

# Technische Informationen zur Prototypen-Leiterplattenfertigung in der Elektronikwerkstatt der Fakultät EI

Stand 13.10.2016

---

# Inhaltsverzeichnis

1 Produktionsverfahren.....	1
2 Standardwerte.....	2
2.1 Leiterbild beim Ätzprozess.....	2
2.2 Leiterbild beim Isolationsfräsen.....	2
3 Fertigungsvarianten.....	3
3.1 Leiterplattenmaterial.....	3
3.2 Durchkontaktierungen.....	4
3.2.1 Durchkontaktierung mit Fädeldraht.....	4
3.2.2 Durchkontaktierung mit Kupfernieten.....	4
3.2.3 Durchkontaktierung mit leitfähiger Paste.....	4
3.3 Oberflächenbehandlung.....	5
3.4 Lötstopp-Beschichtung.....	5
4 Bohrungen.....	6
5 Entwurfs-Richtlinien.....	7
6 Layoutdaten für die Leiterplattenherstellung.....	8
6.1 Notwendige Daten.....	8
6.2 Datenformat Leiterbild.....	9
6.3 Datenformat Bohrungen.....	9
6.4 Dateiendungen für exportierte Daten.....	10
Änderungsverfolgung.....	11

## 1 Produktionsverfahren

Für die Leiterplattenherstellung in der Elektronikwerkstatt der Fakultät EI stehen zwei Fertigungstechnologien zur Verfügung:

- Herstellen der Leiterbahnstrukturen durch einen Ätzprozess.

Der Ätzprozess ist eine kostengünstige Methode zur Herstellung, vor allem bei der Produktion mehrerer identischen Leiterplatten. Die Durchlaufzeit ist auf Grund der Herstellung der benötigten Belichtungsmasken etwas höher als beim Isolationsfräsen.

- Herstellen der Leiterbahnstrukturen durch mechanische Bearbeitung der Kupferoberfläche (Isolationsfräsen)

Das Isolationsfräsen bietet sich an für die Produktion von einzelnen Prototyp-Platinen. Die Durchlaufzeit ist schneller als beim Ätzprozess, die Werkzeugkosten liegen jedoch drastisch über den Kosten für das Verbrauchsmaterial im Ätzprozess

Die Wahl des Produktionsverfahrens erfolgt durch die Elektronikwerkstatt, bei einzelnen Prototypenplatinen erfolgt die Fertigung in der Regel durch Isolationsfräsen.

## 2 Standardwerte

Sofern im Arbeitsauftrag nicht vermerkt werden die Leiterplatten mit den folgenden Eigenschaften gefertigt:

<b>Material</b>	FR4, 1,5mm Materialstärke, ein- oder zweiseitig kupferbeschichtet
<b>Durchkontaktierung</b>	Keine Durchkontaktierung
<b>Oberfläche</b>	Blankes Kupfer
<b>Lötstopplack-Beschichtung</b>	Keine

Tabelle 2.1: Standardeigenschaften für Leiterplattenproduktion

Die weiteren zur Auswahl stehenden Varianten werden im Kapitel 3 erläutert.

### 2.1 Leiterbild beim Ätzprozess

Beim Ätzprozess wird die Leiterplatte so gefertigt, dass das Leiterbild dem angelieferten Layout entspricht.

Leiterbild aus Layout-Daten    Leiterbild nach dem Ätzprozess



Abbildung 2.1: Leiterbild beim Ätzprozess

### 2.2 Leiterbild beim Isolationsfräsen

Die mechanische Strukturierung der Leiterplatte hat einen hohen Verschleiß der eingesetzten Werkzeuge. Aus diesem Grund wird als Standard für die Herstellung des Leiterbildes der „einfache Isolationsschnitt“ eingesetzt. Hierbei bleibt das restliche, nicht benötigte Kupfer, auf der Leiterplatte erhalten. In speziellen Fällen und bei technischer Notwendigkeit kann durch einen „Rubout“ dieses überflüssige Kupfer mit einem Fräser entfernt werden.

Leiterbild aus Layout-Daten    Leiterbild bei Isolationsschnitt    Leiterbild bei Rubout



Abbildung 2.2: Leiterbild beim Isolationsfräsen

### 3 Fertigungsvarianten

#### 3.1 Leiterplattenmaterial

Für die Herstellung von ein- und zweiseitigen Leiterplatten stehen folgende Materialien und Materialstärken zur Verfügung:

Material	Dicke Basismaterial [mm]	Dicke der Kupferauflage [µm]
FR4	0,5	35 / 0
FR4	1,0	35 / 0
FR4	1,5	35 / 0
FR4	0,5	35 / 35
FR4	1,0	35 / 35
FR4	1,5	35 / 35

Tabelle 3.1: Verfügbares Leiterplattenmaterial



Als Standard wird ein- oder zweiseitig kupferbeschichtetes FR4 mit einer Stärke von 1,5 mm verwendet. Die Verwendung einer anderen Materialstärke muss im Arbeitsauftrag vermerkt werden.



Bei technischer Notwendigkeit können andere Materialstärken beschafft und verarbeitet werden. Hierzu ist eine Rücksprache mit den Laboringenieuren notwendig.



Die Oberfläche der Leiterplatte ist mit einer metallischen Beschichtung versehen, um die Oxidation des Kupfers zu verhindern (Nickel-Zink-Passivierung).

**Vor dem Löten muss diese Passivierungsschicht entfernt werden, um eine gute Lötbarkeit sicherzustellen!**

**Die Passivierungsschicht kann nur mechanisch durch Schleifen entfernt werden!**

Verwenden Sie hierfür feines Schleifpapier (min. 400er Körnung) oder einen Glasfaserradierer.

## 3.2 Durchkontaktierungen

Bei zweilagigen Leiterplatten können die Durchkontaktierungen auf verschiedene Arten hergestellt werden:

### 3.2.1 Durchkontaktierung mit Fädeldraht

In die Bohrungen wird ein Draht gesteckt und auf der Ober- und Unterseite der Leiterplatte verlötet.

### 3.2.2 Durchkontaktierung mit Kupfernieten

In die Bohrungen wird eine Niete aus Kupfer eingesetzt und mit einem speziellen Werkzeug verpresst.



Die Nieten können nur bei einer Leiterplattendicke von 1,5 mm verwendet werden.



Für einen sicheren elektrischen Kontakt sollten die Nieten zusätzlich auf beiden Seite verlötet werden.



Die Nieten sind mit Aussendurchmessern von 0,8 mm, 1,0 mm, 1,4 mm und 1,6 mm verfügbar.

Der Bohrdurchmesser muss um 0,1 mm größer sein als der Aussendurchmesser der Niete. Die Grösse des Kupferrings um die Bohrung herum muss auf den Nietendurchmesser angepasst sein.

Weitere Informationen hierzu stehen in der Gebrauchsanweisung. Diese ist im Intranet über das Netzlaufwerk „Pinwand“ verfügbar:

\\eissrv02.ei.htwg-konstanz.de\Pinwand\Elektronikwerkstatt\Gebrauchsanweisung\_LPKF\_EasyContac\_Durchkontaktierung.pdf

### 3.2.3 Durchkontaktierung mit leitfähiger Paste

In die Bohrungen wird eine leitfähige Paste eingebracht und ausgehärtet. Verwendet werden die Materialien des „ProConduct“-Systems der Firma LPKF.



Auf Grund der hohen Materialkosten für die Durchkontaktierungen kann dieses Verfahren nur in technisch begründeten Ausnahmefällen in Anspruch genommen werden.



Auf Grund einer Inkompatibilität zwischen der Chemie für die Durchkontaktierung und der Chemie für die Verzinnung kann bei Leiterplatten mit Pastendurchkontaktierung keine Oberflächenbehandlung mit Verzinnung erfolgen.

### 3.3 Oberflächenbehandlung

Die Kupferoberfläche der Leiterplatte kann mit einer Verzinnung versehen werden.

Die Verzinnung schützt die Kupferoberfläche vor schneller Oxidation und verbessert die Lagerfähigkeit der Leiterplatte, wenn diese nicht sofort weiter verarbeitet wird.



Bei der Entscheidung, ob die Leiterplatte verzinkt werden soll oder nicht ist Folgendes zu beachten:

Die blanke Kupferoberfläche der Leiterplatte wird schnell oxidieren und muss ggf. vor der Bestückung und dem Löten gereinigt werden. Diese Reinigung kann mechanisch (Schleifpapier, Glasfaserradierer) oder chemisch (Zitronensäure) erfolgen. Die chemische Reinigung kann im Prinzip beliebig oft wiederholt werden.

Die verzinkte Oberfläche wird langsamer oxidieren, muss aber vor der Bestückung und dem Löten ebenfalls gereinigt werden. Diese Reinigung kann nur noch mechanisch (Schleifpapier, Glasfaserradierer) erfolgen.



Auf Grund einer Inkompatibilität zwischen der Chemie für die Durchkontaktierung und der Chemie für die Verzinnung kann bei Leiterplatten mit Pastendurchkontaktierung keine Oberflächenbehandlung mit Verzinnung erfolgen.

### 3.4 Lötstopp-Beschichtung

Die Leiterplatte kann mit einer Lötstopffolie beschichtet werden. Diese Beschichtung kann die Beständigkeit der Leiterplatte gegen Umwelteinflüsse verbessern.



Die Notwendigkeit der Lötstoppbeschichtung muss im Arbeitsauftrag technisch begründet werden.

## 4 Bohrungen

Die Bohrungen werden auf einem Fräsbohrplotter der Firma LPKF, Typ S103, hergestellt. Die Maschine verfügt über ein Werkzeugmagazin zum automatischen Werkzeugwechsel. Auf Grund der Anzahl an verfügbaren Magazinplätzen stehen für Bohrungen bis 2 mm folgende Durchmesser zur Verfügung:

Bohrdurchmesser [mm]
0,6
0,8
0,9
1,0
1,2
1,4
2,0

Tabelle 4.1: Bohrdurchmesser

Ab einem Durchmesser von 2,0 mm ist der Bohrdurchmesser frei wählbar, weil der gewünschte Durchmesser mit einem Fräser erzeugt wird.



Falls die angelieferten Bohrdaten von der obigen Tabelle abweichende Durchmesser enthalten, so wird auf den nächst grösseren Wert aufgerundet



Prinzipiell stehen für spezielle Anwendungen weitere Bohrdurchmesser zwischen 0,6 mm bis 3,0 mm zur Verfügung.

Die Notwendigkeit eines anderen Bohrdurchmessers muss technisch begründet werden.

Die Verwendung von der Tabelle abweichender Bohrdurchmesser kann die Fertigstellung der Leiterplatte verzögern.



## 5 Entwurfs-Richtlinien

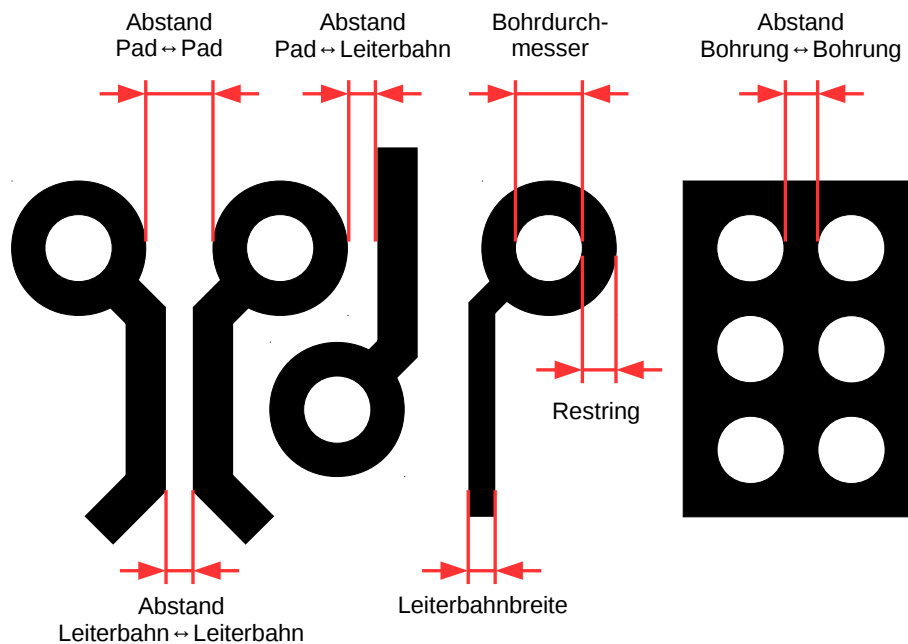


Abbildung 5.1: Definition der Begriffe für Entwurfsrichtlinien

Für die Herstellung von Leiterplatten in der Elektronikwerkstatt der Fakultät EI gelten folgende Mindestmaße für Leiterbahnen und Abstände:

Minimale Leiterbahnbreite	8 mil (0,2 mm)
Minimaler Abstand zwischen Leiterbahnen	8 mil (0,2 mm)
Minimaler Abstand zwischen Leiterbahn und Pad	8 mil (0,2 mm)
Minimaler Abstand zwischen Pads	8 mil (0,2 mm)
Minimaler Restring	12 mil (0,3 mm)
Minimaler Abstand zwischen Bohrungen	20 mil (0,5 mm)

Tabelle 5.1: Entwurfsrichtlinien für Leiterplatten

## 6 Layoutdaten für die Leiterplattenherstellung

### 6.1 Notwendige Daten

Für die Leiterplattenherstellung sind die Daten mindestens folgender Lagen aus der Entwurfssoftware notwendig:

Einseitige Leiterplatte	Zweiseitige Leiterplatte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kupferlage (meist Copper Bottom)</li> <li>• Bohrungen (Drill)</li> <li>• ggf. Leiterplattenumriss (Board Outline)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kupferlage oben (Copper Top)</li> <li>• Kupferlage unten (Copper Bottom)</li> <li>• Bohrungen (Drill)</li> <li>• ggf. Leiterplattenumriss (Board Outline)</li> </ul>

Tabelle 6.1: Für Herstellung zu exportierende Leiterplatten-Lagen



Die angelieferten Daten müssen eine Information zum Leiterplattenumriss enthalten. Der Umriss muss mit einer Linie mit einer Breite von 10 mil (0,25 mm) gezeichnet sein. Der Umriss kann auf der Kupferlage gezeichnet sein (bei zweiseitigen Leiterplatten auf mindestens einer Kupferlage)



Viele Layout-Programme bieten eine eigene Lage zur Darstellung des Leiterplattenumriss (z.B. Ultiboard: Layer „Board Outline“, KiCad: Layer „Edge.Cuts“, ADS: Layer „bound“). Wenn diese Lage für die Darstellung des Leiterplattenumriss verwendet wird, muss sie ebenfalls exportiert werden.



Wenn die Platine mit einer Lötstopppbeschichtung versehen werden soll, müssen zusätzlich die Lagen für die Lötzinmasken (solder mask) exportiert werden



Die Layout-Daten bzw. Dateien müssen für die Anlieferung in eine ZIP-Datei gepackt werden.

Die Unterscheidung der Lagen bzw. Dateien beim Import in die Produktionssoftware erfolgt über die Dateierweiterung. Deshalb müssen die beim Export erzeugten Dateien eindeutig bezeichnet sein:

- Alle Dateien, die zu einem Layout gehören müssen den gleichen Namen tragen.
- Unterscheidung der Leiterplattenlagen über die Dateierweiterung entsprechend Tabelle 6.4



In den meisten Fällen müssen die von der Layoutsoftware erzeugten Dateien noch von Hand umbenannt werden.



Für die Layout-Programme „Ultiboard“ und „Eagle“ stehen vorbereitete Export-Profilen bereit, die die notwendigen Export-Daten erzeugen. Die erzeugten Dateien müssen jedoch trotzdem manuell umbenannt werden.

Die Export-Profilen stehen im Intranet auf dem Laufwerk „Pinwand“ zur Verfügung:

\\eissrv02.ei.htwg-konstanz.de\Pinwand\Elektronikwerkstatt\Gerber-Export\Gerber\_RX274X-Export\_EAGLE.cam

\\eissrv02.ei.htwg-konstanz.de\Pinwand\Elektronikwerkstatt\Gerber-Export\Gerber\_RX274X-Export\_Ultiboard.uxcfg

## 6.2 Datenformat Leiterbild

Die Layoutdaten für die Herstellung der Leiterplatten werden im Extended Gerber (RS274X)-Format benötigt. Dieses Format benutzt einfache Textdateien mit einer Beschreibung von Vektoren um das Layout darzustellen. Für jede Leiterplattenlage wird eine eigene Datei erzeugt bzw. benötigt.

Die Einstellungen für den Export müssen wie folgt sein:

<b>Datenformat</b>	Extended Gerber (RS274X)
<b>Einheit</b>	Inch
<b>Koordinatenformat</b>	2.4 (2 Integer, 4 Dezimalstellen)

Tabelle 6.2: Datenformat für Export von Layout-Daten

## 6.3 Datenformat Bohrungen

Die Layoutdaten für die Herstellung der Bohrungen können in zwei Formaten angeliefert werden, abhängig von den Export-Möglichkeiten der Entwurfssoftware:

- Bevorzugt werden Bohrrdaten im im Extended Gerber (RS274X)-Format
- Alternativ ist die Verwendung des Excellon (NC Drill)-Formats möglich.

Die Einstellungen für den Export müssen wie folgt sein:

<b>Datenformat</b>	Extended Gerber (RS274X) oder Excellon (NC Drill)
<b>Einheit</b>	Inch
<b>Koordinatenformat</b>	2.4 (2 Integer, 4 Dezimalstellen)

Tabelle 6.3: Datenformat für Export von Bohrrdaten

## 6.4 Dateieindungen für exportierte Daten

Layer Funktion	Dateieindung
Kupferlage oben (Copper Top)	.GTL
Kupferlage unten (Copper Bottom)	.GBL
Leiterplattenumriss (Board Outline)	.GOL
Lötstopmmaske oben (Solder Mask Top)	.GTS
Lötstopmmaske unten (Solder Mask Bottom)	.GBS
Lötpastenmaske oben (Paste Mask Top)*	.GTP
Lötpastenmaske unten (Paste Mask Bottom)*	.GBP
Bestückungsdruck oben (Silkscreen Top)*	.GTO
Bestückungsdruck unten (Silkscreen Bottom)*	.GBO
Bohrdaten (RX 274X-Format)	.GDR
Bohrdaten (Excellon-Format)	.DRL

Tabelle 6.4: Dateieindungen zur Unterscheidung des Inhalts der Gerber-Daten

\*) Diese Layout-Lagen werden in Sonderfällen und nach Absprache benötigt.



Die Layout-Daten bzw. Dateien müssen für die Anlieferung in eine ZIP-Datei gepackt werden.

## Änderungsverfolgung

Version	Änderung
16.03.2015	Dokument erstellt
05.10.2015	Informationen Durchkontaktierung mit Nieten geändert, Informationen Export-Profil Ultiboard und EAGLE ergänzt
13.10.2016	Überarbeitung und Aktualisierung