

Datenformate: Gerber

Arnold Wiemers

Zusammenfassung

Die FED/VdL-Projektgruppe „Design“ hat 14 Fragen offengelegt, mit denen die Kompetenz eines Datenformates klassifiziert werden soll. Die Fragen sind im Konferenzband zur FED-Jahreskonferenz 2000 in dem Referat „FED/VdL-Projektgruppe Design“ im einzelnen aufgeführt.

Der Fragenkatalog bildet das Gerüst im Hintergrund für die vorliegende Betrachtung des Gerberformates.

Neben der pauschalen Beschreibung der prinzipiellen Struktur des Gerber-Standards und seiner Tauglichkeit für die täglichen Aufgabenstellungen (Teil 1) befaßt sich dieses Referat mit allgemeinen Rahmenbedingungen, die jedes Format erfüllen sollte (Teil 2, unter Berücksichtigung der Fähigkeiten von „Gerber“), und zeigt die sinnvollen Wege (aus Sicht des Autors) für den zukünftigen Datenaustausch auf (Teil 3).

Teil 1: Das Gerberformat

Teil 1 informiert zusammenfassend über den Kern des Gerber-Formates und gibt Auskunft zu der technischen Einsetzbarkeit von „Gerber“ aus heutiger Sicht.

1.1 Vorwort

„Gerber“ ist das einfachste, das zuverlässigste und sicherste Format für den Austausch von Daten zwischen CAD- und CAM-Systemen.

„Gerber“ ist nicht vollkommen. Natürlich nicht. Aber es bietet brachliegende Möglichkeiten, die für die Bewältigung der anstehenden Aufgaben bisher außer Acht gelassen worden sind.

Das ändert nichts daran, daß „Gerber“ sich der Diskussion um neue, andere Datenformate stellen muß. Das Format muß beweisen, daß es in der Praxis nicht nur weiterhin tauglich ist, sondern darüber hinaus eine Zukunft hat. In der Vergangenheit hat „Gerber“ diese Herausforderungen mehrfach angenommen und mit stiller Bravour bestanden. „Step“, „Next“, „IPC-D350“ sind längst vergangene Stichworte früherer Debatten und Konferenzen.

„Gerber“ dagegen ist geblieben.

Welches Phänomen verbirgt sich hinter diesem anscheinend so unvollständigen, unscheinbaren und unspektakulären Format ?

Datenformate: Gerber

1.2 Gerber: das Problem und die Lösung

Fotoplotten, Laserdirektbelichtung, Bohren, Fräsen, Ritzen, Elektronische Prüfung, Flying-Probe-Tester, AOI-Systeme: Der Gang durch die Produktionsräume eines Leiterplattenherstellers führt an komplexen Maschinensystemen vorbei, die, jedes für sich so völlig verschieden vom anderen, doch alle eine Gemeinsamkeit haben: Alle aufgeführten Maschinensysteme müssen Positionen auf einem Werk Tisch ansteuern.

Sucht man für die Beschreibung dieser Aufgabenstellung nach einem mathematischen Modell, dann stellt man fest, daß es sich um Probleme in zweidimensionalen, karthesischen Koordinatensystemen handelt, also um die geometrische Beschreibung von Punkten und Vektoren in einer Ebene.

Nun, wir wissen, daß ein Punkt „P“ in der Ebene durch die Angabe seiner X-,Y-Koordinaten hinreichend und eineindeutig definiert ist (P (X/Y). Das wußte der Amerikaner Mr. Gerber in den 70er Jahren natürlich auch. Bis zu dieser Stelle konnte er auf den Erfahrungen der NC-gesteuerten Bohrmaschinen aufbauen, die selbstverständlich noch eine weitere Information haben mußten und zwar die Angabe des einzusetzenden Werkzeuges (= Tool).

Die minimalistischste Vorgabe für ein Format zur Übertragung von Produktionsdaten an eine Produktionsmaschine war damit bereits gefunden. Es müssen das Werkzeug und nachfolgend aneinander gereiht die X- und Y-Positionen angegeben werden:

Formell	Beispiel
Werkzeug-Nummer	T1
X-Position 1 Y-Position 1	X500Y1000
X-Position 2 Y-Position 2	X800Y1200
....

Für Mr. Gerber´s Fotoplotter war somit die Darstellung von Pads kein Problem. Er mußte seine Maschine nur so konstruieren, daß an der angesteuerten Koordinatenposition der Film nicht gebohrt sondern vermittels einer Lichtquelle beleuchtet wurde. In das optische System für die Belichtung wurde eine Vorrichtung eingesetzt, welche die Bohrwerkzeuge als Fotowerkzeuge simulierte und die uns heute als Blenden oder Apertures geläufig sind.

Datenformate: Gerber

Wie aber sollte der Datensatz die Information für einen Vektor transportieren. Das mathematische Modell arbeitet in diesem Fall mit Richtungsangaben, Skalarmultiplikation und ähnlichen Alternativen, allesamt in ihrer Beschreibung zu komplex für die Ansteuerung einer Werkzeugmaschine. Da ein Vektor aber nichts anderes ist, als ein Geradenstück in einer Ebene, das durch Anfangs- und Endpunkt eindeutig bestimmt ist, und da eine Leiterbahn nichts anderes ist, als die Aneinanderkettung einzelner Vektoren, begnügte er sich mit der Angabe der jeweiligen Anfangs- und Endkoordinaten: $V (X1/Y1),(X2/Y2)$.

Der geniale Schachzug von Herrn Gerber bestand aber darin, die Vektoren nicht mehr im Datenformat selbst diskret beschreiben zu wollen, sondern dafür einen der beiden Funktionszustände der Maschine zu nutzen, die das Licht entweder ein- oder ausschalten konnte.

Die einzige Erfordernis war die Verknüpfung der Koordinatenstruktur mit einer Maschinensteuerfunktion. Da er seine Werkzeuge nicht als „T´s“ kennzeichnete, wie bei Bohrmaschinen üblich, sondern als „D´s“ codierte, teilte er seine „D-Codes“ in zwei Bereiche auf, die Maschinensteuerfunktionen (D0,..., D9) und die Fotowerkzeuge (D10,...,D999).

Von den Steuerfunktionen kommen bis heute nur „D1“ (Licht an), „D2“ (Licht aus) und „D3“ (Blitzen) zum Einsatz, die übrigen Codes sind reserviert, wurden aber nie benötigt.

Das bis heute unverändert gültige „Standard-Gerber“-Format war damit festgelegt:

Formell	Beispiel
Fotowerkzeug	D14
X1-Position, Y1-Position, Maschinenfunktion 1	X500Y1000D2
X2-Position, Y2-Position, Maschinenfunktion 2	X700Y12000D1
X3-Position, Y3-Position, Maschinenfunktion 3	X1500Y1800D1
X4-Position, Y4-Position, Maschinenfunktion 4	X1500Y2400D1
....

Datenformate: Gerber

Damit allein hätte das Fotoplotten allerdings noch nicht funktionieren können. Es waren einige Erkenntnisse aus der mathematischen Geometrie erforderlich, um wirklich sicher sein zu können, daß eine praktikable Lösung gefunden worden war:

- 1.) Koordinatenpositionen und Vektoren sind alle Elemente der Ebenengeometrie
- 2.) Kreise und Quadrate sind elementare geometrische Figuren
- 3.) Ein Kreis oder Kreissegment kann als Polygon mit n Vektoren dargestellt werden
- 4.) Alle nichtelementaren geometrischen Figuren sind durch Kreise, Quadrate oder Vektoren darstellbar

Die Schlußfolgerungen, die wir an dieser Stelle ziehen können, sind von Tragweite:

Erstens: „Gerber“ ist keine individuelle Lösung sondern baut auf einem mathematischen Modell auf, dessen Regeln auch von jedem anderen Format eingehalten werden MÜSSEN.

Zweitens: Die Syntax des „Gerber“-Formates ist minimal, notwendig und hinreichend. Eine einfachere Beschreibung des Sachverhaltes, die weniger Informationen enthält, ist NICHT möglich.

1.3 Datentransfer: Fotoplotten und mehr

Die Aufgabe des Postprozesses am CAD-System bestand ursprünglich in der Bereitstellung von Produktionsdaten für die Herstellung der Leiterplatten, speziell der Arbeitsschritte Fotoplotten und Bohren. Wünschenswert sind heute außerdem Produktionsdaten für das Fräsen, Ritzen, LDI, AOI-Testen, E.-Prüfen, die Schablonenfertigung und das Bestücken der Baugruppe.

Um die Maschinen für die Durchführung der erforderlichen Arbeitsschritte anzusteuern, bedarf es eines Formates, daß in einem zweidimensionalen Koordinatensystem Punkte und Vektoren beschreiben kann. Der Sinn des Gerberformates besteht darin, GENAU DAS ZU TUN und die Analyse der notwendigen Informationen zur Steuerung der Produktionsmaschinen zeigt, daß „Gerber“ alle erforderlichen Elemente enthält.

Datenformate: Gerber

Arbeitsschritt	Im Gerberformat darstellbar	
Fotoplotten	Ja.	Per Definition erfüllt.
LDI	Ja.	Entspricht dem Fotoplotten, nur daß statt eines Filmes ein Fotopolymer belichtet wird
Bohren	Ja.	Nach Streichen der Steuerfunktionen D0,...,D9 ist die Gerber-Information voll kompatibel zu Sieb&Meyer oder Excellon
Fräsen	Ja.	Die Interpretation der Gerber-Funktion „D1“ (Licht an) als „verfahre den folgenden Vektor mit eingeschaltetem Licht“ ist voll kompatibel zu den Steuerinformationen „verfahre den folgenden Vektor mit abgesenktem Fräswerkzeug“ in Sieb&Meyer und Excellon.
Ritzen	Ja.	Analoge Aufgabenstellung zum Fräsen.
AOI	Ja.	Entspricht dem Fotoplotten. Virtueller wird das strukturierte Leiterbild auf dem Basis-material gegen die Vorgaben für Vektor-längen, Koordinatenpositionen und Werkzeugvorgaben (D-Codes) geprüft.
E.-Prüfung	Ja.	Die Koordinaten zusammenhängender Leiterbahnzüge sind in Gerber enthalten, Unterbrechungen und Kurzschlüsse werden erkannt.
	Nein.	Informationen zu elektrischen Werten (Impedanz) fehlen.
Schablone	Ja.	Herstellung über Film erfüllt. Als Laserschnitt kompatible Anforderungen zu LDI und Fräsen.
Bestückung	Ja.	Die Darstellung der Koordinatenposition eines Bauteiles ist problemlos.
	Nein.	Keine technischen Informationen zu Bauteilen (Drehrichtung, Wert).

Wir halten also fest:

Drittens: Jede Produktionsmaschine zur Herstellung von Baugruppen ist mit Informationen im „Gerber“-Format ansteuerbar.

Datenformate: Gerber

1.4 Verbreitung: wer setzt Gerber wo ein

Alle arbeiten mit „Gerber“. Jedes CAD-System gibt Gerberdaten aus, die meisten lesen dieses Format auch wieder ein. Jedes CAM-System liest Gerberdaten ein und gibt dieses Format für die Produktion wieder aus. Für CAM ist „Gerber“ das Standard-Format für die Sicherung und Archivierung sowohl der Produktionsdaten (in Kombination mit „Excellon“ oder „Sieb&Meyer“-Daten für CNC-Fräsen und -Bohren) als auch der Originaldaten.

Weltweit ist jeder Leiterplattenhersteller in der Lage, von Gerberdaten reproduzierbar zu fertigen. Die erforderlichen Konverter beim Übergang von „Gerber“ zur Maschinen-Steuersoftware sind längst erprobt, funktionieren sicher und erfolgreich und sind in der Handhabung einfach und zuverlässig. Diese Entwicklung hat sich eben einfach aus den historischen Anforderungen so ergeben und heute steht die Erfahrung von Jahrzehnten hinter der täglichen Anwendung.

Obwohl heute kaum noch Vektorplotter im Einsatz sind, sondern Laserplotter, ist „Gerber“ unverändert das Input-Format für die Filmbelichtung. Die notwendige Aufrasterung der Vektordaten für das zeilenweise Laserbelichten führt die Steuersoftware der Laserplotter durch. Die gleiche Vorgehensweise findet sich bei der Laser-Direkt-Belichtung (LDI) und für AOI-Systeme ist „Gerber“ ein Standard-Input.

„Gerber“ wird (seltener) umgesetzt in die Bohrformate „Sieb & Meyer“ und „Excellon“. Gerber-Konturen werden in Fräsdaten transformiert. Die Analyse der Gerber-Files für die Leiterbilder ermöglicht der elektronischen Prüfung die virtuelle Interpretation der Leiterbahnzüge, die Zuordnung der zu adaptierenden Prüfkordinaten und die zuverlässige Auskunft, ob eine Leiterplatte Unterbrechungen oder Kurzschlüsse hat.

„Gerber“ ist die übliche Schnittstelle für die Ansteuerung der Maschinen für den Laserschnitt von Lotpastenschablonen.

Außerhalb der Leiterplattenwelt wird „Gerber“ praktisch nicht eingesetzt, insbesondere ist eine Ansteuerung von Bestückungsautomaten auf Gerber-Basis nicht bekannt.

Wir erhalten dadurch:

Viertens: „Gerber“ ist weltweit der de-facto-Standard und die einzige zur Zeit am Markt vorhandene universelle Daten-Schnittstelle.

Fünftens: „Gerber“ ist von der Hardware-Plattform und der Software-Anwendung her absolut unabhängig.

Datenformate: Gerber

Jedes CNC-Maschinen-System in der Leiterplattenproduktion kann oder könnte die Informationen des Gerber-Formates für seine eigenen Aufgaben interpretieren.

Da sich „Gerber“ nicht verändert, ist es das ideale Format für die langjährige Archivierung von Produktionsdaten.

1.5 Fehler: ein gutes Ergebnis

Es gibt in Standard-Gerber keine Fehler, die dem Gerber-Format anzulasten sind.

1.6 Pflege: wer kümmert sich

Es konnte bis jetzt nicht geklärt werden, ob „Gerber“ weitergeführt wird. Die Fa. GERBER ist 98/99 von der Fa. BARCO übernommen worden. Nach Auskunft von BARCO sind jedoch nur die Hardware-Bereiche (Fotoplotter, AOI-Tester) übernommen worden. Lizenzrechte an der Gerber-Syntax hält BARCO nach eigenen Aussagen nicht. Eine Weiterentwicklung des „Gerber“-Formates ist nicht vorgesehen, weil hausintern mit eigenen Datenformaten im Bereich CAM und Plotten gearbeitet wird.

Und somit ist:

Sechstens: Das Gerber-Format wird vermutlich durch ein privatwirtschaftliches Unternehmen nicht weitergeführt werden.

Datenformate: Gerber

Teil 2: Allgemeine Anforderungen an Datenformate

Neben der technischen Spezifikation von „Gerber“ gibt es allgemeine Anforderungen, denen das optimale Datenformat genügen sollte. Diese Anforderungen werden in Teil 2 den praktischen Erfahrungen im Alltag (mit Referenz zu „Gerber“) gegenübergestellt.

2.1 Archivierung: ein Pulverfaß

Das Archivieren von Daten ist einfach. Schwierig ist oft das Wiederfinden.

Die Datenbestände wachsen mit der Entfernung vom CAD-System. Dort wird üblicherweise noch die gesamte Information zu einem Layout in einem File „LAYOUT.PCB“ (nennen wir es mal so) abgelegt. Wie umfangreich die Inhalte des Files „LAYOUT.PCB“ sind, hängt von der Datenbank des CAD-Systems ab, von der Eingabefreudigkeit der Layouter/innen und von den Erfordernissen des Layout-Projektes.

Das File „LAYOUT.PCB“ enthält mindestens:

- die Referenz zur Bauteilbibliothek
- die Verbindungsliste Nr. 1 (Mit Bauteilname und Pinnummer)
- die Leiterbahnen der Signalebenen
- die Bohrinformationen

Dies sind die Grundvoraussetzungen für die Beschreibung eines CAD-Layoutes. Ergänzend können in „LAYOUT.PCB“ enthalten sein:

- die Bauteilwerte
- diverse Bauteilspezifikationen (Hersteller, Toleranz, Preis)
- die Bauteilmitten (mit Drehrichtung und Pinreferenz)
- die Verbindungsliste Nr. 2 (mit Koordinatenangabe)
- die Lötstopmasken
- der Bestückungsdruck
- separate Bestückungspläne
- Kleber für SMD-Bestückung (Epoxy oder UV)
- diverse Sonderdrucke (Carbon, Via)
- die Powerplanes
- die mechanischen Konturen (Fräsen, Ritzen, Stanzen)
- die Lotpastenmasken
- die Prüfpunkte für den E.-Test mit Nadeladapter
- die Prüfkoordinaten für den In-Circuit-Test
- zusätzliche, individuelle und freibleibende Informationen.

Datenformate: Gerber

Dieses eine File „LAYOUT.PCB“ zu archivieren, ist kein Problem. Je nach Anzahl der Projekte kommen pro Jahr vielleicht 20 bis 30 Files pro CAD-Arbeitsplatz zusammen. Auch sollte die zuverlässige Rekonstruktion von Revisionen zu einem Stammlayout rückverfolgbar sein.

Ein Dilemma ist die rasante Entwicklung im Baugruppen-Bereich mit ihrer Vielzahl an neuen oder modifizierten Layouts, der zunehmend die Herstellerverpflichtung gegenübersteht, eventuell 5, 8, 10 Jahre oder gar noch länger Ersatz für die Baugruppe liefern zu müssen.

Das zweite Dilemma sind die in diesen Jahren erfolgenden Updates der CAD-Software, möglicherweise sogar ein Systemwechsel (der oft unbeabsichtigt ist). Kaum ein CAD- Programm leistet ein 100% zuverlässiges Einlesen 8 Jahre alter PCB-Daten, geschweige denn der Postprozeß erzeugt wieder identische Produktionsdaten.

Die Sicherungskopie vieler Layouter/innen besteht deshalb oft in der zusätzlichen Ablage der seinerzeit erstellten Gerberdaten.

Die Fertigung der Leiterplatten zu einem Layout beginnt mit der Übergabe der Produktionsdaten an den Hersteller. Dessen CAM bereitet diese Daten für die Prozeßtechnologie des jeweiligen Unternehmens auf.

Einer der ersten Schritte ist eventuell die Vereinheitlichung des m.n.-Formates der Daten, zum Beispiel die Konvertierung auf 3.3 metrisch statt 3.3 Inch. Dem folgt die Umrechnung der Werkzeugvorgaben in realistische Größen, zum Beispiel in Bohrdurchmesser 1.0mm statt 1.016mm (= 40mil).

Dann beginnt die Zerlegung der Daten.

Die NDK-Bohrungen werden aufgeteilt. Einmal in den Teil, der vor der Kontaktierung gebohrt wird (wegen der Paßgenauigkeit). Diese Bohrungen werden mit dem Bohrprogramm für DK's zusammengefaßt. Und zweitens in den Teil, der vor dem Konturfräsen gebohrt wird (bei zu großem Bohrdurchmesser funktioniert das Tenting nicht). Diese Bohrungen werden mit dem Fräsprogramm zusammengefaßt.

Fräsprogramme von CAD-Systemen werden grundsätzlich überprüft und in der Regel immer überarbeitet oder neu erstellt, weil sie der Fertigungspraxis auf den Fräsmaschinen nicht genügen. Die Drehrichtungen der Werkzeuge sind nicht berücksichtigt, die Eintauchpunkte für die Fräser fehlen und so weiter.

Hat die Leiterplatte einen zu vergoldenden PC-Stecker oder andere selektiv zu galvanisierende Bereiche, dann werden diese

Datenformate: Gerber

Leiterbildteile eventuell aus dem Layout der gesamten Lage herausgetrennt und an den Trennstellen bei Bedarf editiert, damit später eine Überlappung und damit die Kontaktsicherheit der gesamten Leitungsführung gewährleistet ist.

Das geht so weiter, über die Bohrprogramme für den mehrlagigen Adapterbau (E.-Prüfung) bis hin zur Konstruktion eines Liefernutzens mit Einbringung aller Aufnahmebohrungen und der Registrierungen für die Bestückungsmaschinen, entsprechend den Kundenwünschen.

Die Modifikationen der CAD-Daten und die Generierung zusätzlicher Daten durch CAM ist unerlässlich. Die Anzahl der einzelnen Datensätze explodiert mit der Expansion der Leiterplattentechnologie auf 20, 30 und mehr für die Umsetzung eines anspruchsvollen Layoutes. Um die aktuellen Auftragsbestände für die Produktion im Zugriff zu haben, müssen tausende von Datensätzen auf dem Server vorgehalten werden und hunderttausende von Datensätzen müssen im Archiv auch nach Jahren wieder präzise, unmißverständlich und vollständig zugeordnet werden können.

Die Regeln sind dabei die gleichen, wie für CAD. Die unabhängige, neutrale und kompatible Archivierung erfolgt am sichersten im Gerber-Format.

Siebtens: „Gerber“ ist ein zuverlässiges Format für die langjährige Archivierung von Produktionsdaten.

2.2 Backannotation: einer sollte alles wissen

Die Verantwortlichkeit für das Layout liegt dort, wo das Layout erstellt wird. Dort müssen alle Produktionsparameter auf ihre technische Machbarkeit hin geprüft werden. Das Layout selbst darf nur über vereinbarte Produktionsregeln entworfen werden und muß entsprechend der CAD-Bibliotheks-Vorgaben per Design-Rule-Check verifiziert worden sein.

Die strikte Vorgabe ist: Alle Änderungen an den vom CAD-System ausgegebenen Produktionsdaten müssen in die Datenbank des CAD-Layoutes zurückfließen.

Es ist in der Praxis ausgeschlossen, diese Vorgabe ohne Ausnahme zu erfüllen.

Die Manipulationen an den Daten, die der Postprozeß des CAD-Systemes erzeugt, sind einfach zu umfangreich und vom jeweiligen Leiterplatten-Hersteller und Baugruppen-Bestücker individuell abhängig.

Beispiel: Für den einen LP-Hersteller ist der vom Layout vorgegebene Abstand der nichtangeschlossenen Bauteilpins auf den

Datenformate: Gerber

Powerplanes in Ordnung, für den anderen ist er zu gering. Der eine produziert den Lötstoplack fototechnisch und reicht mit einem umlaufenden Freiraum von 50µm hin, der andere führt den Lack im Siebdruck aus und benötigt umlaufend 150µm Platz.

Nimmt die CAM des Leiterplattenherstellers solche Korrekturen an den Layout-Daten vor (und das ist an der Tagesordnung), dann müssen im Prinzip diese Produktionsparameter nicht nur in die CAD-Daten des Layoutes zurückfließen sondern sie müßten eventuell überhaupt erst von CAD überprüft und freigegeben worden sein. Es kann nicht angehen, daß ein Hersteller Sicherheitsabstände auf Powerplanes verändert, um mit geringerer Ausschußquote zu produzieren, ohne daß geklärt worden ist, ob sich dadurch möglicherweise erforderliche und berechnete elektrotechnische Funktionen der Leiterplatte (EMV, Impedanzen) verändern.

Was ist mit Einzelleiterplatten, die der LP-Hersteller im Auftrag des Bestückers (!) im Nutzen setzt und diesem geritzt auch im Nutzen anliefert. Genaugenommen hätte auf dem CAD-System der Design-Rule-Check diese Variante überprüfen müssen, um sicher zu stellen, daß der Abstand aller Leiterbildstrukturen zur Platinenkontur für die Trenntechnik „Ritzen“ ausreichend ist.

Nun sind das alles technische Parameter. Diese Schwierigkeiten wird es ja wohl auf der Informationsebene, zum Beispiel, welches Material eingesetzt werden soll, nicht geben.

Ein Irrtum. Es zeigt sich, daß die Begrifflichkeiten erst recht unübersichtlich werden, je weiter von der technischen Beschreibung abgerückt wird. Gerade die Bezeichnungen für Basismaterialien sind für die zu erwartende Verwirrung typisch. Wer weiß, ob „Duraver-E-Cu“ das gleiche ist, wie „FR4“. Oder ob es Unterschiede zwischen „BT“ und „G200“ oder zwischen „PD“ und „Polyimid“ gibt. Unklar ist, ob für einen Multilayer-Aufbau die Angabe „Prepreg-Typ 1080“ genügen wird. Je nach Basismaterialhersteller schwanken die Dickenangaben für dieses Prepreg von < 60µm bis > 70µm, die Angaben für Epsilon-R liegen zwischen 4.3 und 4.5.

Jegliche eng tolerierte Impedanzberechnung kann vor diesem Hintergrund schnell Makulatur sein, ein funktionierendes Produkt ein Zufallsereignis. Also wäre doch lediglich die präzise Angabe des Materials, beispielsweise Hersteller „X“ liefert Prepreg „Y“ mit dem Epsilon-R „Z“, erforderlich. In der Praxis würde das zur Handlungsunfähigkeit wohl aller Leiterplattenhersteller führen, weil die Lagerung gleicher Materialien unterschiedlicher Materiallieferanten mit (aus der Sicht des LP-Herstellers geringfügig abweichenden Eigenschaften) aus Gründen der Logistik und der Kosten nicht durchführbar sein wird.

Datenformate: Gerber

Die Backannotation wird unüberschaubarer, wenn der Informationsumfang im Datensatz größer wird. Prinzipiell müssen Archivfiles bei Änderungen einen geänderten Revisionsindex erhalten. Nehmen wir mal an, das Datenformat enthält die Informationen für die Leiterplattenherstellung und die Bestückung und es ändert sich der Toleranzwert oder die Bezugsquelle für ein Bauteil. Der Bestücker muß dann diese Information an das CAD-System zurückliefern – aber doch wohl auch an den Leiterplattenhersteller. Den betrifft zwar diese Änderung in keinsten Weise, er müßte aber trotzdem seine Archivdaten updaten, weil er sonst einen anderen Revisionsstand für das Produkt in seinem Archiv führen würde.

Das Ergebnis wäre mit der Zeit ein expandierender Datentourismus ohne Sinn.

Unterläßt der Leiterplattenhersteller die Archivierung der Daten für die Bestückung, dann braucht er diese Daten von vornherein nicht zu bekommen. Ergo wäre eine gezielte Reduktion des Datentransfers auf die Bedürfnisse des jeweiligen Produktionsprozesses von Beginn an sinnvoll, also der Zustand erstrebenswert, so, wie er heute ist.

Angenommen, es gäbe ein entsprechend komplexes Format für einen Datenaustausch: die Rückführung dieser Daten von CAM an CAD wäre oft sinnlos. Doch wo sind die Grenzen und von wem werden sie gezogen. Offiziell gibt es keine Regelungen und momentan handelt jeder LP-Hersteller im Rahmen seinen ISO-Konzeptes nach eigenen Vorstellungen.

Wir erhalten damit:

Achtens: Durch die Unterschiede in der Beschreibung des Layoutes und der Beschreibung der Produktionsunterlagen ist eine vollständige und gemeinsame Backannotation von CAM oder Bestückung nach CAD AUSGESCHLOSSEN.

Datenformate: Gerber

2.3 CAD-Systeme: die Illusion des Raumes

Die Übergabe von Produktionsdaten im Gerber-Format von CAD an CAM ist so selbstverständlich, daß nie hinterfragt wird, warum dies überhaupt möglich ist. Schließlich beschreibt „Gerber“ doch nur zweidimensionale Daten, während am CAD-System offensichtlich mehrere Ebenen dreidimensional übereinanderliegen und zum Beispiel ein verschobenes Bauteil mit allen Komponenten gleichzeitig auf allen Ebenen im Raum bewegt wird.

Eine beachtliche Software-Leistung, tatsächlich aber nur eine optische Täuschung. In der Datenbank passiert nichts anderes, als daß die Vektorkoordinaten durch eine zusätzliche Angabe für „LAYER“ ergänzt werden.

Das ergibt für die Beschreibung eines Vektors die Struktur: V (X1/Y1), (X2/Y2), LAYER.

Mit dem Postprozeß entfällt die Weitergabe der Information „LAYER“, weil sie nicht von Bedeutung ist. Erst auf der Seite des Leiterplattenherstellers ergänzt das CAM-Programm den Vektor wieder um die Information eines „LAYER“, um in seiner internen Datenbank die Ebenen zu trennen.

Wenn man die Erfordernisse der Organisation einer CAD-internen Datenbank mal außer Acht läßt, dann hat die Beschreibung eines Vektors die Struktur: V (X1/Y1), (X2/Y2).

Und das ist wieder ganz genau die Definition des Gerber-Formates.

Also:

Neuntens: „Gerber“ ist von seiner Struktur her identisch mit der Datenstruktur der CAD-Systeme.

Zehntens: Es liegen keine technische Einschränkung vor, die das EINLESEN von Gerberdaten in CAD-Systeme verhindern.

Datenformate: Gerber

2.4 Datenformat: nur ein Transport- karton

Wenn die Datensätze für die Produktion einer Leiterplatte oder Baugruppe beim Hersteller vorliegen, dann sind bereits alle Entscheidungen getroffen. Das bedeutet nicht, daß damit alle wünschenswerten Informationen an den Hersteller weitergereicht worden sind sondern nur, daß er über die vorliegenden Informationen hinaus weitere Auskünfte NICHT bekommen kann, weil diese Auskünfte in dem „Karton“ ´Datenformat´ nicht enthalten sind.

Ein Grund kann sein, daß die gewünschte Information nicht in den Karton hineingepaßt hat. Ist dies der Fall, dann muß der „Karton“ so verändert werden, daß er die zusätzlichen Informationen in Zukunft aufnehmen und transportieren kann. Das heißt im Klartext, ein unfähiges Datenformat muß SOFORT durch ein fähiges Datenformat abgelöst werden.

Der Grund kann aber auch sein, daß der „Karton“ die gewünschte Information sehr wohl hätte transportieren können: wenn sie denn in ihn hineingepackt worden wäre.

Gepackt wird der „Karton“ durch den Postprozeß des CAD-Systems. Was der Postprozeß nicht einpackt oder einpacken kann, wird auch nicht verschickt.

Das ergibt:

Elftens: Der Postprozeß am CAD-Systems entscheidet über die Inhalte des Datenformates.

Entscheidend ist aber der folgende Abschnitt, der die Thematik „Datenformate“ mit einem völlig anderen Schwerpunkt versieht.

Datenformate: Gerber

2.5 CAD-Bibliothek: der Schlüssel zu allem

Auch der Postprozeß ist nicht das ausschlaggebende Instrument, das die Quantität, vor allem aber die Qualität des Datenformates bestimmt.

Der Schlüssel zur hier diskutierten Problematik ist die CAD-BIBLIOTHEK, die zentrale Basis, auf der die Leistungsfähigkeit des CAD-Systems aufbaut. Die CAD-Bibliothek definiert die Grenzen, aber auch die Freiräume, die das CAD-Layout ausfüllen kann.

Die Bibliothek enthält erstmal alle elementaren Definitionen für Lötflächen, Bohrungen und Leiterbahnzüge. Aus diesen Grunddefinitionen werden dann nachfolgend die Bauteile der Bibliothek zusammengesetzt. Bei der Platzierung im Layout nehmen diese Bauteile die vorher definierten Eigenschaften mit. Die Ergänzung der Bauteilinformationen durch Leiterbahnen und Vias ergibt als Informationssumme schließlich das CAD-Layout.

Nach dessen Fertigstellung wertet der Postprozeß die Informationen des CAD-Layoutes aus und stellt sie als Datenformat für die Produktion der Leiterplatte oder Baugruppe zur Verfügung.

Nun, es ist einfach und offensichtlich einzusehen, wie die Mängel in dieser Kette miteinander verknüpft sind:

- Das Datenformat KANN NICHT enthalten, was der Postprozeß nicht liefert.
- Der Postprozeß KANN NICHT liefern, was die Bibliothek nicht enthält.
- Die Bibliothek KANN NICHT enthalten, was ihr nicht mitgegeben wurde.

Die CAD-Bibliothek also, das ist es.

Die Leistungsfähigkeit der CAD-Bibliothek wird durch die Leistungsfähigkeit der CAD-Software festgelegt. Was nicht programmiert ist, kann in der Bibliothek einem Bauteil auch nicht zugeordnet werden.

Ein einfaches Beispiel ist die Zuordnung des Bauteilmittelpunktes für die Ausgabe eines Files zur Ansteuerung einer Bestückungsmaschine. Bietet eine CAD-Software nicht die Möglichkeit, zu jedem Bauteil in einer eigenen Lage diesen Bauteilmittelpunkt anzulegen, sorgt die Software nicht dafür, daß bei der Bauteilplatzierung die Koordinaten des Mittelpunktes mitgenommen werden und gibt die Software später beim Postprozeß keine Unterstützung für das formatierte Ausgeben (Mittelpunktskoordinaten, Bauteilname, Drehrichtung) dieser Mittelpunktsinformationen, dann kann auch kein Datenformat der Welt diese Hinweise zur Bestückungsmaschine transportieren.

Datenformate: Gerber

Ein ganz anderer, nichttechnischer Gesichtspunkt kommt bei der Analyse des Fähigkeitsspektrums der Software hinzu:

Wer verwaltet und organisiert die Bibliothek, wer baut sie auf, pflegt die Daten, erweitert, streicht, überarbeitet, ergänzt und kontrolliert. Wir. Wir Layouterinnen & Layouter sind für die Informationen zuständig, mit denen die Bauteile in den Bibliotheken versehen sind.

Aus historischer Sicht sind wir zwangsläufig Autodidakten und wir haben uns mit unseren CAD-Systemen so gut organisiert, wie es eben geht.

Eine zentrale Arbeit beim Layouten ist die Verknüpfung der Pinreferenzen der Verbindungsliste mit den Pinreferenzen der Bauteile aus der CAD-Bibliothek. Der Einfachheit halber sind die Pinreferenzen numerisch, ein zweipoliger Widerstand hat die Pinnummern „1“ und „2“. Kein Problem. Aber auch eine Diode und ein gepolter Kondensator haben die Pinnummern „1“ und „2“. Es gibt keine Regel, daß Pin „1“ immer die Kathode oder der Pluspol sein muß. Als geeignetere Bezeichnung drängen sich alphanumerische Pinbezeichnungen auf, wie „K“ für Kathode, „A“ für Anode, „P“ für Plus und „M“ für Minus.

Es gab (oder gibt) allerdings viele CAD-Systeme, die alphanumerische Bezeichnungen nicht zulassen. Innerhalb eines geschlossenen Systems, als das ein CAD-System bis auf weiteres angesehen werden muß, ist dies trivial. Sobald aber das Entree in ein externes System gesucht wird, ist diese uneinheitliche Bezeichnung der Pinreferenzen ein nur mit gewaltigem Prüfaufwand und versteckten Risiken zu überwindende Aufgabenstellung.

Wir kommen zu:

Zwölftens: Die Qualität der Bibliothek des CAD-Systems bestimmt die Qualität des Postprozesses und die Transportfähigkeit des Datenformates.

Datenformate: Gerber

2.6 Extended Gerber: wenn der Postprozeß nicht wäre

Mit „Datenaustausch“ ist gemeint, daß ein komplexer, vor allem aber automatisierbarer Transfer von Informationen möglich ist. Ein Schritt in Richtung Automatisierung hat Gerber mit dem Format „Gerber extended“ gewagt, zum Beispiel durch die Integration der Fotowerkzeuge (= D-Code-Tabelle) in die Files für die Beschreibung der Leiterbilder. Mit der Durchführung des Postprozesses am CAD-System ist damit die separate Pflege der definierten Fotowerkzeuge nicht mehr erforderlich. Die Werkzeuginformationen werden vom Postprozeß direkt aus der CAD-Bibliothek gelesen und in das File für CAM gepackt.

In kürzester Zeit ist dabei auf vielen CAD-Systemen die Kontrolle über die eingesetzten D-Codes wohl verlorengegangen. Waren früher die Leiterbilder mit 50 D-Codes beschrieben, so sind es heute 120, 150 oder gar noch mehr. Waren früher die D-Codes sinnvollerweise in 1/10mm- oder in 1/20mm-Intervalle eingeteilt, so sind heute 1/100mm-Blendenabstände (1.60, 1.61, 1.62) innerhalb ein und desselben Layoutes an der Tagesordnung. War früher die Blende „D14“=1.0mm, rund (beispielsweise) gültig für alle Files zur Beschreibung der Leiterbilder eines Layoutes, so differiert das heute von File zu File, mal ist „D14“ für die Innenlage „1.0mm, rund“ und für die Lötstopmasken des gleichen Layoutes „1.21mm, quadratisch“. Ganz zu schweigen von der Eigenart mancher Postprozesse, als Basiseinheit für das Blendenmaß innerhalb einer Tabelle metrisch und zöllig zu vermischen.

Auf der Layoutseite wird durch die beliebig mögliche Blendenvorgabe die Illusion vermittelt, für impedanzkontrollierte Leitungen wäre eine Leiterbahnbreite von 1.53mm legitim. Ich gehe mal davon aus, daß in der Praxis alle Leiterplattenhersteller diesen Wert auf 1.50mm oder 1.55mm runden, der eine so, der andere so, wie auch immer, dem Schaltungsdesigner geht jedenfalls ein Stück Kontrolle über seine Baugruppe verloren, ohne daß ihm das bewußt wird.

Auf der Leiterplattenseite ist eine beliebige Blende ebenfalls nicht praktikabel, weil bedingt durch die Produktionsprozesse „Strukturbelichtung“ und (vor allem) das „Ätzen“ eine Korrektur der Blendentabellen vorgenommen werden muß. Die Laserplotter müssen auf diese korrigierten Blendentabellen eingemessen werden, weil sonst die Leiterbildstrukturen mit < 150µm Leiterbahnbreite und – Abstand und erst recht die zunehmend geforderten Leiterplatten in MFT (= Mikrofeinstleiteteknik) nicht zu fertigen sind.

Datenformate: Gerber

Eine weitere Errungenschaft bei „Extended“ ist die Anlage von Makros, ursprünglich dafür gedacht, nicht-rotationssymmetrische Bildstrukturen effektiver transportieren zu können.

Es hat wahrscheinlich niemand damit gerechnet, daß runde Pads, für die die Angabe P(X/Y) gereicht hätte, als Makro in vielfach überdeckende Polygone zerlegt werden, anscheinend je nach Lust und Laune des erzeugenden Postprozesses.

Letztlich wurde „Extended“ die Option der Flächenfüllpolygone mitgegeben. Erlauben Sie mir, diesen Punkt abzukürzen. Nur soviel. Es ist sehr interessant, auf verschiedenen CAM-Systemen die Interpretation der Vorschrift „Fülle alle Polygone flächig aus, aber nicht in den Bereichen, in denen benachbarte Polygone sich überschneiden“ zu betrachten.

Damit ergibt sich leider:

Dreizehtens: Die Fehlerrate steigt mit der Komplexität des Datenformates.

Datenformate: Gerber

2.7 Postprozeß: gute Ideen sind selten

Noch ein Wort zum Postprozeß.

Mit den Anforderungen an die EMV einer Baugruppe ist das Füllen von Flächen und Zwischenräumen erforderlich geworden. An die Algorithmen zur Analyse von Füllbereichen und zum Umsetzen in das gewünschte Datenformat werden höchste Ansprüche gestellt.

Am CAM-Bildschirm reicht das Spektrum der Beurteilung des Ergebnisses dieser Algorithmen von „perfekt“ bis „erschütternd“. Viele Postprozesse füllen WIRKLICH JEDEN freien Raum aus. 300µm-Layouts mit Flächenstückchen von 100µm x 200µm sind keine Seltenheit. Ebenfalls häufig ist das Erzeugen von Flächen, die nicht an einem Potential liegen und deren abschirmende Eigenschaften bezweifelt werden müssen.

Für diese Flächen gibt es keine Verbindungslisten und keine Prüfkoordinaten. Im Prinzip ist damit aus Sicht der Leiterplattenproduktion ein Schluß zwischen Leiterbahn und potentialfreier Fläche kein Fehler und würde bei der AOI-Prüfung einzelner Innenlagen zwar erkannt, nicht aber bei der vollständigen Funktionsprüfung eines komplett fertigen Multilayers mit Nadeladaptern oder Flying-Probe-Testern.

Ob durch einen solchen Schluß die Baugruppe um eine mögliche Zusatzantenne bereichert wird: wer weis.

Somit ist:

Vierzehntens: Die Qualität der CAD-Postprozesse ist höchst unterschiedlich.

Datenformate: Gerber

2.8 Daten: ein Sammelbegriff

Wenn das „richtige“ Datenformat gefunden werden soll, dann muß definiert sein, was „Daten“ sind und wie Daten klassifiziert werden können.

Aus der Praxis heraus lassen sich unterscheiden:

- Wirtschaftliche Informationen : „Fertigen Sie „X“ Stück zum Preis „Y““.
- Logistische Informationen : „Liefere Sie am Tag „X“ an Adresse „Y““.
- Produktspezifikationen : „Nehmen Sie Material „X“, fertigen Sie mit / ohne Bestückungsdruck“.
- Technische Informationen : „Belichten Sie die Vektoren V_1, \dots, V_n auf der Bestückungsseite.
Bohren Sie an Position X/Y“.
- Maschinenparameter : „Bohren Sie Werkzeug T1 mit der Spindeldrehzahl „X“, dem Vorschub „Y“, dem Hub „Z“ und der Höhe „U““
„Kontaktieren Sie den Produktionszuschnitt im galvanischen Bad mit „X“ Ampere“.
- Dokumentation : „Bemaßung nach Zeichnung „X“, Multilayer nach Bauplan „Y““.
- Allgemeine Informationen : „Wenden Sie sich bei Rückfragen an Herrn/Frau „X““.

Zur Zeit sind Art und Umfang der zu einem Datenformat gehörenden Informationen nicht spezifiziert.

Damit ist:

Fünftehtens: Der Begriff „Datenformat“ ist undefiniert.

Datenformate: Gerber

2.9 Konverter: der ruhende Pol wird gesucht

Der Datenaustausch zwischen CAD-Systemen mit gleicher CAD-Software ist einfach: wenn beide Systeme den gleichen Software-Revisionsstand haben. Wenn nicht, dann müssen die Daten konvertiert werden. Das funktioniert in der Regel in Richtung „Älteres System“ nach „Neueres System“, WENN die Programmierer für Aufwärtskompatibilität gesorgt haben.

Die Abwärtskompatibilität von „Neueres System“ auf „Älteres System“ funktioniert nie ohne Verluste irgendwelcher Informationen (sonst müsste man den Sinn des Updates anzweifeln).

Sehr oft bleibt es den Menschen vor dem Bildschirm überlassen, dahinterzukommen, was sich geändert hat und zu verifizieren, ob das File für die Produktion noch die erforderlichen und richtigen Inhalte transportiert.

Anspruchsvoll wird der Austausch von Daten zwischen verschiedenen CAD-Systemen, die jeweils unterschiedliche Revisionsstände haben. Erst recht kompliziert ist der Austausch zwischen CAD- UND CAM-Systemen unterschiedlicher Revisionsstände.

Die so entstehende Variantenvielfalt mit ihrer beträchtlichen Unsicherheit hinsichtlich bestehender oder fehlender Kompatibilitäten ist gewaltig.

Da auf Grund der historisch vorhandenen unterschiedlichen Datenbanken der CAD-Systeme eine einheitliche Datenbank nicht vorstellbar ist, wäre ein einheitliches Datenformat von seiner Natur her erstmal nichts anderes als ein allgemeingültiger Konverter, dessen Aufgabe darin bestehen würde, die „richtigen“ Felder aus der Datenbank des Systems „X“ auszulesen und anschließend diese Informationen in die äquivalenten Felder des Systems „Y“ einzulesen.

Soll der Konverter funktionieren, dann muß er ALLE am Markt befindlichen CAD-, CAM- und Bestückungssysteme emulieren können.

Soll er ZUVERLÄSSIG und RÜCKWÄRTSKOMPATIBEL funktionieren, dann darf er nur die Datenstrukturen beschreiben, die allen Systemen gemeinsam zu eigen sind.

Die Komplexität des Konverters ließe sich erheblich reduzieren, wenn jedes CAD- und CAM-System grundsätzlich mit der aktuellsten Software-Version betrieben würde (ein Traum der EDA-Industrie). Das geht in der Praxis nicht, weil CAD zwar autonom, CAM aber nur ein Glied in der Kette ist. Die CAD-Welt ist virtuell, die CAM-Welt real. An jedem CAM-System hängt die Ansteuerung von teuren Produktionsmaschinen. Es ist sicherlich verständlich, wenn

Datenformate: Gerber

mit gelegentlichen Software-Versionen-Wechseln die Hardware-Plattform und das Betriebssystem neu angeschafft werden muß, auch wenn es um einige tausend Mark geht. Es ist aber wirtschaftlich ausgeschlossen, daß in Jahreszyklen in Folge eines CAM-Updates mit einer Erweiterung der Leistungsfähigkeit des Datenformates für hunderttausende von Mark in neue Produktionsmaschinen investiert wird.

Weil der Konverter auf jede CAD- und CAM-Revision reagieren muß, müsste ER SELBER bei einer Revisionen eines dieser Systeme revidiert werden.

Auf Grund der langen Archivierungszeit von mehreren Jahren muß der Konverter zudem zu sich selbst kompatibel bleiben, um diese Datenbestände auch nach Jahren noch verarbeiten zu können. Das heißt praktisch, er müsste über einen denkbaren Zeitraum von 10 Jahren auf jede beliebige neue und alte Datenstruktur, die sich in dieser Zeit auf irgendeinem CAD oder CAM-System ereignet hat, anwendbar sein.

Eine Aufgabenstellung mit erschreckenden Dimensionen, die doch sehr nach Utopie klingt.

Es sei denn, die Vorgehensweise wird gedanklich umgedreht. Nicht der Konverter muß CAD und CAM verstehen, sondern umgekehrt, CAD und CAM müssen den Vorgaben des Konverters genügen. Wenn dann die Leistung des Konverters unveränderlich festgehalten wird, ist die optimale Lösung vorhanden.

Es gibt bereits einen solchen Konverter: Gerber.

Es ist:

Sechzehntens: Gerber ist der kleinste gemeinsame Nenner, auf den sich alle CAD- und CAM-Systeme bringen lassen.

Datenformate: Gerber

2.10 Geheimhaltung: Weniger ist Mehr

Die Sensibilität beim Transfer von Daten steigt. Das ist verständlich, wenn bedacht wird, daß beträchtliche Ideen, Gelder und Energien in Entwicklungskonzepten gebündelt werden, die für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens zukunftsbestimmend sein können.

Die neuerdings möglichen kryptologischen Verschlüsselungsstrategien stellen jede ENIGMA in den Schatten. Es kann als ausgeschlossen angenommen werden, daß der Code eines verschlüsselten Datensatzes mit verfügbaren Mitteln gebrochen wird. Der Schwachpunkt des Verfahrens liegt denn auch an anderer Stelle, in der kontrollierten Weitergabe des Schlüssels, den der Adressat benötigt, um die Nachricht lesen zu können.

Weiter muß bedacht werden, daß der Schaden, der durch einen entschlüsselten Datensatz entsteht, um so größer ist, je umfangreicher der Informationsinhalt des Datensatzes ist.

Wir konstruieren folgende Situation und stellen uns ein Format vor, in dem ein Datensatz ALLE Informationen für eine entwickelte Baugruppe transportiert: die Beschreibung der Schaltungssignale (Takte, Signallaufzeiten, Impedanzen, Schnittstellenprotokolle), die Spezifikation der Leiterplatte (Material, Epsilon-R, Lageraufbau), alle Produktionsparameter für die Leiterplatte (Film, Bohren, Fräsen, AOI, E.-Test), alle Bauteilinformationen mit kompletter Angabe (Artikel, Hersteller, Toleranz, Werte), die Dokumentation des In-Circuit-Testes (Signalpegel, Prüfpunkte) sowie die mechanischen Gehäuseparameter.

Wir stellen uns weiter vor, dieses Produkt wird für die Kalkulation ausgeschrieben. Der Bereich „Einkauf“ hängt also diesen Datensatz an seine eMail-Anfrage und verschickt ihn verschlüsselt automatisch an seine im eMail-Verteiler angekoppelten 3 bis 5 Leiterplattenhersteller, an 3 bis 5 Bestücker, und an 3 bis 5 Gehäusefertiger. Jeder der möglichen Lieferanten benötigt den Schlüssel zum entcodieren und gibt ihn an seinen Mitarbeiterkreis weiter, weil, zum Beispiel beim Leiterplattenhersteller, ein Kollege die Datenaufbereitung für die Anfrage durchführt und ein anderer sich dann mit der Preisfindung beschäftigt.

Zu dem Zweck stellt er den Datensatz (= papierlose Fertigung) entschlüsselt in das firmeninterne Netz, auf das dutzend andere Personen Zugriff haben.

Die 3 bis 5 Bestücker wiederum leiten ihre Anfrage an jeweils 3 bis 5 Bauteildistributoren weiter, inklusive Schlüssel oder sogar im Klartext.

Datenformate: Gerber

Seien wir ehrlich, so wird es in der Praxis sein und es ist offensichtlich, daß dieser Weg nicht gangbar ist. Wie soll das kontrolliert werden, wer übernimmt die Haftung.

Aus kryptologischer Sicht ist klar, daß die Nachricht selbst das Problem ist und das eine Information nur dann sicher ist, wenn Sie NICHT weitergegeben wird.

Das führt uns zu der grundsätzlichen Einsicht:

Siebzehntens: Der Datensatz zu einer Baugruppe darf niemals alle Information zur Fertigung der Baugruppe enthalten.

„Gerber“ erfüllt diese Forderung auf perfekte Art, weil der Mangel an Inhalten ein hohes Maß an Sicherheit bedeutet.

Es kann Ihnen sonst wohlmöglich passieren, daß Sie IHR Produkt schneller zukaufen können, als daß sie es selbst auf den Markt gebracht haben.

2.11 Firmen- politik: ja, also eigentlich: nein

Die ideale Anforderung an ein Datenformat scheint im gegenseitigen und gleichwertigen Austausch aller relevanten Informationen zwischen CAD-/CAM-Systemen und Produktionsmaschinen zu bestehen.

Ich reduziere die Betrachtung mal auf den Austausch von Daten zwischen zwei CAD-Systemen unterschiedlicher Hersteller. Ein Datenformat, daß endlich für Kompatibilität sorgen würde, wäre eine Sensation. Schon lange schlagen die Wogen über unseren Köpfen zusammen. Keine Unterstützung bei einem Layout-Überhang, weil der Dienstleister nicht datenkompatibel ist, keine Teilfertigung bei der Layouterstellung. Die Projekte drücken, die Termine explodieren, Zeit ist Geld, doch in der Praxis ist jeder an sein CAD-System gebunden, auf sich allein gestellt und kann auf Hilfe nicht hoffen.

Man verspricht uns Layoutern, daß an einem gemeinsamen Format intensiv gearbeitet wird. Was würde passieren, wenn wir morgen dieses Format hätten. Stellen Sie sich zwei CAD-Systeme vor, ein kleines, preiswertes System, nennen wir es mal „CADMINI“, daß einen interaktiven Router-Editor besitzt, 30 Layer verwaltet und mit dem eine Bauteilbibliothek gepflegt werden kann, und ein großes, teures System „CADMAXI“, daß alles kann, von der Simulation (Impedanz, High-Speed, EMV, Thermoanalyse, Schaltungssimulation) bis zum 100%igen Autorouten.

Was das reine Layouten betrifft, so bestehen 80% bis 90% der Arbeit aus Anlage und Pflege der Bauteile, Pads, Tracks und Shapes, aus der Festlegung mechanischer Vorgaben (Umschnitt-

Datenformate: Gerber

kontur, Ausfräsungen, Bemaßung, Lagenaufbau), aus der optimalen Plazierung der Bauteile auf der Leiterplatte und aus dem manuellen, interaktiven Verlegen der wichtigsten Signale, Bussysteme und Stromversorgungen und aus der Erstellung der Spezifikationen und der Dokumente für die spätere Leiterplatten-Produktion oder die Baugruppenbestückung.

Eine ideale Aufgabenstellung für „CADMINI“. Anschließend geht's dann über die kompatible Schnittstelle in's „CADMAXI“ zur Bearbeitung der letzten 10% - 20%.

Die Schlußfolgerung ist, daß 80% aller „CADMAXI“-Arbeitsplätze mit ihrer teuren Software, ihren hohen Wartungsgebühren und ihrem hohen (kostenpflichtigen) Schulungsbedarf durch preiswerte „CADMINI“-Arbeitsplätze ersetzt werden könnten - und würden.

Es ist illusorisch, anzunehmen, daß die ECAD-Industrie für „CADMAXI“-Arbeitsplätze daran Interesse hätte und das läßt nur ein Ergebnis zu:

Achtzehntens: In den freien Wirtschaftsunternehmen ist NIEMAND ernsthaft daran interessiert, ein Format für den voll kompatiblen Austausch von Daten zu entwickeln.

„Gerber“ bietet dagegen schon seit Jahrzehnten einen sicheren Datenaustausch auf elementarem Niveau.

Datenformate: Gerber

2.12 Justitia: die Waage muß ins Gleichgewicht

„Sie wenden Software auf eigene Gefahr an“. Das kennen wir. Für die EDA-Industrie ist „Produkthaftung“ ein unbeliebtes Wort. Zumindestens in Teilbereichen der CAD-Software-Anwendungen muß damit Schluß gemacht werden.

Natürlich kann es nicht angehen, daß der Bestücker haftet, wenn ihm sein Leiterplattenhersteller fehlerhafte Produkte beigelegt hat. Es kann aber auch nicht angehen, daß der Leiterplattenhersteller haftet, wenn er vom Layouthersteller einen fehlerhaften Datensatz bekommen hat.

Und auch der Layouthersteller darf nicht haftbar sein, wenn sein CAD-System durch einen fehlerhaften Postprozeß fehlerhafte Informationen in den Datensatz generiert hat.

Die Vorgehensweise, daß der Empfänger eines Datensatzes für dessen Inhalt verantwortlich ist, und nicht der Absender, muß korrigiert werden.

Ein Manko bei der Zuordnung der Produkthaftpflicht ist, daß bei genauerer Betrachtung der Thematik „Datentransfer“ deutlich wird, daß es keine juristisch greifbare Spezifikation von Datenformaten gibt. Es gibt keine rechtsverbindliche Norm und keine Vorschrift darüber, welche Informationen ein Datensatz enthalten kann, welche er enthalten darf oder welche er enthalten muß.

Alle Offenlegungen von Datenformaten sind ohne Gewähr und unverbindlich. Im Prinzip werden Daten zwischen CAD, Leiterplatte und Bestückung seit Anbeginn der elektronischen Ära in einem rechtsfreien Raum ausgetauscht. Im Reklamationsfall hängen Expertisen und Gutachten in der Luft und sind vom guten Willen der Beteiligten abhängig, wobei der unschuldig Betroffene oft genug auf der Strecke bleibt. Während bei größeren Unternehmen die entstandenen Verluste schon mal „budgetiert“ werden können, ist eine solche Situation für einen mittelständischen Layoutdienstleister existenzbedrohend.

Neunzehntens: Formate für den Datenaustausch müssen juristisch transparent werden.

„Gerber“ bietet diese Transparenz durch seine einfache und überschaubare Struktur.

Datenformate: Gerber

Teil 3: Die mögliche Lösung

Es mag enttäuschend sein, daß „Gerber“, wohlgemerkt: „Standard-Gerber“, das Beste ist, was wir im Moment und sicher auch in naher Zukunft haben werden.

Die Entwicklung war eben so, und damals, „als alles begann“, hatten wir den Blick auf die heutigen Aufgabenstellungen nicht. Welche möglichen Lösungen es geben kann, beschreibt der Teil 3.

3.1 Aufgabenstellung: ALLE müssen helfen

Die Leistungsfähigkeit, die in modernen CAD- und CAM-Systemen verborgen ist, will niemand von uns mehr missen. Die Arbeit, die hinter dem Aufbau, der Weiterentwicklung und der Pflege eines solchen Systems steckt, verdient unvoreingenommenen Respekt. Den Programmierern und Programmierern, die Tag für Tag Verbesserungen und Lösungen für unsere Probleme in Software-Code umsetzen, gebührt unser Dank.

Doch sollten wir Sie nicht länger allein lassen. Die EDA-Industrie hat sich für uns in den letzten Jahrzehnten den Kopf zerbrochen. Sie hat ein Recht darauf, daß wir aufwachen, mitarbeiten, unsere Vorstellungen formulieren und die anstehenden Aufgaben gemeinsam und partnerschaftlich anpacken: CAD, Leiterplatte und Bestückung haben die Pflicht, ihre Anforderungen zu spezifizieren.

Datenformate: Gerber

3.2 Das vorläufige Standard-Datenformat

Die Daten für die Beschreibung einer Baugruppe durch das CAD-System können grob in „Produktionsdaten“ und in „Informationsdaten“ aufgeteilt werden. „Standard-Gerber“ bleibt vorläufig das Standard-Datenformat der Produktionsdaten für CNC-Maschinen.

Es gelten für die Informationen zur Maschinensteuerung die Anforderungen:

- Leiterbilder, Lötstopmasken und Drucke werden in Gerber ausgegeben
- Bohrprogramme werden in Gerber, Excellon oder Sieb&Meyer ausgegeben
- Fräsprogramme werden in Gerber, Excellon oder Sieb&Meyer ausgegeben
- Ritzprogramme werden in Gerber, Excellon oder Sieb&Meyer ausgegeben
- Die Beschreibung der Daten erfolgt im ASCII-Format.
- Die Koordinatenbasis ist metrisch, das m.n.-Format ist 3.3mm einheitlich für alle Produktionsdaten.
- Das Format enthält keine Makros und keine Polygonflächen
- Jedes CAD- und jedes CAM-System muß jetzt und in Zukunft ohne zeitliche Beschränkung die Schnittstelle GERBER-IN und GERBER-OUT bieten.

Für die weiteren erforderlichen Informationen könnten die Vorgaben so aussehen:

- Wirtschaftliche Informationen werden im ASCII-Format weitergegeben.
- Logistische Informationen werden im ASCII-Format weitergegeben.
- Produktspezifikationen werden im ASCII-Format weitergegeben.
- Maschinenparameter werden nicht weitergegeben sondern sind Sache des jeweiligen Herstellers.
- Dokumentationen in Form von Zeichnungen werden im PDF-Format weitergegeben.
- Allgemeine Informationen werden im ASCII-Format weitergegeben.

Datenformate: Gerber

3.3 Einheitliche D-Code-Liste

Vorgeschlagen wird eine einheitliche Standard-D-Code-Tabelle mit den Eigenschaften:

- Verfügbare geometrische Symbole sind „Kreis“, „Quadrat“, „Ring“ und „Wärmefalle“
- Fotowerkzeuge sind für alle geometrischen Symbole von 0.01 mm bis 6.50 mm definiert
- Die Intervalle der Werkzeuge sind:
 - 10ym : von 0.01 mm bis 0.30 mm
 - 50ym : von 0.35 mm bis 3.00 mm
 - 100ym : von 3.10 mm bis 4.00 mm
 - 500ym : von 4.50 mm bis 6.50 mm

Dies sind insgesamt zirka 400 Blenden, die allen CAD- und CAM-System als Fotowerkzeuge zur Verfügung stehen würden. Zu prüfen ist die Ergänzung um separate SMD-Pads, deren Dimensionen auf den vorgegebenen D-Codes aufbauen müssen. Maximal belegbar sind die D-Codes von D10,...,D999. Die D-Codes D0,...,D9 sind für Fotowerkzeuge gesperrt.

3.4 Einheitliche Tool-Liste

Vorgeschlagen wird eine einheitliche Standard-Tool-Liste mit den Eigenschaften:

- Mechanische Bohrwerkzeuge sind für den Bereich 0.05 mm bis 6.40 mm definiert
- Die Intervalle der Werkzeuge sind:
 - 25ym : von 0.05 mm bis 0.10 mm
 - 50ym : von 0.15 mm bis 6.40 mm

Dies sind zirka 130 mechanische Bohrwerkzeuge, die allen CAD- und CAM-Systemen zur Verfügung ständen. Analog sollten die Fräswerkzeuge einheitlich beschrieben werden.

3.5 Einheitliche Filesyntax

Die Bezeichnung einzelner Layer eines CAD-Layoutes muß abgestimmt und schlüssig sein.

Folgendes Regelwerk für den Datentransfer ist denkbar:

- Der Name eines Datensatzes ist unabhängig von der Hardware, vom Betriebssystem und von der Anwendungssoftware.
- Vorgeschlagen wird die DOS-Syntax im m.n.-Format „8.3“: `FILENAME.EXT .`
- Der File-Name beschreibt das Projekt
- Die File-Extension beschreibt den Inhalt des Files.

Es gibt in dieser Richtung bereits Beschreibungen und Vorschläge vom IPC, vom VdL sowie von privaten Unternehmen.

Datenformate: Gerber

Die File-Syntax muß sich in der Dokumentation wiederfinden, zum Beispiel in der Zuordnung einer Lage eines Multilayer-Aufbaus zu einem File. Es muß nicht für alle CAD-/CAM-Systeme die gleiche Syntax gelten, sie muß aber zwischen den Systemen konvertierbar sein (*.TOP = *.BS oder *.BOT = *.LS). Für die automatische Datenverarbeitung ist wichtig, daß die geometrische Zuordnung eines Files in einem Multilayer gleichbleibt. Falsch wäre eine Syntax, die zum Beispiel mit „*.L4“ in einem 4-Lagen-Multilayer die „LS-Seite“ kennzeichnet, also eine Außenlage, und in einem 6-Lagen-Multilayer die zweitletzte Innenlage vor der „LS-Seite“.

3.6 CAD-Bibliothek

Zum Mindestumfang an möglichen Informationen zu einem Bauteil in einer CAD-Bibliothek müssen gehören:

- der Bauteilname, der Bauteilwert und der Bauteilhersteller
- die Pad-Definitionen für Signallayer und Powerplanes
- die Unterscheidung von DK- und NDK-Bohrungen in Bauteilen
- die Lötstopmaske
- der Bestückungsdruck
- die Klebpositionen für SMD-Bestückung
- die Lotpastenmaske
- die Bauteilmitte
- die Prüfpunkte für Nadeladapter

Für die Anlage von Bauteilen in der Bauteilbibliothek müssen die Pinreferenzen alphanumerisch vergeben werden können. Vorgeschlagen werden als Standard-Pin-Referenzen:

- für Widerstände und ungepolte Kondensatoren die Pinnummern „1“ und „2“.
- für IC´s die Pinnummern 1,...,n.
- für Dioden die Pinnummern „K“ und „A“ sowie „K1“, „K2“, „A1“ und „A2“.
- für gepolte Kondensatoren die Pinnummern „P“ und „M“.
- für Transistoren die Pinnummern „B“, „E“ und „C“.
- für Spannungsregler die Pinnummern „G“, „I“ und „O“.
- für 64-polige Steckerleisten die Pinnummern „A1,...,A32“ und „C1,...,C32“.
- für 96-polige Steckerleisten die Pinnummern „A1,...,A32“, „B1,...,B32“ und „C1,...,C32“.
- etc

Datenformate: Gerber

3.7 Datenbank-Generatoren

Jedes CAD-System muß einen dynamischen Datenbank-Generator zur Verfügung stellen, der die individuelle Zusammenstellung von elementaren Layout-Parametern und deren Ausgabe in ASCII-Listen gestattet.

Beispiel für eine Anfrage an den Generator:

„Schreibe in jede Zeile zuerst den Bauteilnamen, die X-Koordinate des Bauteilmittelpunktes, die Y-Koordinate des Bauteilmittelpunktes, die Ausrichtung des Bauteiles in X oder Y und trenne die Informationen durch das Zeichen „;“ .

Wenn eine einmal erstellte Anforderung an den Generator als Vorschrift oder Makro abgelegt werden kann, dann sind Anpassungen an unterschiedliche Fileformate (zum Beispiel für Bestückungsautomaten) von CAD reproduzierbar auszuführen.

3.8 DRC und Layoutklassen

Die Zuständigkeiten für die Ablaufkette im PKP (= Produktkreati-onsprozeß) müssen präziser gefaßt werden. Zum Beispiel ist die Durchführung des Design-Rule-Checks und die Reaktion auf die Ergebnisse dieses Checks Aufgabe von CAD und nicht von CAM.

Dazu müssen von den Leiterplattenherstellern Layoutklassen (Standard, Feinleiter, Feinstleiter, HDI, HDIx) definiert werden, die sich an den Fertigungsbedingungen der Leiterplattenproduktion orientieren. Innerhalb dieser Klassen müssen zulässige Leiterbahnbreiten und -abstände sowie Viatypen zugeordnet sein.

Und wenn die Layoutklassen mit ihren Designregeln definiert sind, dann möchten diese von CAD auch bitte berücksichtigt und eingehalten werden.

3.9 Weiterbildung

Bei näherer Betrachtung der Fehler, die bei der Entwicklung und der Herstellung von Baugruppen auftreten, wird offensichtlich, daß Mißverständnisse eine große Rolle spielen, die von der Effektivität oder den Mängeln eines Datenformates völlig losgelöst sind.

Grundlegende Begrifflichkeiten sind unbekannt (was ist eine Kontaktierung). Die technologischen Gegebenheiten in der Leiterplattenproduktion haben sich rasant entwickelt, aber niemand hat den Baugruppendesignern vermittelt, welchen Einfluß die Produktionstechnologien auf sein Produkt haben.

Die Bestückung scheint völlig autonom zu laufen, jedenfalls sind die Kontakte zu CAD und Leiterplatte gering, man scheint sich damit abgefunden zu haben, allein zurecht kommen zu müssen. Hier müssen die Kontakte deutlich enger geknüpft werden.

Datenformate: Gerber

Der FED hat mit seinen Seminaren und Grundkursen bereits auf diese Situation reagiert. Es ist wichtig, daß die Weiterbildung durch den FED kontinuierlich fortgeführt wird, ebenfalls ist das Berufsbild des Designers/der Designerin mit entsprechenden Qualifikationen mehr den je zwingend erforderlich. Eine deutliche Steigerung der Kompetenz der Mitarbeiter/innen wird mehr bewegen, als das ausgeklügelte Datenformat.

Durch die Kooperation mit dem IPC ist zudem ein internationaler Abgleich möglich.

Der FED kann diese Ziele nur zügig erreichen, wenn seine Mitglieder dabei helfen und den Verband vorbehaltlos unterstützen.

3.10 Akkreditierung

Der Weg zu einer einheitlichen Lösung ist nur dann erfolgreich, wenn die Erfüllung der gestellten Anforderungen überprüft wird. Diese Leistung kann ein privatwirtschaftliches Unternehmen nicht erbringen. Nur eine unabhängige Instanz kommt in Frage, wenn es darum geht, ein CAD- oder ein CAM-System hinsichtlich seiner Leistung zu akkreditieren.

In der Bundesrepublik haben ausschließlich der FED und der VdL durch ihre Mitglieder die Möglichkeit, die am Markt befindlichen CAD- und CAM-Systeme zu prüfen.

Durch die Zusammenarbeit zwischen FED und IPC bietet sich die Chance, die Vereinheitlichung von Mindestbedingungen an EDA-Systemen aktiv zu fördern.

Die Akkreditierung von EDA-Systemen, insbesondere ihrer Bibliotheken und Postprozesse, durch den FED ist die wichtigste Voraussetzung für die Lösung der juristischen Probleme, die der Einsatz von EDA-Software aufwirft. Wenn festgelegt ist, welche Mindestanforderungen ein System erfüllen muß, dann kann auch in der juristischen Auseinandersetzung die Fehlerzuordnung zumindest für einen kleinen Bereich stattfinden.

Aber auch die Akkreditierung einer elementaren Datenschnittstelle ist von Bedeutung. Dabei führt kein Weg an „Standard-Gerber“ vorbei. Es hat nunmal jeder „Gerber“, es gibt jahrealte Archivbestände, „Gerber“ IST der aktuelle Standard.

Bedeutsamer ist allerdings, daß die EDA-Industrie verbindliche Auskünfte bekommt, welche Systementwicklungen oder Modifikationen für CAD und CAM in der Zukunft erforderlich sind.

Datenformate: Gerber

Fazit

Die Antwort auf die Frage nach dem „Gerber-Phänomen“ kann jetzt gegeben werden:

„Gerber“ ist einfach, sicher und zuverlässig.

Die Lücken, die dieses Format hat, werden dafür in Kauf genommen. Trotzdem bleibt anscheinend eine konstante Unzufriedenheit auf Seiten der Anwender und das dauernde Bestreben, jetzt endlich bald das ultimative Format in Händen halten zu wollen. Ich teile diesen Wunsch. Doch bin ich skeptisch hinsichtlich der Blauäugigkeit, mit der ein weiteres Mal (nach den 100% Autoroutern, usw. ...) der Hoffnung Raum gegeben wird, es gäbe eine vollautomatische Software-Lösung für all´ das Durcheinander, das wir Menschen in den letzten Jahrzehnten selbst angerichtet haben.

In vielen CAD-Bibliotheken herrscht Unordnung. Die Leiterplattenhersteller haben ihre Abläufe nur ungenügend dokumentiert. Die Ausbildung der Mitarbeiter wird vielerorts als unnötige Belastung und störender Kostenfaktor angesehen.

Kommt es zu Fehlern, dann ist „das Format“ schuld.

Ich behaupte, daß KEIN Format JEMALS erfolgreich sein wird, wenn die Aufgaben im Vorfeld nicht endlich erledigt werden.

Als IPC-D350 nicht mehr weitergeführt wurde, waren die Fachleute und Marketingstrategen erstaunt. Schließlich war es doch genau der richtige Weg. Das kann aus heutiger Sicht bestätigt werden, nur, IPC-D350 war seiner Zeit voraus, es wurde der zweite Schritt vor dem ersten getan, und, man wollte gleich ALLES.

Es wurde versäumt, die Bibliotheken, die Postprozesse, die Designregeln und die ursächlichen und zentralen Begrifflichkeiten zwischen CAD und CAM zu synchronisieren.

Wir haben eine große Chance, wenn wir den Mut finden, einen Schritt zurückzugehen, um neuen Anlauf zu nehmen. „Standard-Gerber“ ist das IDEALE LEITFORMAT für die Akkreditierung des späteren, perfekten und dann endgültigen Datenformates.

Damit dieses Format kommen kann, müssen wir die Unzulänglichkeiten der zurückliegenden Jahre beseitigen. Und zwar schnell.