittelpunkte.

BEISPIEL

150 µm mit $\pm 15\%$ ergibt 127,5-172,5 µm. Außenlage zu Bohrung: Serienstandard $\pm 0,05$ mm.

WICHTIG

Toleranzen sind keine zusätzlichen Designabstände. Sie gehören in die Toleranzkette des konkreten Merkmals.

Messkarte 02: Ätztoleranz und Registrierversatz mit getrennten Bezugspunkten.

DESIGN-TIPP Kupfer möglichst symmetrisch über Lagen und Nutzen verteilen. Hohe lokale Kupferdifferenzen erhöhen das Risiko von Harzarmut, Dickenschwankung, Wölbung und Verwindung.

MECHANICAL DRILLING

3. Bohrungen, PTH, NPTH und Schlitz

FERTIGBARKEITSHINWEIS EYVTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Werkzeugdurchmesser und fertiger Lochdurchmesser sind nicht identisch. Bei metallisierten Bohrungen reduzieren Kupfer und Oberflächenaufbau den Enddurchmesser. Die Fertigungszeichnung muss daher Endloch, Toleranz, Metallisierung und Funktion eindeutig nennen.

Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze	Planungshinweis
Mechanischer Bohrer	0,15 bis 6,50 mm	0,15 bis 6,50 mm	Werkzeugdurchmesser, nicht Endlochdurchmesser
PTH-Endlochtoleranz	$\pm 0,075$ mm	$\pm 0,050$ mm	Pressfit separat spezifizieren
NPTH-Endlochtoleranz	$\pm 0,050$ mm	$\pm 0,030$ mm	Messmethode und Bezug klären
Bohrposition	$\pm 0,075$ mm	$\pm 0,050$ mm	Registrierkette beachten
Bohrwand-Rauheit	max. 50 µm	max. 30 µm	für Zuverlässigkeit relevant
Geboghrter Schlitz	min. 0,50 mm	min. 0,50 mm	Breite ist werkzeugabhängig
Schlitzposition	$\pm 0,10$ mm	$\pm 0,075$ mm	PTH/NPTH kennzeichnen
Bohrungsabstand, verschiedene Netze	$\geq 0,60$ mm	$\geq 0,50$ mm	Lochkante zu Lochkante

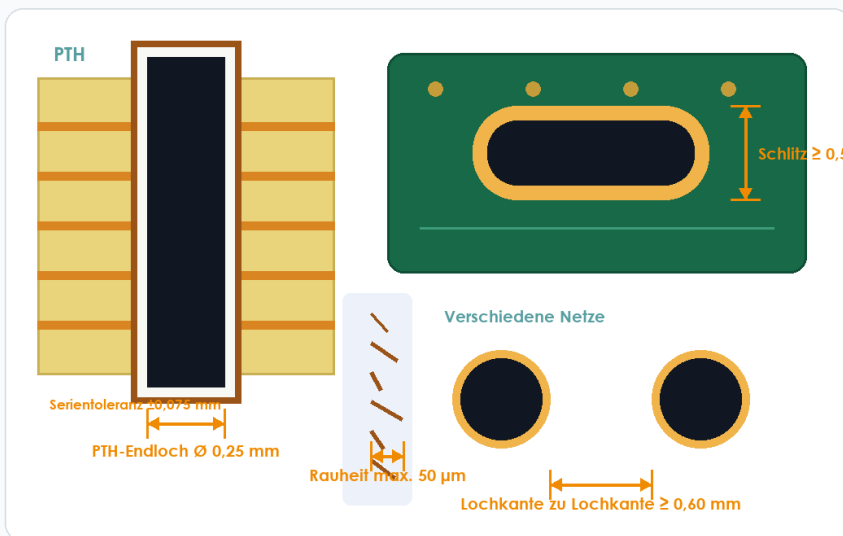
Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze	Planungshinweis
Bohrungsabstand, gleiches Netz	$\geq 0,15 \text{ mm}$	$\geq 0,10 \text{ mm}$	thermisch/prozessual prüfen

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 03

Bohrwerkzeug, Endloch, Schlitz und Bohrungsabstand

Werkzeugmaß und fertiges Funktionsmaß eindeutig auseinanderhalten

**SO LESEN SIE DAS BILD**

Der PTH-Endlochdurchmesser wird nach der Metallisierung gemessen. Schlitzbreite und Bohrungsabstand beziehen sich auf die fertigen Kanten.

BEISPIEL

PTH-Endloch $0,25 \text{ mm}$; Schlitz mindestens $0,50 \text{ mm}$; unterschiedliche Netze mindestens $0,60 \text{ mm}$ Lochwandabstand.

WICHTIG

Bohrwerkzeugdurchmesser und Endlochdurchmesser sind nicht identisch. PTH/NPTH, Endloch, Toleranz und Messbezug in der Fertigungszeichnung angeben.

Messkarte 03: PTH-Endlochdurchmesser, Schlitzbreite, Lochwandabstand und Bohrwand-Rauheit.

Montage-, Fang- und Einpressbohrungen

- Montagebohrungen im Bohrdatensatz eindeutig als NPTH/NDK kennzeichnen.
- Pressfit-Bohrungen mit Endmaß, Toleranzklasse, Kupferanforderung, Oberfläche und Messmethode spezifizieren.
- Bei metallisierten Schlitzten Länge, Breite, Radien, Toleranzen und elektrische Funktion definieren.
- Werkzeugzugang, Ausbruchrisiko und Kupferabstand an Kontur und Innenausschnitten prüfen.

THROUGH VIAS**4. Vias, Pads und Restringe**

FERTIGBARKEITSHINWEIS EYTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Endlochdurchmesser, Bohrwerkzeug, Leiterplattendicke, Pad und Restring bilden ein System. Besonders bei höheren Kupferdicken steigt der erforderliche Restring. Die Partnerangaben beziehen sich auf den Restring nach CAM-Kompensation.

Basiskupfer	Restring / Innenlage Serie	Restring / Außenlage Serie	Innen/Außenlage Limit
$18 \mu\text{m}$	$0,08 \text{ mm}$	$0,125 \text{ mm}$	$0,075 / 0,10 \text{ mm}$

Basiskupfer	Restring / Innenlage Serie	Restring / Außenlage Serie	Innen/Außenlage Limit
35 µm	0,12 mm	0,15 mm	0,10 / 0,125 mm
70 µm	0,15 mm	0,20 mm	0,15 mm
105 µm	0,20 mm*	0,25 mm*	0,20 / 0,25 mm*
140 µm	0,25 mm*	0,30 mm*	0,25 / 0,30 mm*
175 µm	0,30 mm*	0,35 mm*	0,30 / 0,35 mm*
210 µm	0,35 mm*	nicht ausgewiesen	0,35 / nicht ausgewiesen

EVYTRA LIEFERANTENNETZWERK EVYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

* Sonderkupfer; Material- und Kapazitätsfreigabe erforderlich.

ROBUSTE VIA-BASIS Für ein Standard-Multilayer mit 35 µm Außenbasiskupfer: fertiges PTH $\geq 0,25$ mm und Pad $\geq 0,60$ mm als robuster Startwert. Der finale Padwert folgt aus Bohrwerkzeug, gefordertem Restring, Registrierung und Stackup.

Bohr-Aspektverhältnis (Aspect Ratio)

Anwendung	Serienstandard	Technologiegrenze	EVYTRA Designregel
allgemeines mechanisches PTH	12:1	16:1	$\leq 10:1$ planen
Laser-drilled blind vias	1:1	1.25:1	1:1

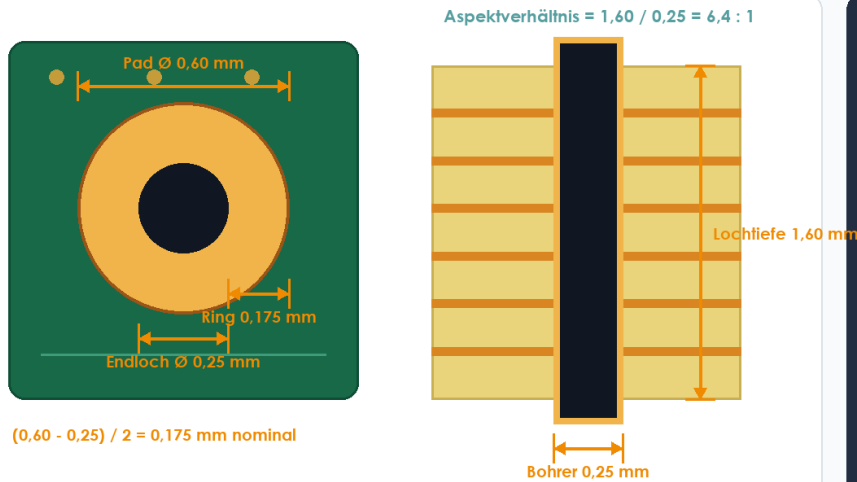
EVYTRA LIEFERANTENNETZWERK EVYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

BERECHNUNG Bohr-Aspektverhältnis = zu metallisierende Lochtiefe / mechanischer Bohrdurchmesser. Bei Blind- und Buried-Vias zählt die jeweilige Verbindungstiefe, nicht automatisch die Gesamtplattendicke.

MESSKARTE 04

Pad, Restring und Bohr-Aspektverhältnis

Nominalgeometrie berechnen - verbleibenden Ring nach Registrierung bewerten



SO LESEN SIE DAS BILD

Der Restring ist die radiale Kupferbreite zwischen Lochkante und Padkante. Aspektverhältnis ist Lochtiefe geteilt durch Bohrdurchmesser.

BEISPIEL

Pad 0,60 mm und Endloch 0,25 mm ergeben nominal 0,175 mm Restring. 1,60/0,25 mm ergibt 6,4:1.

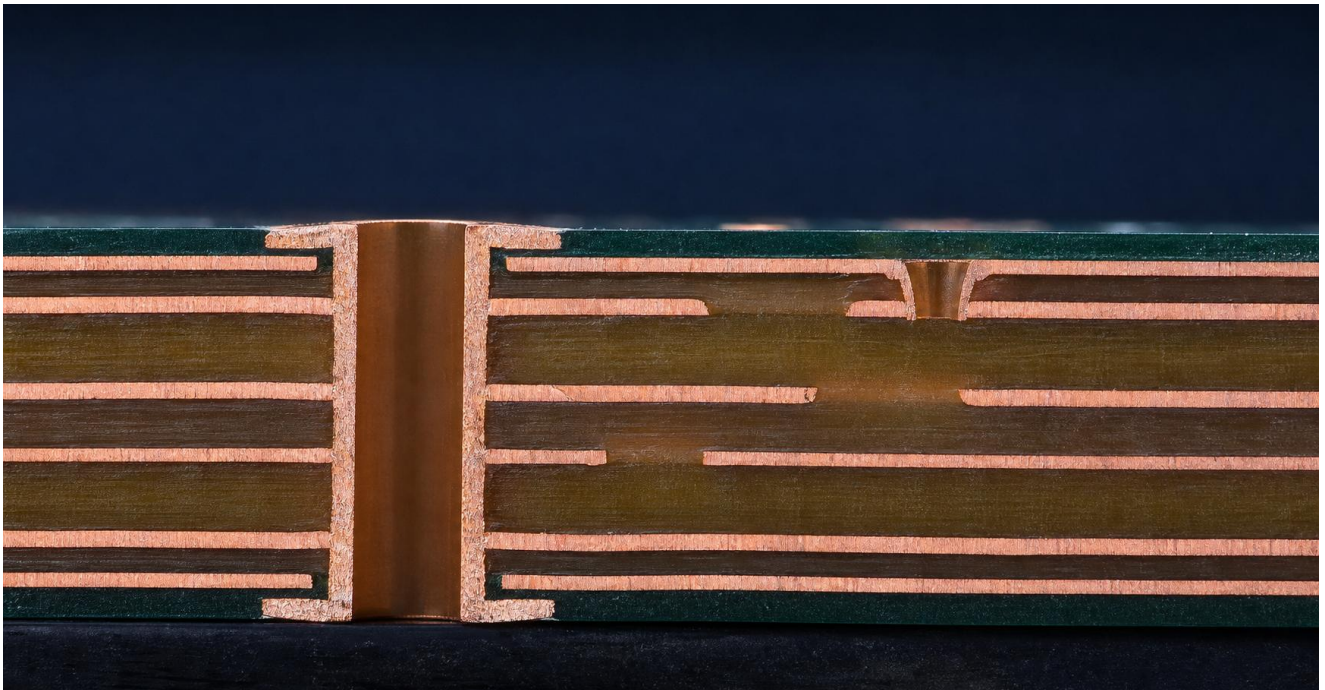
WICHTIG

Der fertige Restring kann durch Bohr- und Lagenversatz kleiner sein. Mechanische PTH vorzugsweise $\leq 10:1$ planen.

Messkarte 04: Pad, Endlochdurchmesser, nominaler Restring und mechanisches Bohr-Aspektverhältnis.

HDI PCB DESIGN

5. HDI-Leiterplatten, Microvias und Via Filling



HDI ist kein einzelner Grenzwert, sondern ein definierter Build-up-Prozess. Laserbohrung, Dielektrikum, Kupferfüllung, Fangpad, Zielpad, Registrierstrategie und Zuverlässigkeitsnachweis müssen gemeinsam freigegeben werden.

HDI-Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze	EVYTRA Designregel
Aufbau	1+N+1; 2+N+2	3+N+3	Serienaufbau bevorzugen
Build-up-Dielektrikum	2-4 mil (51-102 µm)	2-6 mil (51-152 µm)	mit Materialsystem abstimmen

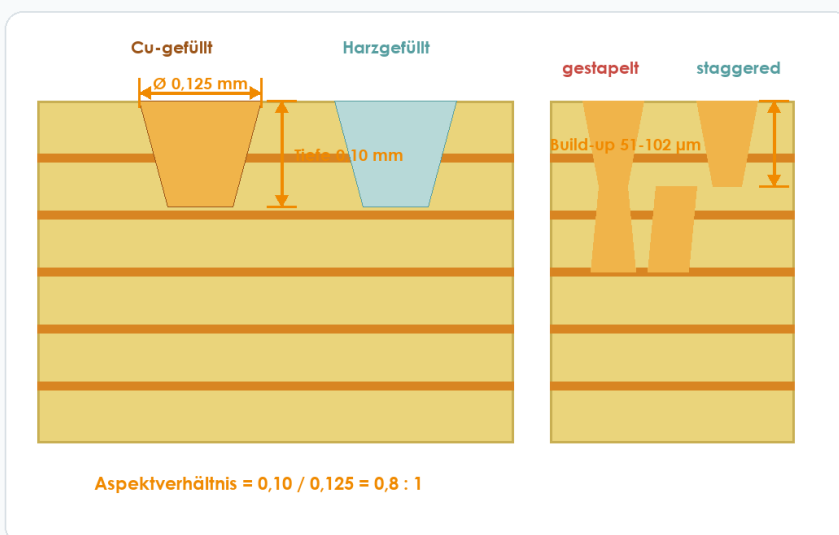
HDI-Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze	EYTRA Designregel
Laser-Microvia, allgemein	0,10-0,20 mm	bis 0,30 mm	0,10 - 0,15 mm bevorzugt
Cu-gefülltes Microvia	4-6 mil (102-152 µm)	4-8 mil; 5-6 mil bevorzugt	5-6 mil anstreben
Microvia-Aspektverhältnis	1:1	1,25:1	≤ 1:1 bevorzugt
L/S ohne Kupferaufbau	3/3 mil (75/75 µm)	3,0/2,8 mil	≥ 100/100 µm wenn möglich
L/S mit Kupferaufbau	3,5/3,5 mil (89/89 µm)	3,0/2,8 mil	≥ 100/100 µm wenn möglich
L/S mit IPC-4761 Type VII	4/4 mil (102/102 µm)	3,5/3,0 mil	≥ 125/125 µm wenn möglich

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 05

HDI-Microvia, Dielektrikum und Via Filling

Laserbohrung, Verbindungstiefe und Füllzustand als gemeinsames System



SO LESEN SIE DAS BILD

Microvia-Durchmesser wird an der Öffnung angegeben; für das Aspektverhältnis zählt die reale Verbindungstiefe im Build-up.

BEISPIEL

Ø 0,125 mm bei 0,10 mm Tiefe ergibt 0,8:1. Serienstandard: 0,10-0,20 mm und Laser-AR 1:1.

WICHTIG

Staggered bevorzugen, wenn möglich. Füllmaterial, Kupferkappe und zulässiger Dimple schriftlich festlegen.

Messkarte 05: Microvia-Durchmesser, Build-up-Tiefe, Laser-Aspektverhältnis sowie gestapelte und versetzte Vias.

ZUVERLÄSSIGKEIT Gestapelte Microvias erhöhen die thermomechanische Belastung der Via-Schnittstellen. Staggered-Strukturen bevorzugen, wenn Bauraum und elektrische Funktion es zulassen. Stack, Füllung, Kupferkappe und Qualifikationscoupon vorab definieren.

Via Protection und IPC-4761

Tenting, Plugging, Filling und Capping sind unterschiedliche Prozesse. Eine Angabe wie „Via filled“ ist nicht eindeutig. In Bestellung und Fertigungszeichnung müssen Typ, Material, Planarisierung, Kupferkappe und zulässiger Dimple festgelegt werden.

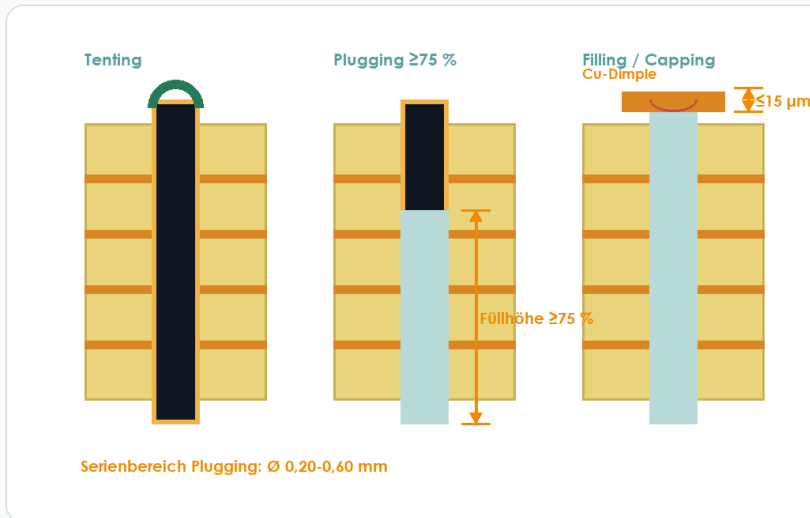
- Partnerbereich für Plugging: Bohrdurchmesser 0,20-0,60 mm.
- Beidseitig Stopplacküberdecktes Plugging: mindestens 75 % gemäß Partnerangabe. (Wenn kein Harzplugging im Verbund mit einem 100%igen Verfüllungsgrad gefordert ist, kann eine sicheres verfüllen mit Stopplack als nicht-leitende Paste erzeugt werden. Dieses ist Prozesssicher und kostengünstig).

- Dimple: Harzfüllung $\leq 76 \mu\text{m}$; kupfergefüllt/überplattet $\leq 15 \mu\text{m}$ gemäß Partner-Capability.

MESSKARTE 15

Via Protection, Füllgrad und Dimple

Tenting, Plugging und Filling nicht mit derselben Spezifikation beschreiben



Messkarte 15: Tenting, Plugging, Filling, Mindestfüllgrad und zulässiger Dimple.

SOLDER MASK & LEGEND

6. Lötstopplack, Bestückungsdruck und Kennzeichnung

FERTIGBARKEITSHINWEIS EVYTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Lötstopplackfreistellung und Lötstopplacksteg müssen Registrierreserve, Stopplackfarbe, Oberflächenfinish und Padgeometrie berücksichtigen. Der Lötstopplacksteg ist die verbleibende Lötstopplackbreite zwischen zwei benachbarten Öffnungen. Automatisch erzeugte Freistellungen dürfen Solder-Mask-Defined Pads nicht unbeabsichtigt verändern.

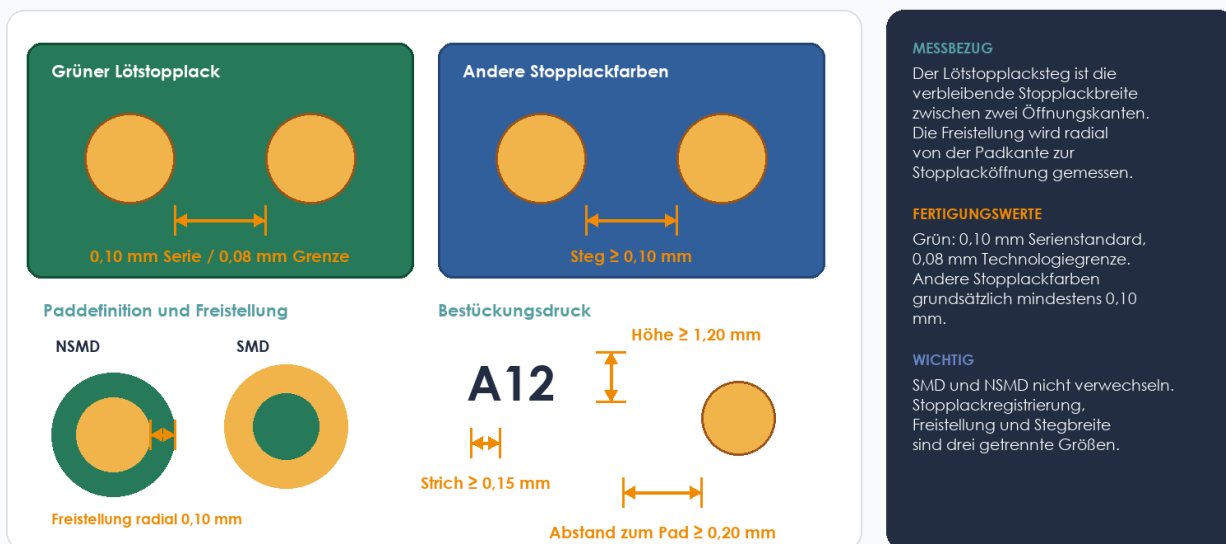
Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze	EVYTRA Designregel
Lötstopplack-Registrierung	$\pm 0,050 \text{ mm}$	$\pm 0,035 \text{ mm}$	Freistellung radial $0,075-0,10 \text{ mm}$; $0,05 \text{ mm}$ nur nach DFM
Lötstopplacksteg, grün	$\geq 0,10 \text{ mm}$	$\geq 0,08 \text{ mm}$	$\geq 0,10 \text{ mm}$
Lötstopplacksteg, andere Farben	$\geq 0,10 \text{ mm}$	$\geq 0,10 \text{ mm}$	$\geq 0,12 \text{ mm}$; bei kritischem Pitch vorab freigeben
Lötstopplackdicke bei $35 \mu\text{m Cu}$	auf Cu $\geq 10 \mu\text{m}$; Leiterkante $\geq 5 \mu\text{m}$	nicht separat ausgewiesen	projektspezifisch
Negativschrift in Lötstopplackmaske	Höhe $\geq 1,0 \text{ mm}$; Strich $\geq 0,15 \text{ mm}$	wie Serienstandard	nur gezielt einsetzen
Bestückungsdruck: Schrifthöhe	$\geq 0,80 \text{ mm}$	$\geq 0,80 \text{ mm}$	$\geq 1,20 \text{ mm}$ bevorzugt
Bestückungsdruck: Strichbreite	$\geq 0,12 \text{ mm}$	$\geq 0,10 \text{ mm}$	$\geq 0,15 \text{ mm}$ bevorzugt
Bestückungsdruck-Abstand zum Pad	$\geq 0,20 \text{ mm}$	$\geq 0,15 \text{ mm}$	$\geq 0,20 \text{ mm}$

EVYTRA LIEFERANTENNETZWERK EVYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 06

Lötstopplacksteg, Freistellung und Bestückungsdruck

Stopplacköffnung, verbleibenden Steg und Druckgeometrie getrennt bemaßen



Messkarte 06: Lötstopplackfreistellung, Lötstopplacksteg, SMD/NSMD und Bestückungsdruck.

DATENREGEL Vektorschrift verwenden, Texte in die Ausgabe einbetten und vor Freigabe Referenzbezeichner, Polarität, Pin 1, Warnhinweise sowie Datamatrix-/Loskennzeichnung auf Lesbarkeit prüfen.

SMD und BGA

- Solder-Mask-Defined (SMD) und Non-Solder-Mask-Defined (NSMD) Pads eindeutig kennzeichnen.
- Bei feinem BGA-Pitch Lötstopplackstege, Via-in-Pad, Füllprozess und Bestückprozess gemeinsam bewerten.
- Keine Bestückungsdruckelemente auf freiliegenden Pads oder in Lötstopplacköffnungen platzieren.

PCB MECHANICS

7. Kontur, V-Cut, Fräsen und mechanische Toleranzen

FERTIGBARKEITSHINWEIS EVYTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Merkmal	Serienstandard	Planungshinweis
Konturtoleranz	$\pm 0,10$ mm	Bezug und Messzustand definieren
Minimaler Innenradius Fräsung	0,40 mm	entspricht Werkzeugradius
Kupfer zur Fräskontur innen	$\geq 0,25$ mm	zur fertigen Kante
Kupfer zur Fräskontur außen	$\geq 0,20$ mm	zur fertigen Kante
V-Cut-fähige Dicke	0,50-3,20 mm	Je nach Nutzengröße

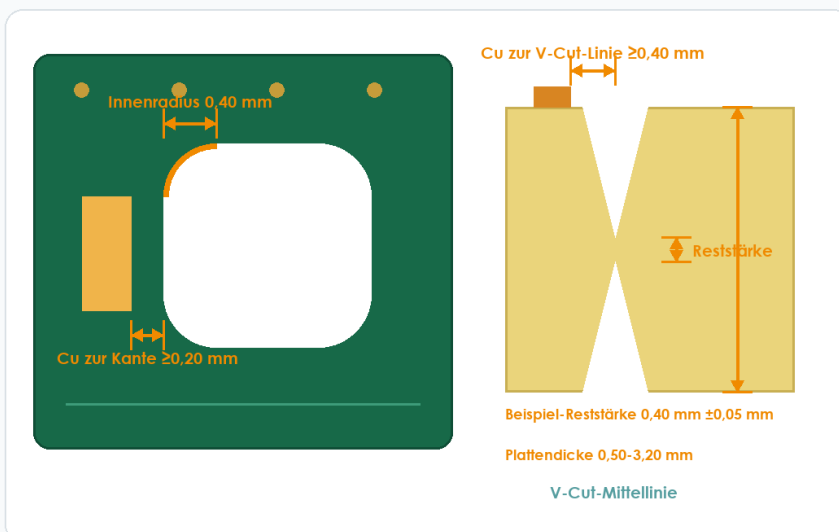
Merkmal	Serienstandard	Planungshinweis
V-Cut Reststärkentoleranz	$\pm 0,05 \text{ mm}$	Sollreststärke angeben
V-Cut zu Fräslinie	$\pm 0,15 \text{ mm}$	Toleranzkette im Nutzen
V-Cut zu Bohrung	$\pm 0,125 \text{ mm}$	kritische Merkmale freistellen
V-Cut zu V-Cut	$\pm 0,10 \text{ mm}$	Nutzenmaß beachten
Kupfer zur V-Cut-Linie	$\geq 0,40 \text{ mm}$	mechanische Belastung beim Trennen
Backdrill Reststub	75-100 μm	Detaillierte Prüfung des Projektes notwendig

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 07

Fräskontur, Innenradius und V-Cut

Alle Abstände auf die fertige Kante beziehungsweise Nut-Mittellinie beziehen



SO LESEN SIE DAS BILD

Konturabstände gelten zur fertigen Fräskante. Beim V-Cut wird zur Nut-Mittellinie und zur spezifizierten Reststärke gemessen.

BEISPIEL

Außenkupfer $\geq 0,20 \text{ mm}$ zur Fräskante; Innenradius $0,40 \text{ mm}$; Kupfer $\geq 0,40 \text{ mm}$ zur V-Cut-Linie.

WICHTIG

Die Reststärke $0,40 \text{ mm}$ ist ein Beispiel-Sollmaß; der Auftrag muss sein eigenes Sollmaß nennen. Toleranz Partner $\pm 0,05 \text{ mm}$.

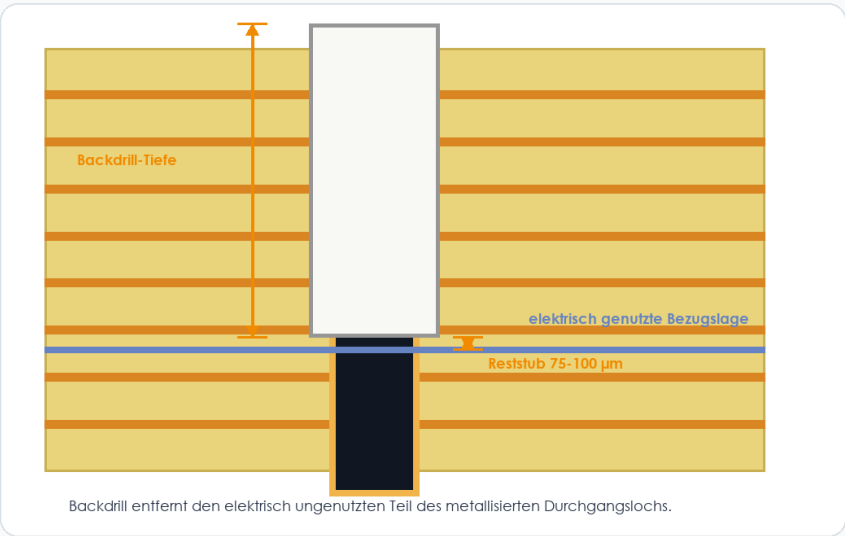
Messkarte 07: Kupferabstand zur Fräskontur, Innenradius, V-Cut-Abstand und beispielhafte Reststärke.

BACKDRILL Der in der Partner-Capability genannte Reststub von 75-100 μm ist anspruchsvoll und darf nicht pauschal zugesagt werden. Bezugslage, Bohrtiefentoleranz, Kupferdicken, Messmethode und Coupon müssen projektbezogen bestätigt sein.

MESSKARTE 08

Backdrill und verbleibender Stub

Bohrtiefe immer auf eine definierte Bezugslage und den Reststub beziehen



SO LESEN SIE DAS BILD

Der Stub ist die verbleibende leitfähige Länge zwischen Backdrill-Ende und der elektrisch genutzten Bezugslage.

PARTNERANGABE

Die Partner-Capability nennt 75-100 µm Reststub. Dieser Wert ist anspruchsvoll und keine pauschale Standardzusage.

WICHTIG

Stackup, Bezugslage, Toleranz, Kupferaufbau, Messmethode und Coupon vor Freigabe schriftlich bestätigen.

Messkarte 08: Backdrill-Tiefe, elektrisch genutzte Bezugslage und verbleibender Reststub.

Leiterplattendicke und Wölbung

Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze
Enddicke	0,40-3,20 mm	0,30-4,00 mm
HASL Minstdicke	0,80 mm	0,80 mm
Dickentoleranz ≥ 1,0 mm	± 10 %	± 10 %
Dickentoleranz < 1,0 mm	± 0,10 mm	± 0,10 mm
Wölbung / Verwindung	≤ 0,75 %	≤ 0,50 %

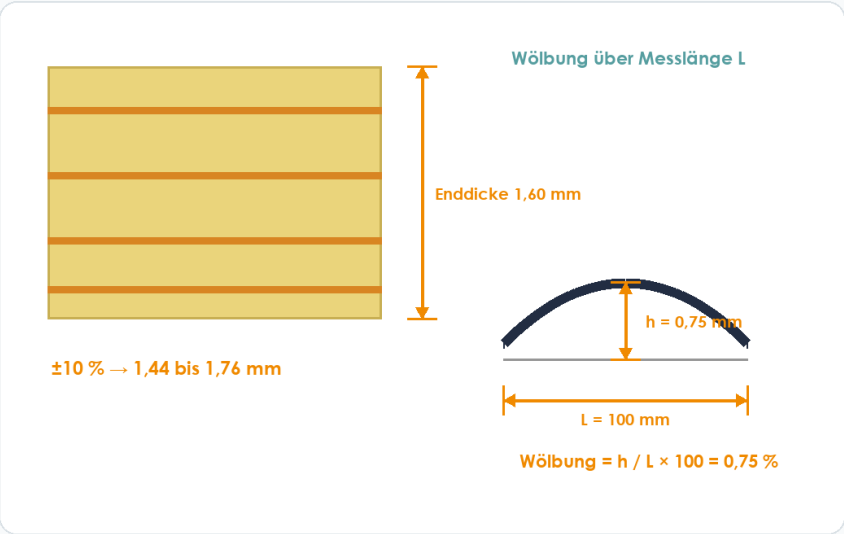
EVYTRA LIEFERANTENNETZWERK EVYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.



MESSKARTE 09

Leiterplattendicke, Toleranz und Wölbung

Dickenbereich und Ebenheitsabweichung mit klarer Bezugsstrecke angeben



SO LESEN SIE DAS BILD
Dicke wird zwischen fertigen Außenflächen gemessen. Wölbung ist maximale Abweichung h geteilt durch Messlänge L.

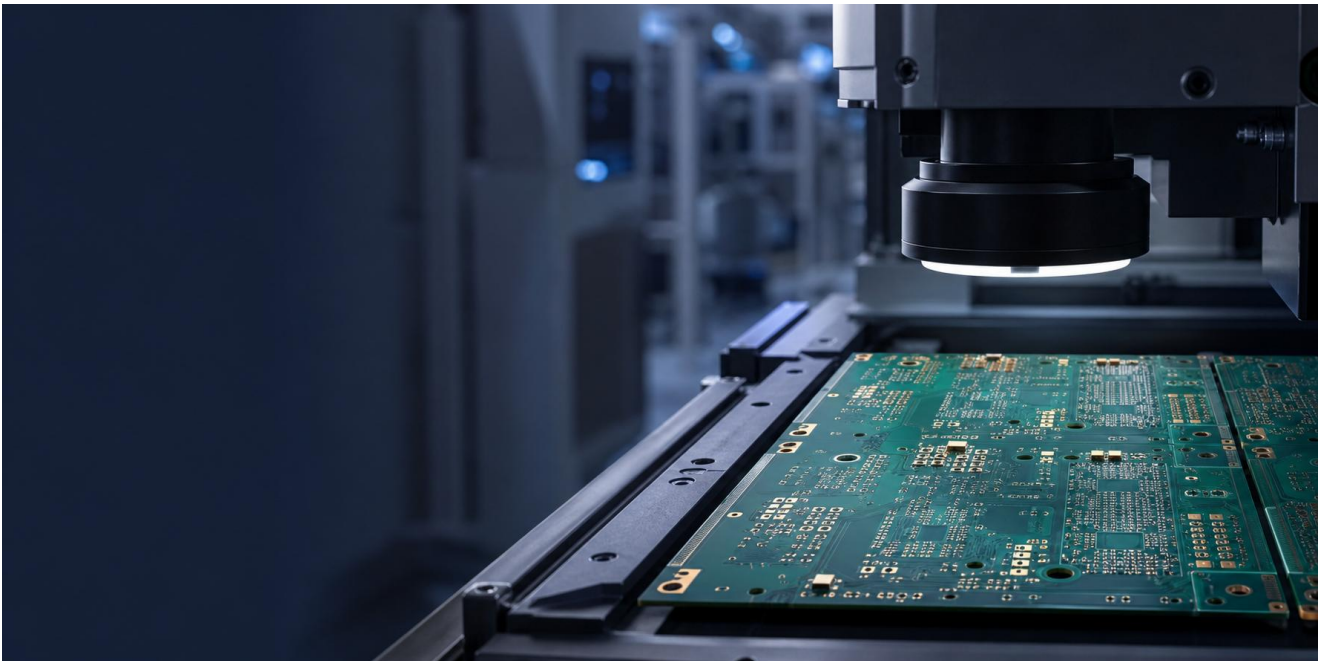
BEISPIEL
1,60 mm bei ±10 % ergibt 1,44-1,76 mm. 0,75 mm über 100 mm entspricht 0,75 %.

WICHTIG
Serienbereich 0,40-3,20 mm. Die Partner-Capability nennt ≤0,75 % im Serienstandard und ≤0,50 % als Technologiegrenze.

Messkarte 09: Enddicke, Dickentoleranz und Berechnung der Wölbung über eine definierte Messlänge.

CONTROLLED IMPEDANCE PCB

8. Stackup, kontrollierte Impedanz und Materialien



Ein freigegebener Lagenaufbau ist die Basis für kontrollierte Impedanz, Signalintegrität, Stromtragfähigkeit, thermische Robustheit und reproduzierbare Beschaffung. Impedanzgeometrien dürfen nicht allein aus generischen Online-Rechnern freigegeben werden.

Fertigungsbasis

Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze
Lagenzahl	2-24	2-32
Minimale Kerndicke	0,10 mm	0,05 mm



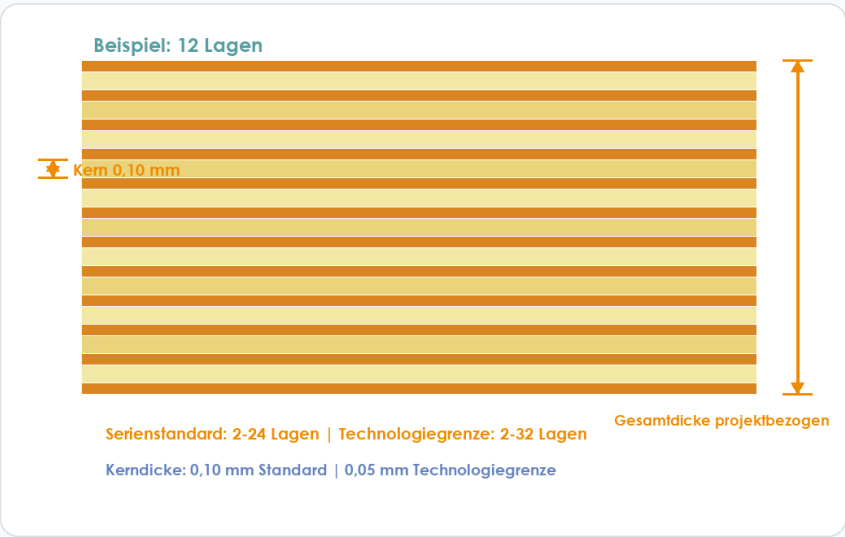
Merkmal	Serienstandard	Technologiegrenze
Impedanztoleranz Single-ended	$\pm 10 \%$	nicht enger ausgewiesen
Impedanztoleranz Differential	$\pm 10 \%$	nicht enger ausgewiesen

EVYTRA LIEFERANTENNETZWERK EVYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 14

Lagenzahl und minimale Kerndicke

Layer Count und physische Kerndicke im freizugebenden Stackup unterscheiden



SO LESEN SIE DAS BILD
Lagenzahl zählt Kupferlagen. Kerndicke ist die Dielektrikumsdicke eines vollständig ausgehärteten Cores.

FERTIGUNGSWERTE
Serienstandard 2-24 Lagen und 0,10 mm Mindestkerndicke; Technologiegrenze 2-32 Lagen und 0,05 mm.

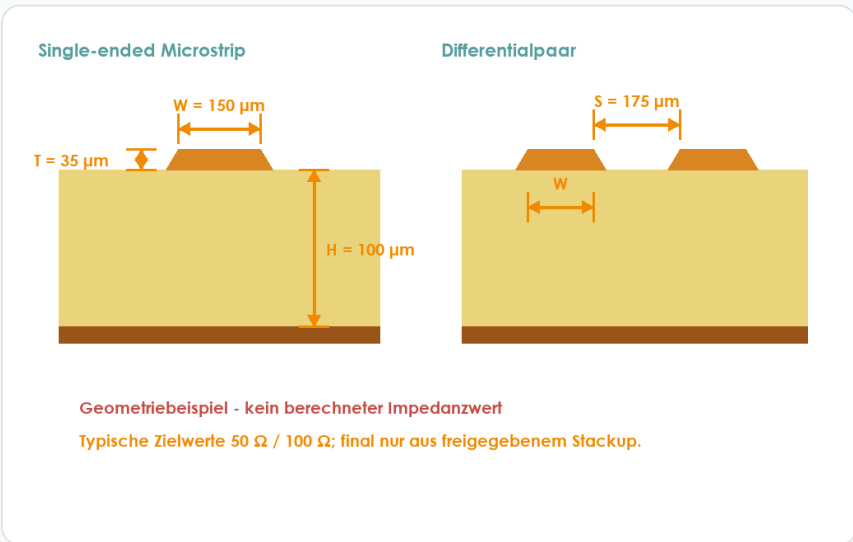
WICHTIG
Minimale Kerndicke, maximale Lagenzahl und andere Grenzwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar.

Messkarte 14: Lagenzahl und minimale Kerndicke in einem freizugebenden Stackup.

MESSKARTE 10

Stackup und kontrollierte Impedanz

Leitergeometrie, Dielektrikum und Referenzlage gemeinsam spezifizieren



SO LESEN SIE DAS BILD
W = Leiterbreite, S = Paarabstand, H = Dielektrikumsdicke zur Referenzlage, T = Endkupfer.

BEISPIEL
Typische Zielwerte sind 50 Ω single-ended und 100 Ω differentiell. Die Partner-Capability weist $\pm 10 \%$ Toleranz aus.

WICHTIG
Werte nicht aus Online-Rechnern übernehmen. Material-Dk/Df, Kupferrauheit, Maske, Coupon und Frequenz mit dem Hersteller freigeben.

Messkarte 10: Leiterbreite, Paarabstand, Dielektrikumsdicke und Endkupfer für kontrollierte Impedanz.



KEINE AUTOMATISCHE $\pm 5\%$ -AUSSAGE Eine Impedanztoleranz von $\pm 5\%$ ist in der Partner-Capability nicht als Serien- oder Technologiegrenze ausgewiesen. Sie bleibt eine projektbezogene Anfrage mit Stackup-, Coupon- und Messfreigabe.

Stackup-Freigabe in vier Schritten

1. Anforderungen: Enddicke, Lagenzahl, Lagenfunktion, Basiskupfer, Endkupfer, Impedanz, Spannung und Materialklasse erfassen.
2. Fertigungsentwurf: verfügbare Kerne/Prepregs, Harzgehalt, Glasgewebe, Kupferaufbau und Zieldicken festlegen.
3. Layout-Rückgabe: freigegebene Breiten, Abstände, Referenzlagen und Coupongeometrien in das CAD-System übernehmen.
4. DFM/Freigabe: Stackup, Bohrpaarungen, Kupferbalance, Toleranzen und Materialalternativen dokumentieren.

Material- und Zuverlässigkeitsdaten für die Spezifikation

Materialkennwerte sind nur zusammen mit Prüfverfahren, Frequenz, Konditionierung und Materialdicke eindeutig. Bei Impedanz- und High-Speed-Designs müssen insbesondere Design-Dk, Df und das verwendete Kupferrauheitsmodell zum Rechenmodell des Fertigungspartners passen.

Prüfbereich	Projektbezogen festzulegen
Signalintegrität / elektrisch	Design-Dk und Df mit Frequenz und Prüfverfahren, Kupferrauheit, Impedanzziel und -toleranz, Einfügedämpfung
Thermisch / thermomechanisch	Tg und Messmethode, Td, T260/T288, Z-Achsen-CTE, Einsatztemperatur, Reflowprofil und Anzahl der Reflows
Aufbau / mechanisch	Enddicke und Toleranz, Lagenaufbau, Kupfersymmetrie, Harzgehalt, Bohr-, Fräs- und gegebenenfalls Biegeradiusanforderungen
Zuverlässigkeit / Umgebung	CAF-Anforderung, Feuchtebeständigkeit, Isolationswiderstand, ionische Reinheit sowie Temperatur- und Feuchtezyklen
Compliance / Beschaffung	CTI, UL File und Flammklasse, Halogenfreiheit, RoHS/REACH, Materialfamilie, freigegebene Alternativen, Verfügbarkeit und MOQ

SONDERMATERIALIEN Für Rogers-/PTFE-Hybride, Metal-Core-Leiterplatten, Rigid-Flex und weitere Sonderaufbauten gelten keine pauschalen Grenzwerte aus diesem Manual. Materialsystem, Lagenaufbau, Prozesskette und Prüfplan sind projektbezogen mit einem geeigneten Fertigungspartner festzulegen.

PCB SURFACE FINISH

9. Oberflächen und Sonderprozesse

FERTIGBARKEITSHINWEIS EYTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Die Oberfläche beeinflusst Lötbarkeit, Planarität, Kontaktfunktion, Lagerfähigkeit, Kosten und zulässige Leiterplattendicke. Die Auswahl muss zur Baugruppe und zum Montageprozess passen.

Oberfläche	Serienbereich / Schichtdicke	Typischer Einsatzhinweis
HASL / HASL LF	1-40 μm	robust, aber eingeschränkte Planarität Leiterplattenenddicke $\geq 0,8\text{ mm}$

Oberfläche	Serienbereich / Schichtdicke	Typischer Einsatzhinweis
ENIG	Ni 3-8 µm / Au 0,03-0,10 µm	planar, gut für Fine Pitch; Spezifikation festlegen
Hartgold / galvanisch NiAu	Ni 2,5-12 µm / Au 0,30-5 µm	Steckkontakte und Verschleißflächen
Chemisch Silber	0,15-0,45 µm	planar; Lagerung/Handling beachten
OSP	0,20-0,60 µm	planar und wirtschaftlich; thermische Historie beachten
Chemisch Zinn	>= 0,80 - 1,00 µm	Planarität, Haltbarkeit gering und anfällig für mechanische Beschädigung

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

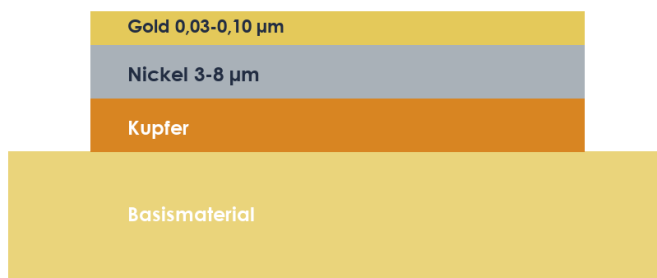
MESSKARTE 11

Oberflächenfinish und Schichtdicke

Schichtfolge und Dickenbereiche darstellen - grafische Höhe nicht maßstäblich

ENIG - vergrößerter Schichtquerschnitt

Nicht maßstäblich



Weitere Partnerbereiche: HASL 1-40 µm | Chem. Silber 0,15-0,45 µm | OSP 0,20-0,60 µm

SO LESEN SIE DAS BILD

Die Maßangaben gelten für einzelne Finish-Schichten. Die gezeichneten Höhen sind bewusst vergrößert.

BEISPIEL

ENIG: Nickel 3-8 µm und Immersion Gold 0,03-0,10 µm gemäß Partner-Capability.

WICHTIG

Oberfläche, Schichtdicke, Messmethode und Funktionsfläche spezifizieren. Finish beeinflusst Planarität und Endgeometrie.

Messkarte 11: Schichtfolge und Dickenbereiche von Leiterplattenoberflächen am Beispiel ENIG.

Mechanische und additive Zusatzprozesse zusammengefasst

Für die Umsetzung funktionaler Zusatzstrukturen gelten eigenständige Designregeln und Fertigungstoleranzen. Die folgende Übersicht definiert die Serienstandards und zwingenden Planungsvorgaben für mechanische Bearbeitungen (wie Senkbohrungen) sowie additive Verfahren (wie Via-Plugging, Carbon-Druck und Abziehlack), um eine prozesssichere Fertigung zu gewährleisten.

Prozess	Serienstandard	Planungshinweis
Abziehlack (Peelable Mask)	0,10 - 0,60 mm; Toleranz $\pm 0,05$ mm	Abstand zur Kante $\geq 0,50$ mm
Carbon-Druck	15 - 35 µm auf der Fläche; 10 - 30 µm an der Kante	Geometrie, Widerstand und Messfeld definieren
Carbon-Abstand	$\geq 0,40$ mm; Limit 0,30 mm	zwischen Carbondruck $\geq 0,15$ mm
Countersink	obere Öffnung max. 6,0 mm; 90°	Toleranz und Seite eindeutig

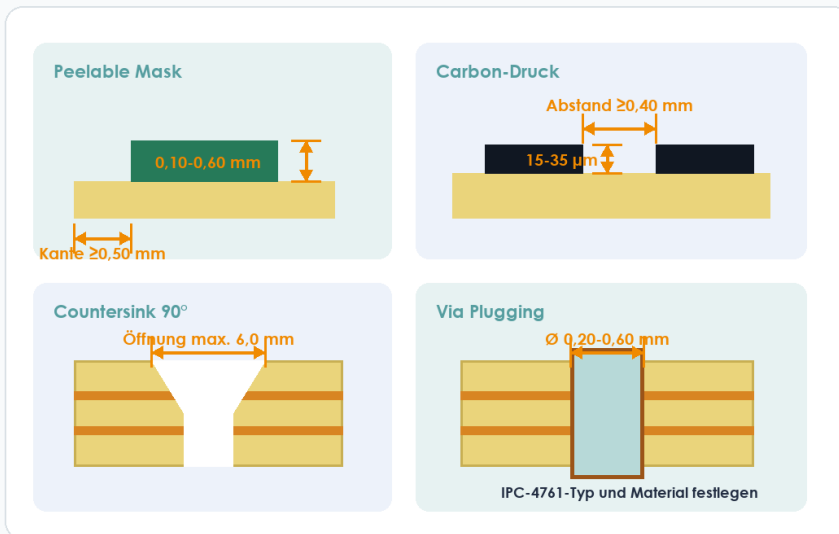
Prozess	Serienstandard	Planungshinweis
Via Plugging	Bohrdurchmesser 0,20 - 0,60 mm	Material und IPC-4761-Typ festlegen, alternativ Stopplack als Plugging

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 12

Peelable Mask, Carbon, Countersink und Via Plugging

Vier Sonderprozesse mit ihrem jeweils richtigen Messbezug

**SO LESEN SIE DAS BILD**

Jeder Sonderprozess hat einen anderen Bezug: Dicke, Kantenabstand, Öffnungsdurchmesser oder Lochdurchmesser.

FERTIGUNGSWERTE

Die gezeigten Bereiche stammen aus der Partner-Capability; Carbon-Abstand Serie $\geq 20,40$ mm.

WICHTIG

Zeichnung und Gerber müssen Prozessfläche, Seite, Toleranz, Material und Messmethode eindeutig zuordnen.

Messkarte 12: Peelable Mask, Carbon-Druck, Countersink und Via Plugging mit jeweils richtigem Messbezug.

PCB TESTING

10. Prüfung, Qualität und Abnahmekriterien

FERTIGBARKEITSHINWEIS EYTRA-Designregeln, Serienstandard und Technologiegrenze sind getrennt ausgewiesen. Einzelne Minimal- oder Maximalwerte sind nicht automatisch miteinander kombinierbar. Verbindlich sind nur schriftliche DFM-Freigabe, freigegebener Stackup, Fertigungszeichnung und Auftragsbestätigung.

Ein prüfbares Design beginnt im Datenpaket. IPC-Klasse, elektrische Prüfung, Impedanzcoupon, Schliffbild, Lötbarkeit, Sauberkeit und Sonderdokumentation müssen vor Angebotsfreigabe definiert werden.

Prüfmerkmal	Serienstandard	Kommentar
AOI Mindest-L/S	75 / 75 µm	Detektionsfähigkeit, keine allgemeine Layoutfreigabe
Elektrischer Test	50-300 V mit Adapter	Prüfspannung projektspezifisch
Testpad Adapter	$\geq 0,25$ mm; Pitch $\geq 0,36$ mm	Fixture-Zugänglichkeit
Testpad Flying Probe	$\geq 0,05$ mm; Pitch $\geq 0,10$ mm	Projekt- und Losgröße beachten
Kupfer-Abziehfestigkeit	$\geq 1,05$ N/mm	Material-/Prozessbezug
Pad-Abreißfestigkeit	≥ 5 N/mm ²	Messmethode spezifizieren
Impedanz	± 10 %	Single-ended und differentiell

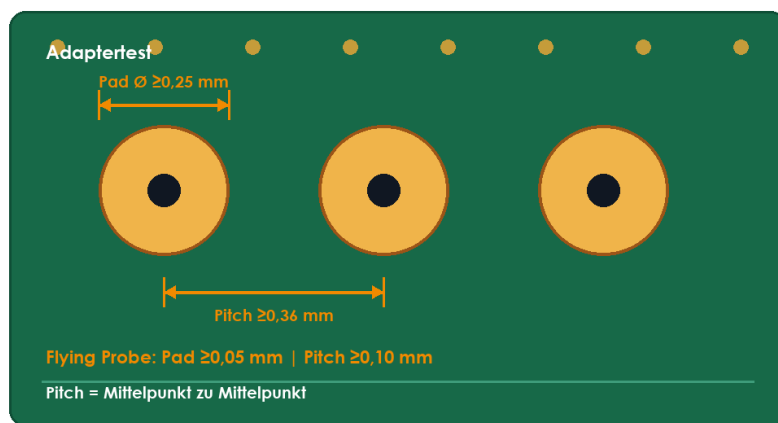
Prüfmerkmal	Serienstandard	Kommentar
Lötstopp-Härte	6H	Partnerangabe
Thermal Stress	288 °C / 10 s / 5 Zyklen	Akzeptanzklasse und Coupon klären
Ionische Reinheit	projektspezifisch	Prüfverfahren, Grenzwert und Einheit vereinbaren
Flammbarkeit	materialabhängig	konkrete Materialfamilie, UL File und Flammklasse nachweisen

EYTRA LIEFERANTENNETZWERK EYTRA verfügt über ein breites, qualifiziertes Lieferantennetzwerk. Abhängig von Technologie, Material, Bezugsmenge und Projektfreigabe können auch abweichende Fertigungsgrenzen realisiert werden. Die ausgewiesenen Partnerwerte bilden die technische Basis dieses Manuals; abweichende Grenzen sind ausschließlich nach DFM- und Lieferantenfreigabe verbindlich.

MESSKARTE 13

Testpad und Pitch

Padgröße und Mittelpunktabstand für Adapter und Flying Probe getrennt angeben



SO LESEN SIE DAS BILD

Padmaß ist die nutzbare Kontaktfläche. Pitch wird immer von Mittelpunkt zu Mittelpunkt benachbarter Testpads gemessen.

BEISPIEL

Adapter: Pad $\geq 0,25$ mm und Pitch $\geq 0,36$ mm. Flying Probe: Pad $\geq 0,05$ mm und Pitch $\geq 0,10$ mm.

WICHTIG

Dies sind Prüffähigkeiten, keine allgemeinen Layoutfreigaben. Zugänglichkeit, Maske, Oberfläche und Losgröße berücksichtigen.

Messkarte 13: Testpad-Durchmesser und Mittelpunktpitch für Adaptertest und Flying Probe.

NORMBEZUG IPC-2221/2222 unterstützen das Design, IPC-6012F beschreibt Qualifikation und Performance starrer Leiterplatten. Projektzeichnung, Bestellspezifikation und vereinbarte Abnahmekriterien haben Vorrang.

INDUSTRIE, AUTOMOTIVE, MEDICAL

11. Branchenspezifische PCB-Design-Checks

Suchbegriffe wie Automotive PCB, Medical PCB oder Industrie-Leiterplatte beschreiben keine einheitliche Fertigungsstufe. Die Anwendung bestimmt Zusatzanforderungen an Material, Rückverfolgbarkeit, Zuverlässigkeit, Dokumentation und Änderungsmanagement.

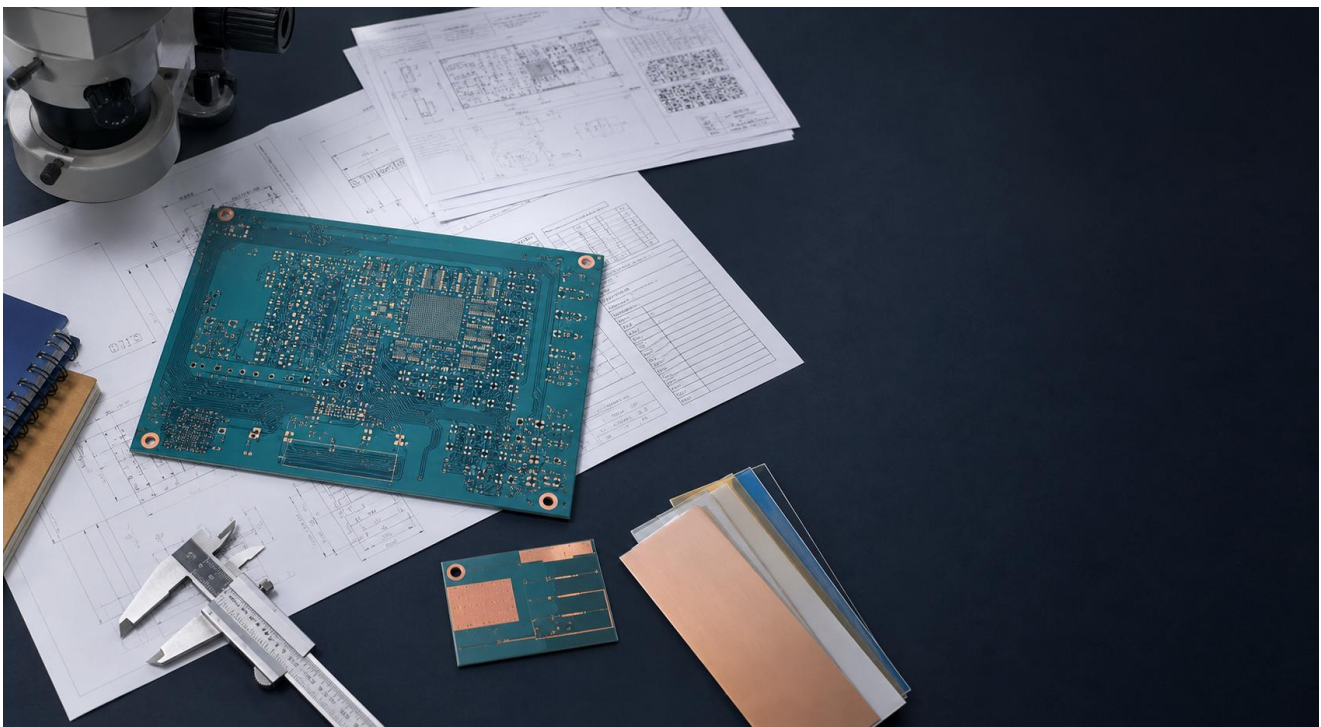
Branche	Zusätzliche Design- und Beschaffungsfragen
Industrieautomation	Lebensdauer, Temperatur, Schutzlack, EMV, Langzeitverfügbarkeit, Obsoleszenz
Automotive	Temperatur-/Lastprofil, CAF, Rückverfolgbarkeit, PPAP, vereinbarter IPC-6012 Automotive Addendum-Stand
Medizintechnik	Risikoklasse, Rückverfolgbarkeit, Sauberkeit, Materialfreigabe, Änderungs- und Dokumentationspflicht

Branche	Zusätzliche Design- und Beschaffungsfragen
Konsumentenelektronik	Kosten, Miniaturisierung, HDI, Teststrategie, kosmetische Anforderungen, Lieferfähigkeit
Gebäudeautomation	Langzeitverfügbarkeit, Isolation, Relais-/Netzspannungsabstände, Brandschutz- und Zulassungskontext
High Speed / HF	Dk/Df, Rauheit, Verlustbudget, Impedanz, Backdrill, Coupon, Material- und Stackupbindung
Power / Heavy Copper	Temperaturanstieg, Stromdichte, Kupferbalance, Isolationsabstand, Pressfit und thermische Anbindung

KEINE AUTOMATISCHE ZERTIFIZIERUNG Die Aufnahme einer Branche in dieses Manual ist keine Aussage über eine Zertifizierung. Qualitäts- und Zulassungsanforderungen sind im jeweiligen Projekt aufzuzeigen und zu prüfen.

DESIGN FOR MANUFACTURING

12. DFM-Prüfung und vollständiges PCB-Datenpaket



Ein vollständiger, widerspruchsfreier Datensatz verkürzt Rückfragen, macht Angebote vergleichbar und reduziert Änderungsrisiken zwischen Prototyp, Vorserie und Serie.

#	Prüfpunkt
01	ODB++ oder RS-274X bevorzugt; alternativ BRD-Files mit anschließender Datenfreigabe
02	Excellon-Bohrdaten getrennt nach PTH, NPTH und allen Blind-/Buried-Via-Paaren
03	Fertigungszeichnung mit Kontur, Maßen, Toleranzen, Fräsen, V-Cut, Slots, Senkungen und Backdrill
04	Stackup mit Lagenfunktion, Basiskupfer, Endkupfer, Materialfamilie und Ziel-Enddicke
05	Impedanzen mit Zielwert, Toleranz, Referenzlage, Leitergeometrie und Coupon
06	Oberfläche, Lötstopp-/Druckfarbe, Via-Filling-Typ und Kennzeichnung
07	IPC-Klasse, Abnahmekriterien, elektrische Prüfung und gewünschte Dokumentation
08	Materialanforderungen wie Tg, CTI, Dk/Df, UL, Halogenfreiheit und zulässige Alternativen

#	Prüfpunkt
09	Sondermerkmale: Pressfit, metallisierte Halbbohrung, Carbon, Heavy Copper, HDI, Cavity, HF oder Flexbereiche
10	Artikelnummer, Revision, Freigabedatum, Änderungsindex und eindeutige Dateiliste

EYTRA Engineering Check

Schritt	Prüfung	Ergebnis
1	Datenkonsistenz	Lagen, Bohrdaten, Kontur, Revision und Spezifikation stimmen überein
2	Machbarkeit	Geometrie, Stackup, Material, Toleranz und Sonderprozesse sind bewertet
3	Wirtschaftlichkeit	Standardisierung, Herstelleroptionen und Kostentreiber sind sichtbar
4	Freigabe	Offene Punkte und verbindliche Fertigungsbasis sind dokumentiert

NÄCHSTER SCHRITT Senden Sie Layoutdaten und Spezifikation vor dem finalen Release. EYTRA prüft die Unterlagen gemeinsam mit erfahrenen CAM- und PCB-Spezialisten auf Machbarkeit, Plausibilität und Optimierungspotenzial.