Leiterplattendesign und Fertigung

Dokument: WHP001 | Version: 001 | Datum: 2026-10-07

Status: Recherchierte Erstfassung; Beispiele und Arbeitsvorschläge sind keine Produktfreigabe.

Ziel und Abgrenzung

Dieses Whitepaper verbindet den Entwurf einer Leiterplatte mit dem Datensatz, den ein Leiterplattenhersteller tatsächlich benötigt. Es behandelt die nackte Leiterplatte; Bauteilbestückung ist ein nachfolgender, eigener Prozess. RE-CAD rekonstruiert geometrische Leiterbilder aus Vorlagen. Aus einer Grafik allein entstehen weder eine verlässliche Netzliste noch Materialdaten oder elektrische Freigaben. Fehlende Angaben müssen dokumentiert und geklärt werden.

1. Aufbau eines Designs

Ein brauchbarer Entwurf beginnt mit Funktion, Schaltung, Bauteilen, Gehäuse, Steckern und mechanischen Abmessungen. Anschließend werden Lagenaufbau, Material, Kupferdicke, Fertigungsregeln und gegebenenfalls Impedanzen mit dem Hersteller abgestimmt. Platzierung, Routing und Versorgung folgen diesen Vorgaben. Vor der Ausgabe werden Netzverbindungen, Abstände, Pad-/Bohrungszuordnung und Kontur geprüft. Danach folgt eine unabhängige Kontrolle der ausgegebenen Daten.

[1]

Für eine Rekonstruktion wird die Reihenfolge teilweise umgekehrt: Vorlage identifizieren, Maßstab kalibrieren, Lagen zuordnen, Geometrie rekonstruieren, Verbindungen und mechanische Angaben ergänzen, anschließend prüfen. Eine alte Filmbeschriftung ist dabei ein Hinweis, keine ausreichende Fertigungsfreigabe.

Ein Design besteht aus mehreren Informationsebenen: elektrische Absicht (Netzliste), geometrische Objekte (Pads, Linien, Flächen), Lagenaufbau und Materialien sowie Fertigungs- und Prüfanforderungen. Ein Screenshot bildet nur einen Ausschnitt dieser Informationen ab.

2. Lagen und ihre Funktionen

Lage oder Datensatz	Inhalt und Zweck	Wichtige Abgrenzung
Außenlage Top / Bottom	Kupferpads, Leiterzüge und Flächen an den Außenseiten	LB bezeichnet im Projekt ein Leiterbild.
Innenlage Signal	Kupferverbindungen im Multilayer	Reihenfolge im Stackup ausdrücklich angeben.
Innenlage Power / Ground	Kupferflächen für Versorgung oder Bezugspotential	Eine Flächenlage kann mehrere getrennte Netze enthalten.
Drill PTH	Durchkontaktierte Bohrungen und gegebenenfalls Schlitze	Metallisierung und Enddurchmesser festlegen.
Drill NPTH	Nicht metallisierte Bohrungen und Schlitze	Von PTH eindeutig unterscheiden.
Lötstopp Top / Bottom	Öffnungen in der schützenden Lötstoppbeschichtung	LS zeigt üblicherweise Öffnungen, nicht zusätzliches Kupfer.
Beschriftung Top / Bottom	Bauteilkennzeichen, Texte und Orientierung	Auch Legend oder Silkscreen; Lötflächen freihalten.
Pastenmaske Top / Bottom	Öffnungen für die Lotpastenschablone	Bestückungsdaten; nicht mit Lötstopp gleichsetzen.
Kontur / Mechanik	Fertige Außenkontur, Ausschnitte, Maße, Toleranzen	Maschinen-Werkzeugbahn erzeugt der Hersteller.

Kupferlagen sind physische Schichten. Drill-, Masken- und Konturdaten beschreiben Bearbeitungen oder Beschichtungen; ihre Anzahl ist nicht die Kupferlagenzahl. Eine vierlagige Platte hat vier Kupferlagen, zusätzlich aber mehrere solche Fertigungsdatensätze. Ein Bohrsymbolplan ersetzt keine numerischen Bohrdaten. Quellen für die Zuordnung: [1], [2], [3], [4].

Beispiel eines Stackups: L1 Top Signal - Dielektrikum - L2 Ground - Dielektrikum - L3 Power - Dielektrikum - L4 Bottom Signal. Das ist ein didaktisches Beispiel, keine pauschale Empfehlung. Dicke, Abstände, Rückstrompfade und Material müssen zur Schaltung passen. Alle Dateien auf denselben Ursprung und dieselbe Ansicht beziehen; Bottom-Daten nicht zusätzlich nach Gefühl spiegeln. Die Lagenfolge muss schriftlich oder über eindeutige Attribute nachvollziehbar sein.

3. Datenformate

Gerber beschreibt Lagenbilder mit geometrischen Elementen und Aperturen. X2 ergänzt Attribute, zum Beispiel die Funktion einer Datei oder eines Pads. Gerber Job überträgt ergänzende Fertigungsmerkmale. Diese Informationen sind von den einzelnen Lagenbildern zu unterscheiden. [2]

Bohrdaten werden häufig als Excellon/NC ausgegeben. Einheit, Stellenformat, Nullenunterdrückung und Werkzeugdurchmesser müssen eindeutig sein; separate PTH-/NPTH-Dateien oder gleichwertige eindeutige Kennzeichnungen erleichtern die Zuordnung. Die Darstellung im Viewer ist gegen bekannte Abstände zu prüfen. IPC-2581 und ODB++ sind weitere Fertigungsaustauschformate; die tatsächlich akzeptierte Variante wird mit dem Empfänger vereinbart. KiCad dokumentiert Ausgaben dieser Formate, daraus folgt keine Unterstützung durch RE-CAD. [1]

PDF eignet sich für Zeichnungen und Fertigungshinweise, Rasterbilder für Vorlagen. Beide ersetzen keinen vollständigen maschinenlesbaren Fertigungsdatensatz. RE-CAD-interne PCB/DAT/DCO-Dateien sind ebenfalls nicht automatisch ein standardisiertes Übergabeformat. Der konkrete Exportumfang muss geprüft werden.

Vorgeschlagene Übergabe: Lagenbilder, PTH-/NPTH-Bohrdaten, geschlossene Kontur, Stackup, Material-/Dicken-/Kupferangaben, Oberfläche, Toleranzen, Versionsstand und gegebenenfalls eine elektrische Testnetzliste. Keine doppelte, widersprüchliche Kontur oder verschiedene Revisionsstände gemeinsam ausliefern.

4. CAM-Datenaufbereitung

CAM übersetzt den freigegebenen Kundendatensatz in herstellbare Produktionsdaten. Vorgeschlagene Prüfreihenfolge: vollständiger Eingang; Einheiten und Ursprung; Lagenfolge und Polarität; Kontur und Bohrungen; Leiterbreiten und Abstände; Restringe; Maskenöffnungen und Beschriftung; anschließend Nutzen und Maschinenausgabe. Jede geometrische Änderung mit Einfluss auf Funktion oder Toleranzen benötigt eine nachvollziehbare Rückklärung. Herstellerkorrekturen sind kein Ersatz für einen sauberen Entwurf. Die Eurocircuits-Prozessbeschreibung erläutert die Aufbereitung zusätzlicher Lagen sowie Bohr-, Fräs- und Nutzendaten. [5]

Bei Fräskonturen wird die fertige Brettkante beschrieben, nicht ein selbst kompensierter Fräsermittelpunkt. Eurocircuits fordert geschlossene Konturen, Maße und relevante Toleranzen; die konkrete Werkzeugbahn ist produktionsabhängig. Innenradien und kleinste Schlitze müssen zum vereinbarten Verfahren passen. [3]

5. Fertigungsverfahren

Für eine konventionelle starre Multilayerplatte werden Innenlagen strukturiert und geprüft, anschließend mit isolierenden Lagen verpresst. Bohrungen, Metallisierung, Außenlagenstrukturierung, Maskierung, Oberflächenfinish, Beschriftung und Profilbearbeitung folgen gemäß dem jeweiligen Prozess. Optische und elektrische Prüfungen helfen, Fertigungsfehler zu erkennen. Die genaue Reihenfolge und Prozessvariante ist herstellerabhängig. [6]

Belichtung kann mit Film oder direkter digitaler Bildübertragung erfolgen; Kupferstrukturierung nutzt beim üblichen subtraktiven Verfahren Ätzschritte. Für eine historische Rekonstruktion zählt das resultierende Lagenbild, nicht die Annahme, dass der heutige Hersteller noch denselben Filmprozess verwendet. Einseitige, doppelseitige und Multilayerplatten brauchen unterschiedliche Abläufe. Weitere Verfahren wie HDI, Flex oder spezielle Oberflächen sind separat mit einem dafür qualifizierten Hersteller zu spezifizieren. [6]

6. Beispiel und nächste Vertiefung

Projektprofil: Leiterbreiten ab 0,10 mm und Bohrungen etwa 0,8 bis 2,0 mm. Das sind Anforderungsbereiche, keine universellen Fertigungsgrenzen. Für ein rundes Pad gilt geometrisch: radialer Restring = (Pad-Durchmesser minus Bohrdurchmesser) / 2. Fertigungstoleranzen und PTH-Werkzeugzugaben kommen hinzu. Die separat erstellten PCB-Designregeln enthalten das vorgeschlagene PERF-Profil.

Nächste Ausgaben können Lagenaufbau, konkrete Bohr-/Maskenregeln und eine CAM-Abnahmecheckliste einzeln vertiefen. Version 001 ist eine Einführung; sie bescheinigt weder Stromtragfähigkeit noch elektrische Sicherheit.

Quellen und Recherchestand

Primärquellen, abgerufen am 07.10.2026; eigene Prozessvorschläge sind als solche formuliert.

[1] KiCad, PCB Editor 9.0: https://docs.kicad.org/9.0/en/pcbnew/pcbnew.html

[2] Ucamco, Gerber: https://www.ucamco.com/en/gerber

[3] Eurocircuits, Mechanical Layer: https://www.eurocircuits.com/technical-guidelines/pcb-design-guidelines/mechanical-layer/

[4] Eurocircuits, Legend: https://www.eurocircuits.com/legend/

[5] Eurocircuits, CAM-Aufbereitung: https://www.eurocircuits.com/tips-tricks/eurocircuits-data-preparation-single-image-part/

[6] Eurocircuits, Manufacturing Technology: https://www.eurocircuits.com/technical-guidelines/pcb-manufacturing-technology/