



# Einführung in die Leiterplatten- und Baugruppententechnologie

Dipl. Ing. (FH) Manfred Hummel

1. Auflage mit 384 Abbildungen  
und 20 Tabellen



Fachverlag für  Oberflächentechnik –  
Galvanotechnik

 Produktion von Leiter-  
platten und Systemen

BAD SAULGAU GERMANY

[www.leuze-verlag.de](http://www.leuze-verlag.de)

## 2 Leiterplattendesign

Die Überschrift dieses Kapitels müsste eigentlich mit Baugruppendesign betitelt werden. Das Entflechten einer Leiterplatte ist heute nahezu undenkbar ohne das Betrachten der ganzen Baugruppe. Noch vor 50 Jahren war die Leiterplatte einfach zu konstruieren, da die Bestückung mit Bauteilen unkritisch war. Es gab nur Steckbauteile, die von Hand oder über Wellenlötanlagen verlötet wurden. Man kannte keine SMDs, die Schattenwirkung beim Löten gab es nicht, noch kannte man das Reflowlöten. Die Leiterplatte war in dieser Zeit das dominierende Bauelement. Sie diente der mechanischen Befestigung von Bauteilen und das Kupferleiterbild diente der elektrischen Verbindung der Bauteile. Der Konstrukteur erstellte einen Schaltplan, der die Grundlage für die Leiterbahnführung und die Anordnung der Bauelemente bildete. Ein Belegungsplan legte die Leiterbahnen und Lötäugen fest. Aus diesen Unterlagen wurde das Originalleiterbild erstellt (Abb. 2.1).

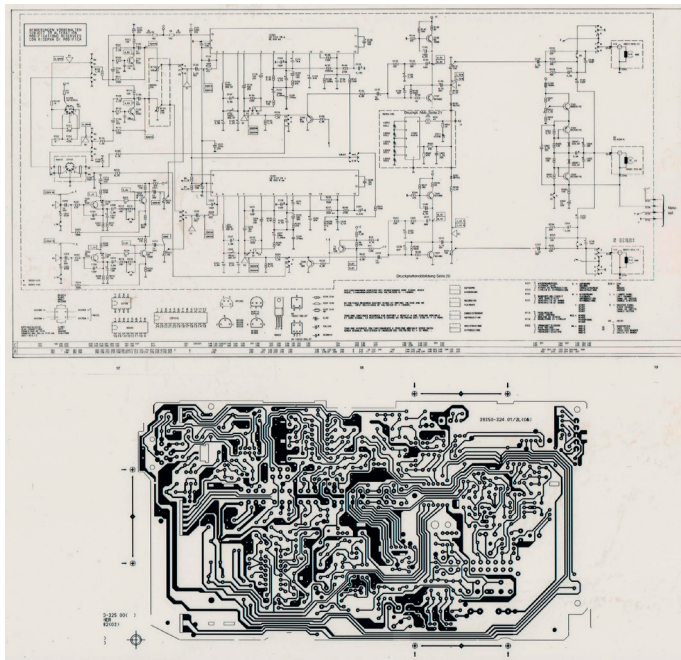


Abb. 2.1: Aus einem Schaltplan wird das Originalleiterbild

Dieses Originalleiterbild fertigte man nicht im Maßstab 1 : 1, sondern aus Qualitätsgründen in einem vergrößerten Maßstab. Die Grundlage war eine Polyesterfolie, auf die das Leiterbild gezeichnet, geklebt oder durch Anreiben von vorgefertigten schwarzen Symbolen aufgebracht wurde. Eine weitere Möglichkeit bestand in der Schneidetechnik, bei der das Leiterbild mit einer Messerklinge aus einer roten Deckschicht ausgeschnitten wurde. Von diesem vergrößerten Originalleiterbild wurde mit Hilfe von Reprokameras der Originalfilm in 1 : 1 erstellt, der als Originalfilm zur Herstellung der Leiterplatte diente. Es gab keinerlei elektronische Daten, die an die Leiterplattenfertigung versendet werden konnten. Diese Arbeitsfilme dienten in der Leiterplattenfertigung zum Anfertigen der Arbeitsunterlagen, wie das Erstellen von Bohrunterlagen für die bereits vorhandenen numerisch gesteuerten Bohrmaschinen. Auf optischen Programmierplätzen erstellte man die Bohrprogramme für die Bohrmaschinen. Aus den Originalfilmen wurden auch die Leiterzugbelichtungsfilm und Lötstopffilm für das Drucksieb erstellt. Photosensible Lötstopplacke gab es noch nicht.

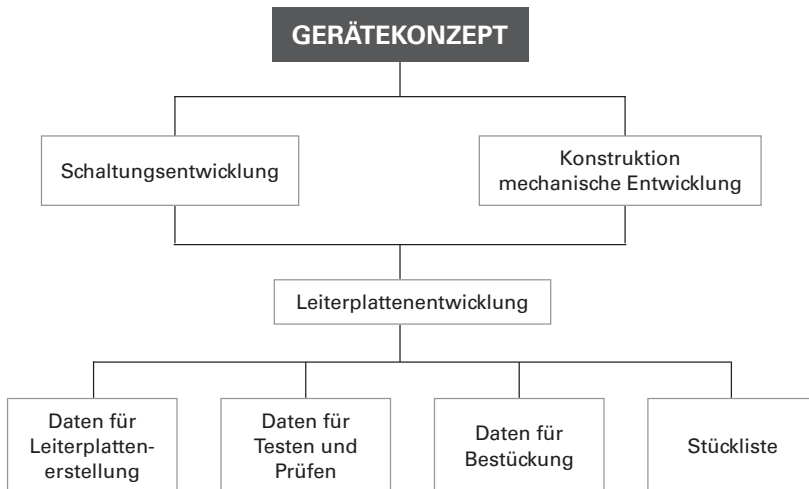


Abb. 2.2: Technologischer Ablauf der Baugruppenentwicklung

Die Originalarbeitsfilme wurden als Einzelplatine hergestellt und so zur Leiterplattenfertigung geschickt. In der Leiterplattenfertigung erstellte man in speziellen Step- und Repeatkameras den Mehrfachnutzen.

Im Laufe der Jahre hat sich in der Entwicklung sehr viel geändert. Die heutige Technologie wäre nach diesem veralteten System nicht mehr machbar. Geblieben ist aber das Grundprinzip: (Abb. 2.2).

Ein Kundenwunsch oder eine Idee sind die Vorreiter eines neuen Gerätes oder einer technischen Anlage. Eine Studie über Markchancen, Machbarkeit und mögliche Kosten wird erstellt. In einem Konzept gliedert man alle notwendigen Spezifikationen auf.

Die Basis ist die Verkaufsmöglichkeit und das Aussehen des Gerätes, es muss dem Kunden gefallen. Diesem Äußeren müssen sich alle Konstrukteure unterordnen. Hierzu gehören die Baugruppen, Leiterplattengröße und -verfahren, Kabel, usw., die in das neue Gerät hineinpassen müssen.

## 2.1 Leiterplatten- und Baugruppendesign

Mit dem Schaltungsentwurf beginnt der Designprozess der Baugruppe. Dies geschieht heute mit Hilfe der Computertechnik.

Electronic Design Automation (EDA) = Entwurfsautomation elektronischer Systeme.

Alle Prozesse werden über spezielle Software bearbeitet. Die Daten sind in Computern gespeichert.

Ein Expertenteam legt zu Beginn die hierzu nötigen Spezifikationen fest:

- Größe der Baugruppe
- Verbindungen von Baugruppen untereinander
- Die notwendigen Bauteile
- Das Leiterplattenherstellverfahren
- Prüfbedingungen
- Auswahl des wirtschaftlichsten Verfahrens

Das Team muss die Leiterplattentechnologien und alle Arten der Bauteilebestückung und der Lötverfahren kennen. Es wird zuerst der Schaltplan erstellt, der die Bauelemente, die Signalverbindungen und deren Schaltungsfunktion in abstrakter Form beschreibt. Von diesem Schaltplan wird über eine Plotteranlage eine Zeichnung erstellt und geprüft, ob der

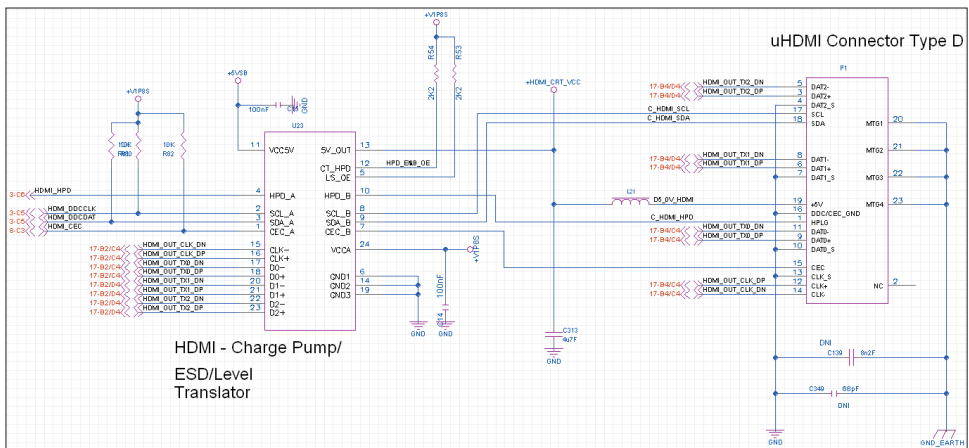


Abb. 2.3: CAD-Schaltplan

Plan korrekt ist (Abb. 2.3). Mit der Freigabe des Schaltplanes sind die Vorarbeiten für das Leiterplattendesign abgeschlossen.

Alle Daten werden in eine CAD-Datenbank, der CAD-Bibliothek, eingegeben. Dort speichern auch die Daten aller Bauelemente, die mit dem Schaltplan verknüpft werden.

Es erfolgt das Platzieren und Anordnen der Bauteile auf der Leiterplatte. Dies geschieht ebenso mit Hilfe des CAD-Systems, aber unter Mitwirkung vom Layouter. Eine vollautomatische elektronische Platzierung ist noch nicht möglich. Von diesem Bauteileanordnungsplan wird auch eine Plottzeichnung erstellt (Abb. 2.4).

Nun erfolgt das Entflechten. Dieser Designvorgang verlegt alle Signal- und Stromversorgungsleitungen der Schaltung nach dem Bestückungsplan. Das Entflechten erfolgt automatisch mit Hilfe eines CAD-Systems, dem Autorouter. Hier greift der Designer in das System ein, um die vorgegebenen Designregeln einzuhalten. Auch beim Entflechten hat heute noch der Layouter die wichtigste Aufgabe.

Nach dem Entflechten erhält man ein Layout, das noch nicht endgültig fertig ist. Das Layout wird nach bestimmten Vorgaben nochmals überprüft und optimiert. Ein Design Rule Check überprüft über das CAD-System, ob alle festgelegten Regeln eingehalten wurden (Abb. 2.5).

Dieses Layout dient zum Erstellen von allen notwendigen Daten für die Leiterplattenfertigung und für die Bauteilebestückung.

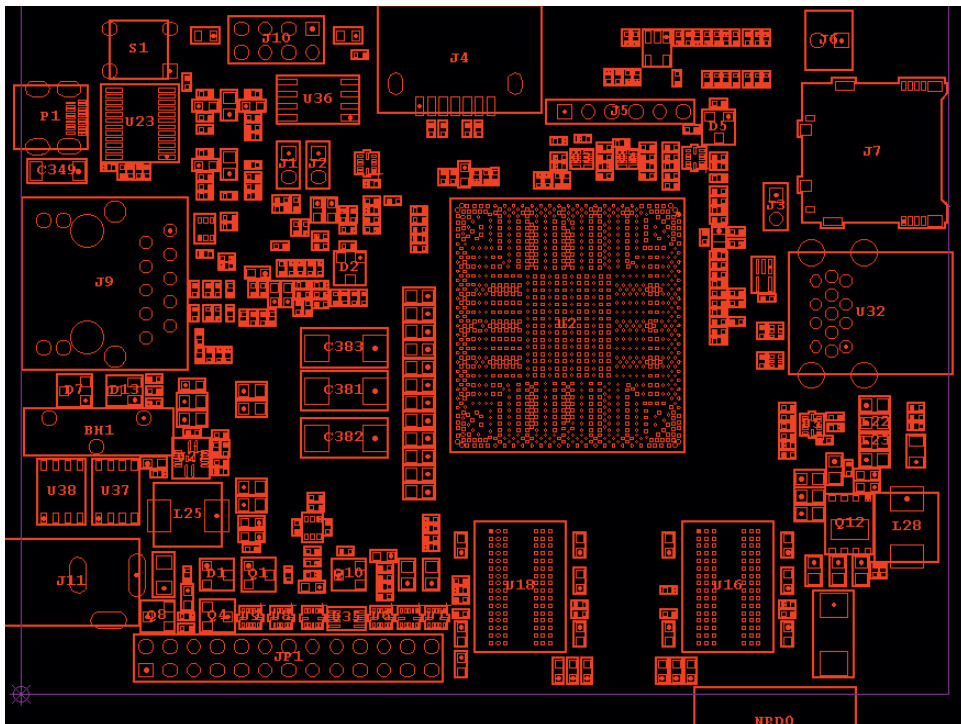


Abb. 2.4: Komponentenplan

- Schaltplan
- Bestückungszeichnung
- Bohrbildzeichnung
- Bohr- und Konturbearbeitungsdateien
- Alle Leiterplattenlayoutlagen
- Lötstopmasken
- Montagedrucke, Abziehlackdrucke
- Bestückungsdaten
- Daten zur Prüftechnik

Dieser aufgezeigte Ablauf der Layouterstellung ist trotz aller vorhandenen EDA-Systeme noch immer nicht 100 %ig vollautomatisch möglich. Der Designer muss seine Kenntnisse in das Konzept mit einbringen. Mittlerweile gibt es eine Ausbildungsmöglichkeit zum zertifizierten Designer.

- FED [www.fed.de](http://www.fed.de)
- IPC [www.ipc.org](http://www.ipc.org)

Die Technik der Layoutgestaltung macht sehr große Fortschritte. Das Erstellen eines Schaltplanausdrucks/plots ist mittlerweile eher die Ausnahme. Moderne Methoden der

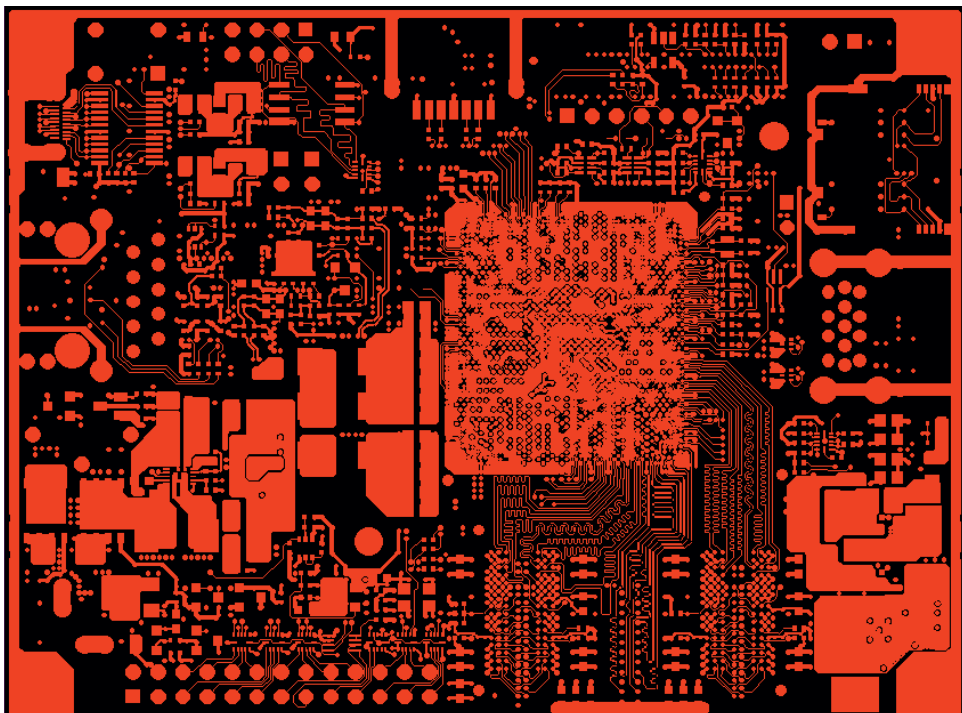


Abb. 2.5: Layout-Plan. Signallage 1

Ausgabe von intelligenten PDF Dateien haben die Druckkopie abgelöst. PDFs sind suchbar. Man kann nach bestimmten Attributen, Netzen, Bauteilen etc. suchen und selbst komplexeste, hierarchische Stromlaufpläne mit hunderten von Seiten nach eigenen Vorgaben sortiert ausgeben. Darüber hinaus gibt es bereits elektronische Verfahren für sogenannte Viewables, d.h. elektronische Kopien des Stromlaufplans in neutralen Formaten, die unter anderem auch Cross Probing zwischen Stromlaufplan und Layout ermöglichen.

Moderne Stromlaufsysteme ermöglichen die automatische Prüfung des Schaltplans auf Fehler, z.B. um sicherzustellen, dass die Stromversorgung an die Bauteile angeschlossen wurde, Eingänge und Ausgänge korrekt verbunden sind.

Das Baugruppendesign wird mittlerweile sehr stark von Designregeln, sog. Constraints geprägt. Diese definieren exakte Längen oder Signallaufzeiten von Netzen oder Netzgruppen, Toleranzen über die die Netze innerhalb einer Netzgruppe oder zwischen den Netzgruppen voneinander abweichen dürfen.

Die Ausgabe der Fertigungsdatensätze ist mittlerweile weitgehend, oft auch vollständig automatisiert. Dadurch wird vermieden, dass Daten inkonsistent ausgegeben werden oder bestimmte Daten einfach vergessen werden.

## 2.2 Designrichtlinien

Der Designer hat die Aufgabe, alle Besonderheiten der heutigen komplexen Baugruppe mit in das Layout zu integrieren:

- Multilayer – Leitungsbreite – Lagenaufbau
- Leiterplattenherstellverfahren
- Oberflächenbehandlung der Leiterplatte
- Fertigungsnutzenaufbau
- Wellenlöten, Reflowlöten
- SMD-Bauteile einseitig und doppelseitig
- Bauelemente
- Prüfspezifikation
- Thermische Aspekte

Als Arbeitsunterlagen dienen die Designrichtlinien. IPC-Richtlinien, DIN-Normen und die Richtlinien von Perfag. In *Abb. 2.6* sind die notwendigen IPC-Normen zur Designerstellung aufgezeigt. Die Basisrichtlinie für das Design von Leiterplatten ist IPC-2221B-DE.

Die Vielzahl der nötigen Richtlinien, die beim Designen zu beachten sind, sollten mit der Elektronikentwicklung, dem Layouter, dem Leiterplattenhersteller und dem Leiterplattenbestücker abgesprochen werden.

Das wichtigste Ziel des Designers ist es, eine Schaltung so zu gestalten, dass diese wirtschaftlich gefertigt werden kann.