

## 6. Kapitel / Jennifer Vincenz

### **CAD-Dokumentation: Nur eine lästige Pflicht?**

### **Der Einfluß der Design-Dokumentation auf die Produktqualität**

#### **Ohne Dokumentation ist alles nichts**

Ich geb's ja zu, auch ich bin nicht unbedingt begeistert von der zunehmenden Fülle an nötiger Dokumentation. Aber jammern und klagen hilft nichts. Ohne eine vollständige Dokumentation wird es innerhalb der Produktionskette aller Wahrscheinlichkeit nach zu Fehlern, mindestens aber zu Verzögerungen, kommen. "Hurra, das Design ist fertig, flugs ein paar Gerberdaten ausgegeben und ab damit auf den Server des Einkaufs" ist eine - leider - immer noch häufig anzutreffende Praxis in vielen Unternehmen und vielfach wird verkannt, welchen Kosten eine solche Vorgehensweise verursachen kann.

Die Dokumentation am CAD-Arbeitsplatz ist vielschichtig. Recht offensichtlich ist noch die Forderung, die Mechanik der Leiterplatte, der Baugruppe oder des Gerätes zu dokumentieren.

Aber was ist eigentlich für eine vollständige Fertigungsdokumentation nötig? Wer benötigt in der Prozeßkette welche Daten? Wie werden Änderungen dokumentiert?

Wo genau beginnt eigentlich die Dokumentation?

#### **Basisdokumentation**

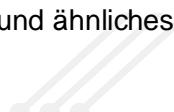
Um diese Fragen zu beantworten, müssen wir uns die gesamte Prozeßkette vor Augen führen. Im Prinzip beginnt Dokumentation mit den ersten Gesprächen für eine Produktentwicklung. Absprachen, Festlegung von Meilensteinen, Entscheidungen und Entscheidungsträger sollten protokolliert und damit auch dokumentiert sein.

In jedem Fall müssen die grundsätzlichen Anforderungen an die Leiterplatte und die Baugruppe dokumentiert werden. Das sind der Einsatz- und Temperaturbereich für den Betrieb des Gerätes und die Anforderungen an Störfestigkeit, Abstrahlverhalten und elektrische Sicherheitsanforderungen.

Die nächsten Schritte in der Prozeßkette laufen häufig parallel ab: die drei Aktivitäten Schaltplannedentwicklung, Bibliothekserstellung und Mechanik-Konstruktion führen zu Dokumenten, die sinnvollerweise im CAD-Design zusammengeführt werden. Für die verschiedenen Aufgabenstellungen, zumindest, was die Mechanik-Konstruktion, die Schaltplanerstellung und die Bibliotheksarbeit betrifft, werden meist unterschiedliche Tools verwendet. Das birgt zwangsläufig in sich die Notwendigkeit, die Ausgabeformate abzustimmen, um eine fehlerfreie Weiterverarbeitung der Informationen sicherzustellen.

Die Bibliothek sollte in jedem Fall intern dokumentiert werden. Dies kann innerhalb des EDA-Tools beispielsweise mit Attributen oder Kommentaren geschehen, die das Datum der Erstellung, den Bearbeiter und den Prüf- und Freigabestatus dokumentieren.

Zusätzlich bietet sich eine Listenausgabe aller freigegebenen Bauteile an. Außerdem bieten manche Software-Tools die Ausgabe eines Bibliotheks-Datenblatts an, das alle relevanten Informationen des Bibliothekselements, wie Part- oder Bauteilbezeichnung, Schaltplan-Symbol, Footprints und ähnliches ausweist (Bild 6-1).



Für Dienstleister kann es nötig sein, die Bibliothek auch dem Kunden gegenüber zu dokumentieren. Im Umkehrschluß sollte auch eine vom Kunden übernommene Bibliothek dokumentiert sein.

C:\Users\Public\Documents\Pulsonix\Tecnotron\Libraries\BeispielLib\BeispielLibrary1.pal

**M74HC4060M1R**

Description : COUNTER  
Part Family : 74/74HC/74HC4060  
Name Stem : U  
Pin Count : 16

Attributes

Category : Logic/Counter  
<3D Package> : SOIC  
<Component Height> : 2.5mm  
<HyperLink> : C:\Datenblätter\IC\M74HC4060.pdf  
<Spice Device> : 4060  
<Spice Value> : 4060  
<Value-BBV> : M74HC4060M1R  
Bauform : SO16-150  
BestNrHersteller : M74HC4060M1R  
BestNrIntern : 302-016-0001  
Hersteller : ST  
LeistungMax : 0.5W  
SpannungACmax : n/a  
SpannungDCmax : 7V  
TempKoeffizient : n/a  
Toleranz : n/a  
Type : Counter

Footprint  
SOIC-16-150  
**SOIC-16-150**

74HC4060-a

74HC4060-b

Gate b Symbol "PowerBox2Pins"

Terminal	Pin Name	Footprint Pin	Logic Name	Pin Swap
1	16	16	MCC	0
2	8	8	GND	0

Additional Pin Information

Footprint Pin	Net Name	Pin Type	Pin Network
1		Output	
2		Output	
3		Output	
4		Output	
5		Output	
6		Output	
7		Output	
8		Ground	
9		Output	
10		Output	
11		Input	
12		Input	
13		Output	
14		Output	
15		Output	
16		Power	

Bild 6-1 Bauteilbibliothek (Pulsonix) mit Angabe der Footprints, Gates und Pins

Für mechanische Konstruktionsunterlagen ist die Dokumentation im DXF-Format sowie als PDF-Datensatz üblich.

Nun mag sich der Eine oder Andere fragen: Warum eine Ausgabe in zwei Formaten? Ist das nicht "doppelt gemoppelt"? Nun, wenn wir davon ausgehen, daß nicht jeder, der nachfolgend in der Prozeßkette die Daten benötigt, das gleiche Tool zur Verfügung hat, dann werden diese Daten aller Voraussicht nach in ein anderes Tool importiert werden. Ein Datenimport ist aber auch immer eine Form von Konvertierung und dann ist eine Fehlinterpretation nie ganz auszuschließen. Somit ist es hilfreich, wenn die Daten zusätzlich in einer druckbaren Version vorliegen (....die natürlich vom Ersteller des Datensatzes geprüft sein sollte).

Wichtig sind die Angabe der Referenzmaße, z.B. auf die Außenkontur der Leiterplatte, und die Angaben über geforderte Toleranzen.

Dies gilt im gleichen Maße für die Schaltpläne. Auch diese sollten grundsätzlich zu allen elektronisch austauschbaren Formaten immer auch als PDF ausgegeben werden.

## Zusätze und Links

Besonderheiten, wie beispielsweise eine definierte Impedanz für bestimmte Signale, sollten grundsätzlich als Texthinweis an den betreffenden Signalen im Schaltplan eingefügt sein.

Es kann nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden, daß entsprechende Attribute oder sonstige dem Signal zugefügte Eigenschaften bei der Konvertierung durch ein anderes Tool übernommen werden.

Heutige EDA-Tools zur Schaltplanerfassung können üblicherweise sogenannte "intelligente" - auch "searchable" (= durchsuchbare) genannte - PDF-Files erzeugen. In diesen kann über die Suchmaske des PDF-Viewers nach Texten, beispielsweise Bauteilnamen, gesucht werden.

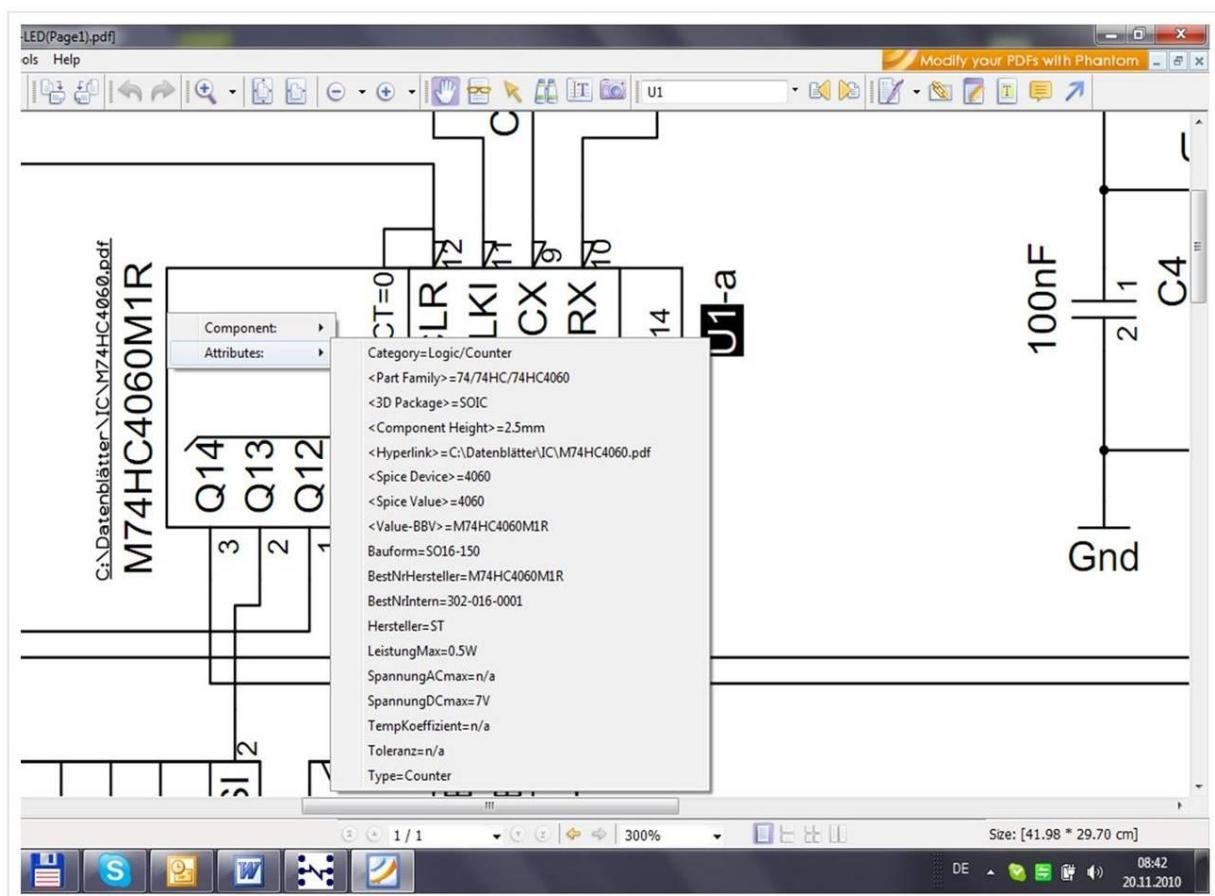
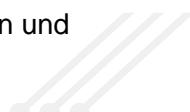


Bild 6-2 Schaltplanausgabe in PDF mit eingebundenen Links

Auch die Einarbeitung von Hyperlinks ist heute möglich. Auf diese Art und Weise können Datenblätter, Hinweise oder Handlungsanweisungen im Schaltplan hinterlegt werden und auch diese sind im PDF-Datensatz "klickbar" (Bild 6-2).

## Multilayerlagenaufbau

Aus dem Schaltplan entsteht die Stückliste für die Bauteilbeschaffung. Die Stückliste muss alle zu beschaffenden Teile, also auch Sockel, Kühlkörper, Halter, Schrauben, Unterlegscheiben und ähnliches enthalten.



Elementar ist die Dokumentation des physikalischen Aufbaus der Leiterplatte. Dazu reicht es bei Weitem nicht mehr aus, lediglich die Lagenzahl und die Enddicke der Leiterplatte anzugeben. Heute müssen für einen Multilayeraufbau die Materialien explizit beschrieben sein. Auch die Angabe "FR4" ist nicht mehr ausreichend, da es FR4-Materialien mit unterschiedlichen elektrischen und mechanischen Eigenschaften gibt. So haben beispielsweise der Harzgehalt und das Harzsystem einen Einfluß auf die Impedanz der Leitungen und müssen daher definiert und dokumentiert werden. FR4-Materialien mit unterschiedlichen Füllstoffen haben unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten und beeinflussen damit - speziell während des Lötprozesses - die mechanische Stabilität der Leiterplatte.

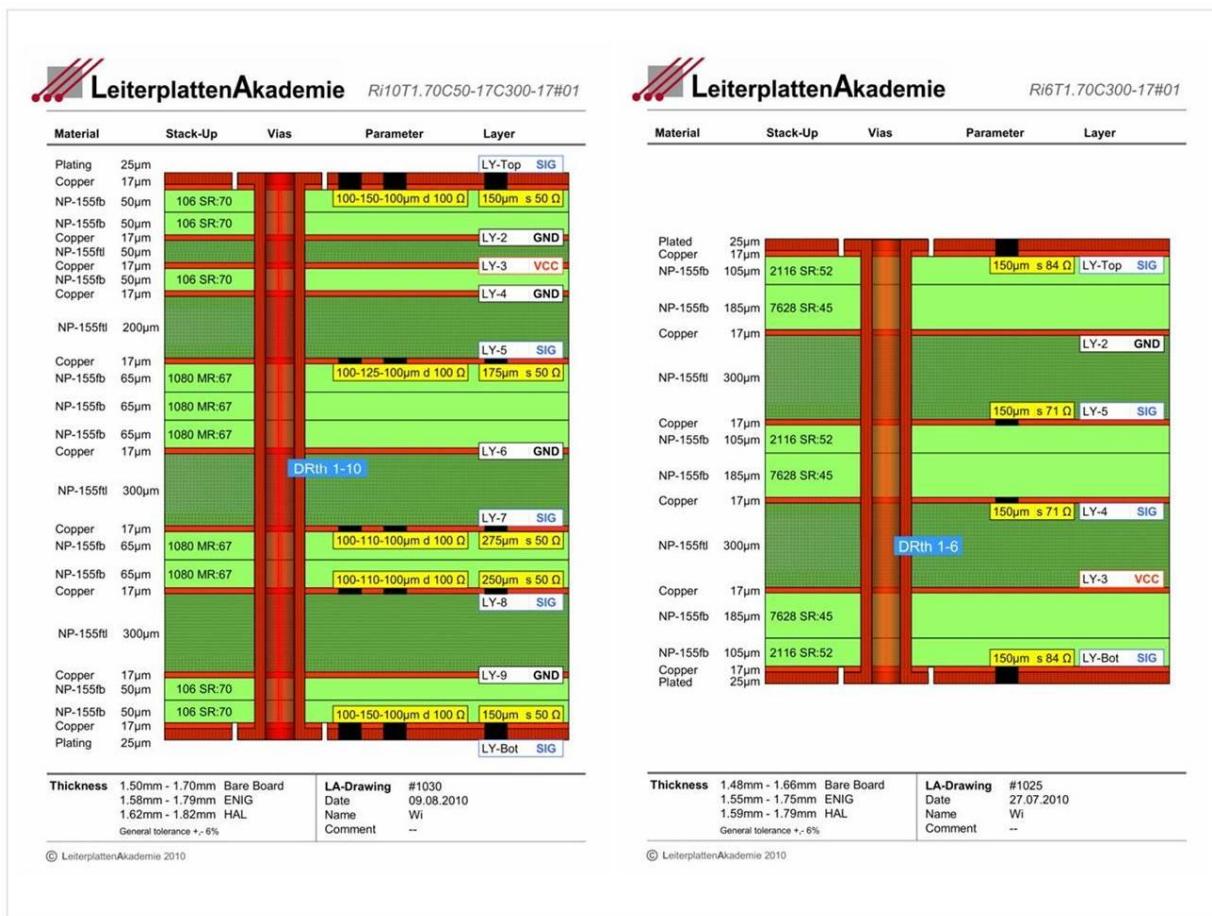


Bild 6-3 Dokumentation von Multilayerlagenaufbauten

Die dielektrischen Abstände zwischen den einzelnen Lagen müssen ebenso beschrieben sein, wie die Zuordnung der Datensätze zur jeweiligen Lagenposition im Multilayeraufbau und die Kupferdicken der elektrischen Lagen.

Besondere Eigenschaften einzelner Lagen (z.B. eine geforderte Impedanz) oder eines Funktionsmoduls in einem Multilayer (z.B. eine kapazitiv aufgebaute Stromversorgung oder ein komplexes MultiPowerSystem) müssen ebenfalls dokumentiert werden.

Zusätzlich ist die Angabe der Kontaktierungsstrategie für die Produktion der Leiterplatte notwendig (Bild 6-3).

## Standardformate

Zur Mindestdokumentation einer Leiterplatte gehören neben dem Multilayeraufbau und den Fertigungsdaten auch Bohrpläne, am besten kombiniert mit dem Umschnittmaßplan.

Als Format sollte Extended-Gerber (RS-274X) bevorzugt werden. Die dazugehörigen Bohrdaten (....und in Abstimmung mit dem Leiterplattenhersteller auch Fräsdaten) werden im Extended-Excellon-Format mit Heider ausgegeben.

Die Fertigungsdaten für Leiterplatten werden üblicherweise im Extended-Gerber-Format (RS-274X) ausgegeben. Außer den elektrischen Lagen beinhaltet das auch die Vorlagen für alle Drucke. Zu nennen sind hier Lötstopplack, Bestückungsdruck, Abziehlack, Heatsinkpaste und Carbonlack.

Die Daten für Coverlays und Lotpastenschablonen zählen ebenfalls dazu.

Lotpastenschablonen gehören auch zur Dokumentation für die Bestückung der Baugruppe.

Es wird empfohlen, zu Kontrollzwecken auch in diesem Fall alle Lagen zusätzlich als PDF-Datei auszugeben.

## Baugruppenproduktion

Für die Bestückung der Leiterplatte sind Bestückungspläne unverzichtbar. Diese müssen außer der Kennung für die Referenz (...Bauteilreferenz, Component Name, z.B. "R12") die Lage des Bauteils anzeigen und für gepolte Bauteile die Polung eindeutig darstellen.

Leiterplattenspezifikation				Leiterplattenspezifikation			
Projekt-Nummer		XXX9B000	Erstellt	Projekt-Nummer		XXX9B000	
Anfragedaten		Bestelldaten	X	Daten per email	X	Daten auf CD-ROM	
Kunde	Muster GmbH			File-Name	Format	Bemerkung	
Ansprechpartner	Herr Mustermann	Abteilung	R&D	XXX9B000.pdf	PDF	All Gerberfiles as PDF	
Lieferanschrift	Muster GmbH, Werk 1, Goethe-Str. 1-10			XXX9B000.MIT	ASCII	Bauteil-Mittelpunkt-Koordinaten (Mein-Format)	
PLZ/Ort	12345 Musterstadt			XXX9B000-MIT.XLS	Excel	Bauteil-Mittelpunkt-Koordinaten	
Rechnungsanschrift	Muster GmbH, FiBu, Postfach 1234			XXX9B000.NET	ASCII	CAD-Netzliste PADs ASCII	
PLZ/Ort	54321 Anderstadt			XXX9B000-IPC.NET	IPC-D-356	Netzliste Bare Board Test IPC-D-356	
Bestell-Nummer	Ae 454545-333			XXX9B000.CAD	GenCad	Netzliste ICT GenCAD	
Platinenspezifikation				XXX9B000-DOKU.DOC	MS-Word-Dокумент	diese Datei	
Platinenbezeichnung	(Projektname o. Nummer) 998877-66	Revision	1.0				
Zeichnungsnr.	998877-66.01	Layout-Typ	SMD-Fernleiter				
CAD-Layout-Nr.	XXX9B000	Lagen	8 Lagen ML				
Multilayer-Bauteyp	RiB 40C 50-17C600-17#01 (#1024)						
Basis-Material	nach ML-Bauanweisung	End-Material	FR4 1.500mm 35ym				
Anzahl Bohrungen	353	Anzahl SMD	348				
Kontur/Ausfräslungen	--- cm	Standard-Programm rechteckig	ja				
Ritzen	--- cm	NDK-Bohrungen > 6mm	nein				
Oberflächenveredelung	Zinn (Chemisch)	Steckerleistenvergoldung	nein				
Lötstopplack	doppelseitig	Farbe	grün				
Bestückungsdruck	doppelseitig	Farbe	weiß				
Abziehlack	ohne	Farbe	---				
Wladruck	ohne	Farbe	---				
Carbonlack	ohne	Heatsink	ohne				
Coverlay	ohne	Impedanzprüfung	2 Coupons pro Panel				
Elektronische Prüfung	doppelseitig	SMG-Adapter	ja				
Platinenmaß (Einzelplatine)	45 x 90 mm						
Liefemutzen	10-fach	Liefemaß	210 x 285 mm				
Anzahl Musterplatten	20	Entspricht Anzahl Liefemutzen	2				
<b>Liefertermine</b>							
Leiterplatten	Do. 12. 2. 2009 / KW 7	Bestückt	Fr. 25. 3. 2009 / KW 13				
Bestücken Anliefern	Fr. 20. 2. 2009 / KW 8	Firma:	Assemblyman				
<b>Besonderheiten</b>							
UL-Logo	ja	Kundenlogo	vorhanden	Kalenderwoche	ja		
Info-Text	UL-Logo in vorgegebenes Feld auf LS einbringen: siehe Zeichnung! Fertigung nach (T) IPC-Class 2, ROHS-konform						

Bild 6-4

Beispiel für eine Leiterplattenspezifikation (...Auszug)

Außerdem muß die Art, beziehungsweise der Wert des Bauteils angegeben sein (z.B. "74HCT00" oder "100R\_1%").

Für die Maschinenbestückung werden die Koordinaten der Bauteilmittelpunkte ausgegeben, entweder als ASCII-File oder als Excel-Datei. Die zentralen Informationen in dieser Liste sind die Art des Bauteils, die Koordinatenposition und die Drehrichtung. Die Kennung für die Bauteilreferenz, der sogenannte "Referenzbezeichner", ist für den Bestückungsautomaten nicht relevant.

Schlußendlich sind für den Test der Leiterplatte und/oder der Baugruppe Netzlisten oder Testfiles nötig. Oft werden diese Daten vom Leiterplattenhersteller oder vom Baugruppenproduzenten bzw. vom Testhaus aus den bereitgestellten Gerberdaten erzeugt.

Eine Ausgabe aus dem Leiterplattendesign ist wünschenswert, Formate und Syntax bedürfen jedoch meist der Absprache. So ist beispielsweise die elektrische Verbindungsliste (enthält die Information "IC1 Pin 1 ist mit R25 Pin verbunden") für den elektrischen Test der Leiterplatte ohne Nutzen, da hier die Information "Koordinatenposition ,X1Y1' ist mit Koordinatenposition ,X2Y2' verbunden" benötigt wird.

Die Dokumentation des Designs umfaßt also mindestens die Ausgangsunterlagen, die dem Designer zur Verfügung gestellt wurden, die damit verbundenen Absprachen und Entscheidungen, sowie die Datenausgaben für die Produktion der Leiterplatte und der Baugruppe. Dazu kommen noch die Spezifikationen der Leiterplatte und der Baugruppe, die sämtliche für den Hersteller der Leiterplatte beziehungsweise Baugruppe relevanten Informationen beinhalten (Bild 6-4).

Auf allen Dokumenten müssen mindestens die Bezeichnung der Baugruppe/Leiterplatte und der Revisionsstand sowie der Bearbeiter angegeben sein.

### **Dokumentenverteiler**

Häufig stellt sich im Unternehmen die Frage, wer welche Dokumente zur Verfügung gestellt bekommt, da oftmals aus Sicherheitsgründen nicht jedem Beteiligten in der Prozeßkette alle Informationen zum Produkt offen gelegt werden sollen.

Manchmal führt diese Einschränkung jedoch zu einer nicht ausreichenden Dokumentation für einzelne Beteiligte der Prozeßkette.

So wird beispielsweise dem Baugruppenproduzenten oft der Multilayerbauplan nicht beigestellt, da noch vielfach die Meinung herrscht, "das müsse der gar nicht wissen". Tatsächlich ist der Multilayeraufbau jedoch von elementarem Informationswert für den Baugruppenproduzenten. Nur mit Kenntnis des genauen Aufbaus und der Lagenverteilung (....wie viele Powerplanes hat das Layout und wo liegen diese, welche Kupferdicken gibt es auf den einzelnen Lagen) kann bereits im Vorfeld der Baugruppenproduktion eine Annäherung an das korrekte Lötprofil erfolgen.

Ohne diese Information ist es wahrscheinlich, daß das Lötprofil durch aufwendige Verfahren, wie Probelötungen mit Meßsonden, in einer Art "Try And Error"-Prozeß ermittelt werden muß.

In der nachfolgenden Tabelle ist exemplarisch eine Verteilung der Dokumente dargestellt. Der "Auftraggeber" kann hierbei entweder tatsächlich als externer Auftraggeber eines Dienstleisters verstanden werden, jedoch ebenso als die beauftragende Stelle innerhalb eines Unternehmens.



Dokument	Auftraggeber	Intern Design	Leiterplatten-hersteller	Baugruppenproduzent	Baugruppentest	Beispiel Formate
Produktdefinition, Beschreibung	X	X		X		Text
Absprachen	X	X				Text
Entscheidungen	X	X				Text
Bibliothek	Nach Absprache	X				EDA-System abhängig, Graphisch mit Texterläuterung
Mechanik, Gehäusekonstruktion	X	X				DXF, PDF
Schaltplan	X	X				EDA-System abhängig, zusätzlich PDF
Stückliste/BOM	X	X		X	Nach Absprache	ASCII, Excel
Verbindungsliste des Schaltplans	X	X			Nach Absprache	ASCII
Multilayerbauplan	X	X	X	X	X	Graphische Darstellung, Excel
PCB-Designfile	Nach Absprache	X			Nach Absprache	EDA-System abhängig
Elektrische Lagen	X	X	X	X	X	Gerber, ODB++, zusätzlich PDF
Bohrdaten, Fräsdaten	X	X	X			Excellon oder Sieb&Meyer
Druckmasken (Lötstop, etc...)	X	X	X	Nach Absprache	Nach Absprache	Gerber, ODB++, zusätzlich PDF
Lotpastenvorlage	X	X	X	X		Gerber, ODB++, zusätzlich PDF
Bohrplan, Umschnittmaßplan	X	X	X	X		Gerber, ODB++, zusätzlich PDF
Besondere Verfahrenshinweise	X	X	X	X		Text, Gerber, ODB++, zusätzlich PDF
Bauteil-Koordinaten	X	X		X	Nach Absprache	ASCII, Excel
Bestückungspläne	X	X		X		Gerber, ODB++, zusätzlich PDF
Testfiles	X	X		X	X	ASCII

## Hinweis

Eine akribische Dokumentation des Designs ist nötig. Von dieser Pflicht kann der Designer nicht entbunden werden. Alle Dokumente müssen mit dem Design archiviert werden.

Es ist unerlässlich, ausreichende Informationen an alle Beteiligten der Prozeßkette zu verteilen, damit das Produkt fehlerfrei hergestellt werden kann.