



*Arnold Wiemers*

Seminar und Tutorial

## Leiterplatten 18

...(Starr-) **Flexible** Leiterplatten

Allgemeine Designregeln, Materialien und Anwendungsbereiche für flexible Leiterplatten



### Montage von SMDs

#### Löten auf Flexmaterial

Die Verbindung zwischen flexiblen Leiterplatten und SMDs erfolgt in einem konventionellen Reflowprozeß. Das Flexmaterial muß mechanisch stabil sein und darf später keine Biegebeanspruchung erfahren.

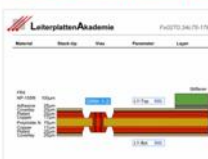
SMD-Kondensator auf einer Flexleiterplatte

Bottom



### Aufbau für eine doppelseitige flexible Leiterplatte

| Parameter   | Value         |
|-------------|---------------|
| LP-Klasse   | flexibel      |
| Gesamtdicke | 0.34mm        |
| Material    | Polyimid      |
| Layer       | 2             |
| Kontaktiert | ja            |
| BlindVia    | nein          |
| BuriedVia   | nein          |
| Lagentypen  | 2 x Sig + Pow |
| MPS         | nein          |
| Pluggen     | nein          |
| KM          | nein          |
| Impedanz    | nein          |
| Montage     | nein          |



## **Wer wird mit dem Seminar "Leiterplatten 18 ...(Starr-) *Flexible* Leiterplatten" angesprochen ?**

Flexible Leiterplatten erweitern seit vielen Jahren die Leistungsfähigkeit von elektronischen Baugruppen in Maschinen und Geräten.

Anwendungen sind im Bereich ein- und doppelseitiger Leiterplatten und Baugruppen zu finden. Starre Leiterplatten haben den Vorteil der mechanischen Stabilität. Bei mobilen Geräten mit dem Anspruch an eine relativ geringe Bauhöhe, ein geringes Gewicht und eingeschränkten Einbauraum ist das ein Nachteil, den flexible Leiterplatten aufheben können.

Flexible Leiterplatten sind keineswegs einfach in der Konstruktion und Produktion. In der Praxis zeigt sich, daß die Materialien komplex aufgebaut sind und daß für die Erstellung des CAD-Layouts und in der Produktdokumentation Sorgfalt angebracht sind.

Noch vor wenigen Jahren war die flexible oder starrflexible Schaltung vornehmlich nur in der großen Serie erfolgreich. Nicht zuletzt haben die Fortschritte in der Herstellungstechnologie bei den mittelständischen Leiterplattenfertigern dazu geführt, daß dieses Produkt heute auch in kleineren Stückzahlen verfügbar geworden ist.

**"Leiterplatten 18 ...(Starr-) *Flexible* Leiterplatten"** erläutert die allgemeinen und grundlegenden Eigenschaften flexibler Leiterplatten. Das Seminar vermittelt das Spektrum für individuelle Anwendungen aus den unterschiedlichsten Bereichen. Diverse Design-Regeln für das CAD-Layout beschreiben die Erfordernisse an die Konstruktion flexibler Baugruppen.

Das Seminar ist für **CAM-Bearbeiter/innen** der LP-Hersteller von Interesse, weil es die Zusammenhänge zwischen den Anforderungen an Baugruppen einerseits und flexible Leiterplatten andererseits erklärt. Es fördert damit auch das partnerschaftliche Miteinander auf der Linie "CAD - CAM - Leiterplatte - Baugruppe".

Die Darstellung der Themen ist interessant für alle **Entscheidungsträger im Bereich Design und Leiterplatte**, deren Aufgabe es ist, das Produkt "Baugruppe" führend und beratend zu begleiten.

## Entrée

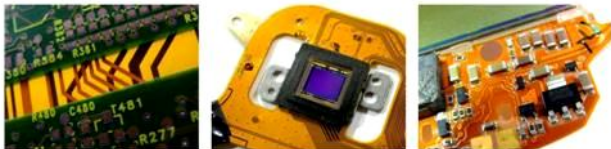
Flexible und starrflexible Baugruppen werden seit Ende der 1990er Jahre zunehmend in elektronischen Geräten verbaut.

Der Wunsch nach platzsparenden und zudem technisch anspruchsvollen Lösungen für die Bewältigung komplexer geometrischer und funktioneller Aufgabenstellungen kann von diesen Produkten erfüllt werden.

Noch vor wenigen Jahren war die flexible oder starrflexible Schaltung vornehmlich nur in der großen Serie erfolgreich.

Nicht zuletzt haben die Fortschritte in der Herstellungstechnologie bei den mittelständischen Leiterplattenfertigern dazu geführt, daß dieses Produkt heute auch in kleineren Stückzahlen verfügbar geworden ist.

Flexible und starrflexible Leiterplatten eröffnen ein breites Spektrum an Möglichkeiten und helfen, die Kosten für eine Anwendung zu senken.



Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten

## Flexible Leiterplatten

Eine Einführung in die Technologie der flexiblen Leiterplatten.

Verfügbarkeit in speziellen Varianten auch für kleine Stückzahlen.

Strategische Einsatzbereiche von flexiblen Leiterplatten.

Aspekte starrflexibler Schaltungen.

## Starrflexible Leiterplatten : Aufbauvarianten

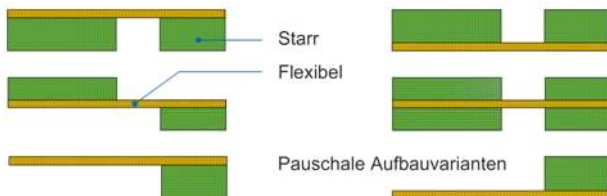
Starrflexible Multilayer stellen an die Leiterplattentechnologie höchste Anforderungen. Die Konstruktion und die Logistik sind anspruchsvoll.

Für den Zusammenbau wird Polyimid-Material mit einem starren Innenlagenlaminat verpreßt, das ist in der Regel das altbeliebte FR4.

Aber auch starres Polyimid oder RO-Material kann verarbeitet werden.

Im Prinzip ist ein starrflexibler Multilayer immer ein Hybrid.

Konstruktiv sollte der flexible Teil bei einem Starrflexmultilayer mittig eingebracht sein. Es ist aber auch das Aufpressen auf die Außenlagen möglich und daraus folgend ein asymmetrischer Aufbau.



Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten

## Starrflexible Bauvarianten

Allgemeine Optionen für die geometrische Konstruktion von flexiblen und starrflexiblen Leiterplatten.

Mögliche Materialkombinationen aus FR4 und Polyimid.

Symmetrische und asymmetrische Lagenaufbauten.

## Grafische Symbole in diesem Dokument

### Basismaterialien für flexible (...und starrflexible) Leiterplatten

**Polyimid** ...ist das flexible Verbindungsmaterial  
 Flexibles Material ("gelb" ~ Polyimid)

**Flexprepreg** ...ist der Klebstoff zwischen flexiblen Polyimidmaterialien  
 Bondply (inkl. Acrykleeber) ("gelb" ~ Polyimid)

**Coverlay** ...ist die Abdeckung für flexibles Polyimidmaterial  
 Coverlay (inkl. Acrykleeber) ("gelb" ~ Polyimid)

**Kupfer** ...ist die Leitschicht für Signale und Stromversorgungen  
 Basiskupfer auf dem Material  
 Galvanisch abgeschiedenes Kupfer

Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten

## Grafische Dokumentation

Grundelemente und ihre grafische Darstellung für die Dokumentation von flexiblen Leiterplatten.

Materialien für Flexmaterial, Coverlay und Bondply.

Kupferbeschichtungen auf flexiblem Polyimidmaterial.

**Bauvarianten : Flexible doppelseitige Leiterplatten**

**Leiterplattenproduktion**

☐ einfach ☐ schwierig

**Bohrungen**

☒ NDK ☒ DK  
☒ BV ☒ BU

**Bestückungslagen**

☒ 1 ☒ 2  
☒ 3 ☒ 4

**Bauteilkomponenten**

☒ SMD ☒ THD  
☒ Einpressen

**Verbindungstechnik**

☒ Löten ☒ Bonden  
☒ Leitkleben

**Information**

In flexibles Leiterplattenmaterial können mit Bohr- oder Lasertechnologie Bohrungen mit Durchmessern  $\leq 200\mu\text{m}$  eingebracht und metallisiert werden. Das erlaubt die platzsparende Umverdrahtung von Signalleitungen, die über eine flexible Verbindung von einer Baugruppe zur nächsten geführt werden. Die Bohrungen können metallisiert werden, dürfen aber nicht in einem Bereich geroutet werden, der dauerndynamischen Belastungen unterliegt.

Ausgangsmaterial → Verbund

Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten 27

## Flexible Bauvarianten

Katalogisierung von Bauvarianten mit Hinweis auf die Ausgangsmaterialien.

Optionen im CAD-Layout für das Design von Bohrungen und Bestückungslagen. Einsetzbare Bauteilklassen und Verbindungstechniken in der Baugruppenproduktion.

**Gerätekonzpte mit flexiblen Leiterplatten : Digitalkamera**

Sensoreinheit

Verbindung von Systemkomponenten

Motoransteuerung

Blende und Autofokus

Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten 36

## Gerätekonzpte

Kombinationen aus starren und flexiblen Leiterplatten für die Verbindung zwischen den elektrischen und mechanischen Komponenten eines Gerätes.

Platzsparende Montage innerhalb von Gehäusen mit sehr geringem Bauraum.

**Montage von SMDs**

**Löten auf Flexmaterial**

Die Verbindung zwischen flexiblen Leiterplatten und SMDs erfolgt in einem konventionellen Reflowprozeß. Das Flexmaterial muß mechanisch stabil sein und darf später keine Biegebeanspruchung erfahren.

SMD-Kondensator auf einer Flexleiterplatte

Bottom

Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten 40

## Montage

Designregeln für das CAD-Layout zur Konstruktion von Lötflächen und Freistellungen im Coverlay für den Reflowprozeß.

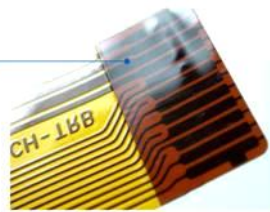
Crimpen, Klemmen und Anpressen von mechanischen Halterungen für den Kontakt zwischen flexibler Baugruppe und Gerät.

## ZIF-Stecker

### Montage von Flexleiterplatten

Im Steckbereich ist eine Verstärkung (~ Stiffener) aus FR4 oder Polyimid angeklebt, um ein Verknicken des Materials während der Montage zu vermeiden.

Bei weichen Oberflächen wie HAL ist der Eindruck der Halteklammern des ZIF-Steckers zu erkennen.



Geschlossener ZIF-Stecker



## ZIF-Stecker

ZIF-Stecker als Standardkontakt zwischen flexiblen Verbindern und starren Leiterplatten.

Angepreßte oder angeklebte Verstärkungen zur Stabilisierung des Kontaktbereiches für die Aufnahme im Stecker.

## Basismaterial für flexible Leiterplatten

Flexible Materialien werden benötigt für ein- oder doppelseitige Leiterplatten oder für die Konstruktion starrflexibler Multilayer. Das klassische Material ist heute Polyimid, seltener auch das preiswertere Polyester.

| Gruppe | Zusammensetzung | Tg   | $\epsilon_r$ |
|--------|-----------------|------|--------------|
| ■ PD   | Polyimidharz    | n.d. | 3.2 - 3.6    |

Beispiel Steckverbindung über eine einseitige flexible Leiterplatte



## Flexibles Basismaterial

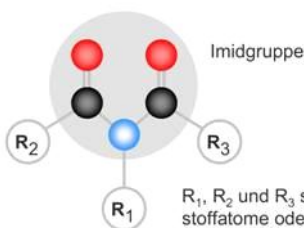
Polyimid als generelles Material für die Konstruktion, die Leiterplattenfertigung und die Baugruppenproduktion.

Trägermaterialien und Coverlay. Materialhersteller, Materialvarianten und verfügbare Kupferdicken.

## Polyimid



$R_2-CO-NR_1-CO-R_3$   
Polyimid  
Kapton ®  
Kinel ®  
Upilex ®  
Upimol ®  
Vespel ®



$R_1, R_2$  und  $R_3$  sind Wasserstoffatome oder Alkyl-Reste oder Alkenyl-Reste, o.ä.

Als Polyimide, abgekürzt (PI) werden thermoplastische Kunststoffe bezeichnet, die sich im Kern durch eine Imid-Gruppe auszeichnen. An die Imid-Gruppe docken 3 Reststoffgruppen an, deren Struktureigenschaften das Verhalten des Imids bestimmen. Polyimid ist von hellbraunem Farbton. Das Material wird in der Elektronik in flüssiger Lösung (~ Lack) zur Isolation eingesetzt. Aromatische Polyimide sind hitze- und strahlungsbeständig. Die niedrige Ausgasung ermöglicht den Betrieb unter Vakuumbedingungen. Polyimid ist bis Temperaturen von 200 °C formstabil. Als (Kapton-) Folie wird es für flexible Basismaterialien benötigt.

● Kohlenstoff ● Sauerstoff ● Stickstoff

## Chemie des Basismaterials

Chemische Zusammensetzung von Polyimid als Grundstoff für flexibles Basismaterial.

Allgemeine Anwendungen von Polyimid in der Elektronikfertigung. Hinweise zur Handhabungssicherheit und zur Temperaturbelastbarkeit.



## Datenblätter

Detaillierte Informationen zu Trägermaterial (~Copper-Clad-Laminate) und Coverlay aus Polyimid sowie zu Bondplys und Klebern. Chemische Inhaltsstoffe. Informationen zu möglichen medizinischen Belastungen durch chemische Substrate.



## Bestückung

Besonderheiten beim Bestücken und Löten flexibler Leiterplatten. Regeln für die Geometrien für die Freistellung von Lötflächen im Coverlay in der CAD-Bibliothek. Toleranzen für das Prozessieren des Coverlays. Verlauf von Lotpastenvolumina.



## Coverlay und Flexlack

Varianten für den Schutz der außenliegenden Kupferschichten flexibler Leiterplatten gegen Korrosion. Konventioneller elastischer Coverlay und biegebeanspruchbarer fotosensitiver Lötstoplack auf Epoxydbasis.

## Gedruckte Schaltungen : Beispiele

### Sensorische Adaption

Die Aufgabe ist, u.a. die Druckbelastung auf Fußsohlen zu erfassen. Das Basismaterial ist elastisch, verformbar und erlaubt variable Geometrien. Die Kontaktabnahme erfolgt direkt an der Sensorfläche.

Der Materialträger wird als flexible Verbindung genutzt.

Eingebettete Sensoren im Fußbett



Flächige Kontaktaufnahme



Matrix mit Drucksensoren

Quelle Fraunhofer ISIT

Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten 93

## Gedruckte Schaltungen

Alternative flexible Materialien auf Polyestersubstraten für spezielle funktionale Konzepte.

Anwendung für sensorische Aufgaben aus der Medizintechnik. Grenzbereiche zwischen klassischer Leiterplattentechnologie und gedruckten Schaltungen.

## Kontur fräsen : ...in Kombination mit Ritzung und Perforation

### Hinweis (Bestückungsrahmen)

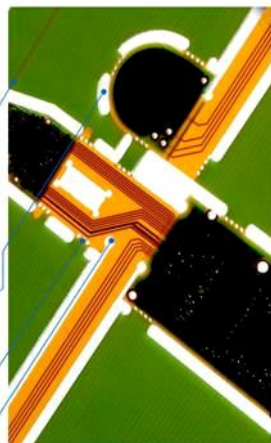
Flexible und starrflexible Leiterplatten können nur bestückt werden, wenn sie in einem stabilen Rahmen vorliegen. Das erfordert eine oft sehr komplexe Vortrennung aus dem Produktionszuschnitt, bei der mehrere Trenntechnologien kombiniert werden müssen.

### Beispiel (Multiple Haltestege)

Im Nutzenrahmen ist die Außenkontur der vorliegenden Leiterplatte geritzt. Die flexiblen Innenbereiche und alle nichtlinearen Konturen der Leiterplatte sind gefräst.

Die Haltestege sind zusätzlich perforiert.

Rechte Winkel und Biegebereiche sind durch eine Bohrung stabilisiert.



Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten 102

## Konturbearbeitung

Trenntechnologien für flexible und starrflexible Leiterplatten.

Fräsen, Ritzen, Perforieren und Lasern. Regeln für die am CAD-System einzuhaltenden Geometrien zur Ausprägung von Haltestegen im Produktions- bzw. im Bestückungsnutzen.

## Flexible Leiterplatten : Sonderlösungen

### Hinweis

Die nachfolgenden Folien beziehen sich auf Produkte der Fa. Neuschäfer Elektronik. Die Produktbezeichnungen sind dem Katalog "Verbindungsbauteile 2014/2015" entnommen.

Bitte beachten, daß die Produkte *patentrechtlich geschützt* sind.

### Aufbau

Das Trägermaterial und der Coverlay sind aus Polyimid.

Der metallische Überzug der Kontaktflächen ist aus Reinzinn.

### Montage

Je nach Variante können die Produkte wie SMDs oder THDs verarbeitet werden.

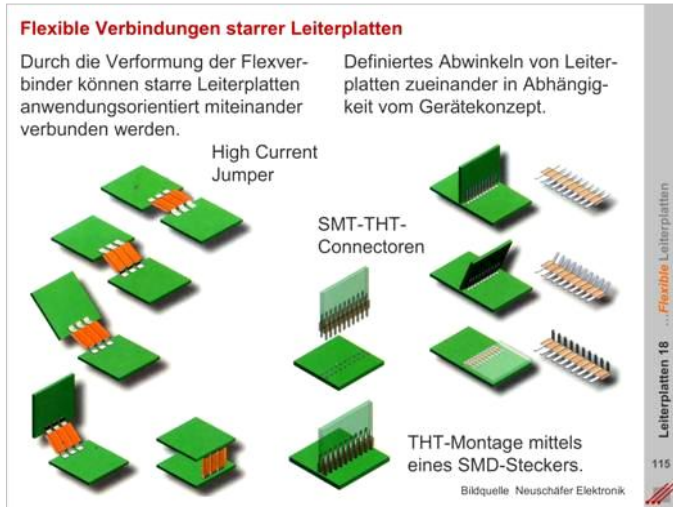


Leiterplatten 18 ... Flexible Leiterplatten 109

## Spezielle flexible Leiterplatten

Besondere Lösungen für konfektionierte Produkte aus flexiblem Basismaterial. Adapter zum Umsetzen von THD-Komponenten auf SMD-Komponenten.

Gelaserte flexible Schaltungsträger zum Einsatz in Bereichen der Mikroelektronik



## Flexverbinder

Automatenbestückbare Flexjumper für die Verbindung einzelner starrer Baugruppen untereinander.

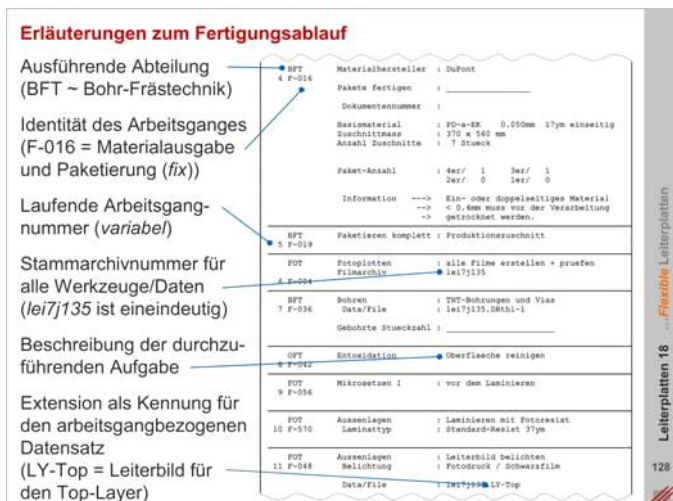
3-D-Verformungen von Baugruppenelementen bei schwierigen Einbauräumen.

Baugruppenmontage mittels InPrint-Jumpers und Flexconnectoren.



## Semiflexible Leiterplatten

FR4-Leiterplatten als Bindeglied zwischen starrer und flexibler Funktion durch das Niveaufräsen von Biegekanälen. Dünne und biegbare FR4-Lamine in Kombination mit Kühlkonzepten auf Aluminiumbasis. Konstruktionsregeln für das CAD-Design.



## Fertigungsablauf

Einblicke in die Fertigungsschritte zur Produktion von flexiblen Leiterplatten.

Erläuterung der wichtigsten Prozessschritte für den Leiterplattenhersteller.

Logistische und dokumentatorische Anforderungen.

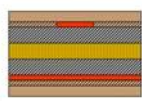
### Impedanzmodul : Single Ended Coated Microstrip

**Beispiel** (Impedanz : Single Ended Coated Microstrip)

Ein 75µm-Polyimidmaterial (~ 1x 25µm Kapton plus 2x 25µm Acrylkleber) hat eine doppelseitige Abdeckung mit einem 25µm-Coverlay (~ 12.7µm Kapton plus 12.7µm Acrylkleber). Bei einer Leiterbahnbreite von 140µm und einer Kupferdicke von 17µm ergibt sich eine rechnerische Impedanz von 50.0 Ω.

Material Polyimid+Acryl  
Typ FR8515  
Epsilon-R ~ 3.5 effektiv  
Coverlay Polyimid

25µm Coverlay  
25µm Acryl  
25µm Polyimid  
25µm Acryl  
25µm Coverlay



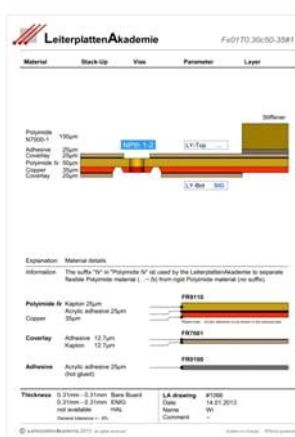
| Leiter-<br>breite | Kupferdicke |        |        |
|-------------------|-------------|--------|--------|
|                   | 5µm         | 17µm   | 35µm   |
| 300µm             | 32.6 Ω      | 32.1 Ω | 31.2 Ω |
| 200µm             | 42.6 Ω      | 41.7 Ω | 40.0 Ω |
| 150µm             | 50.5 Ω      | 49.1 Ω | 46.8 Ω |
| 120µm             | 57.0 Ω      | 55.2 Ω | 52.2 Ω |
| 100µm             | 62.5 Ω      | 60.3 Ω |        |
| 80µm              | 69.2 Ω      |        |        |

**Hinweis** (Kupferdicke) Wegen der Prozeßbedingungen beim Ätzen des Leiterbildes muß die Kupferdicke reduziert werden, wenn die Leiterbahnbreite reduziert wird. Für schmale Leiterbahnen sind dann in der Praxis nicht mehr alle Kupferdicken verfügbar.

## Physik / Impedanzen

Berechnungsmoduln für den impedanzdefinierten Signaltransfer auf flexiblem Polyimidmaterial. Permittivität von Materialkombinationen aus Kapton/Coverlay und Polyimid sowie Acrylkleber.

### Aufbau für eine einseitige flexible Leiterplatte



|             |               |
|-------------|---------------|
| LP-Klasse   | flexibel      |
| Gesamtdicke | 0.30mm        |
| Material    | Polyimid      |
| Layer       | 1             |
| Kontaktiert | nein          |
| BlindVias   | nein          |
| BuriedVias  | nein          |
| Lagentypen  | 1 x Sig + Pow |
| MPS         | nein          |
| Pluggen     | nein          |
| KM          | nein          |
| Impedanz    | nein          |
| Montage     | nein          |

## Lagenbauplan

Dokumentation des Aufbaus von einseitigen und doppelseitigen flexiblen Leiterplatten mit Angabe aller verbauten Materialien und Schichtdicken sowie technischen und physikalischen Eigenschaften. Materialreferenzen im Detail. Nomenklatur und Filesyntax.

### Automatisch nicht prüfbare Strukturen : Coverlay

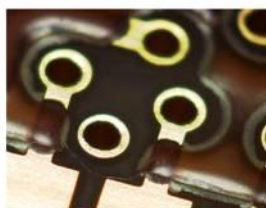
Coverlay kann mechanisch oder foto-technisch strukturiert werden.

**Beispiel** (mechanischer strukturierter Coverlay)

Bei mechanisch strukturiertem Coverlay darf kein Kleber auf die Lötflächen der Leiterplatte gelangen. Der E.-Test gibt dazu keine zuverlässige Auskunft. Die Überprüfung kann nur optisch erfolgen.

**Beispiel** (Coverlay Verpressung)

Am Übergang von flexiblen zu starren Bereichen einer Leiterplatte muß der Coverlay für eine schlüssige und zuverlässige Abdeckung/Verbindung sorgen. Der E.-Test und der AOI-Test erkennen einen zu weit zurückgezogenen Coverlay nicht. Da es sich nicht um einen Layoutfehler handelt, wird der Mangel im Vorfeld von CAM nicht erkannt.



## Fehlerbilder

Automatisch nicht prüfbare Mängel an flexiblen und starrflexiblen Leiterplatten.

Beschädigungen von Lötflächen während des Elektronischen Tests. Gratbildung beim Konturfräsen. Klebverlauf beim Verpressen des Coverlays.

## Ihr Referent



**Arnold Wiemers** Seit 1980 selbstständig als Softwareentwickler für die Kalkulation, den Fertigungsablauf und die Fertigungsleitsteuerung von Leiterplatten.

Ab 1983 angestellter Geschäftsführer für den Fachbereich CAD der ILFA GmbH, Aufbau der CAM in den 1990er Jahren und ab 2000 Technologieberatung für komplexe Leiterplatten.

Seit 2009 Mitinhaber und Technischer Direktor der LA-LeiterplattenAkademie GmbH mit Sitz in Berlin.

---

Diverse Fachveröffentlichungen. Referent für Seminare, Konferenzvorträge und Workshops zum Thema Leiterplattentechnologie (MFT, MPS, Impedanz, Multilayersysteme, Designregeln, Gerber, LP2010).

Mitarbeit am Schulungskonzept der entsprechenden Fachverbände.

Vom IPC zertifizierter CID, CID+, CIS 6012, Tutor und Trainer. ZED.

Aktives Mitglied im AK-Design des ZVEI.

Förderung der Ausbildung an Berufs-, Fach- und Hochschulen.

## Die LeiterplattenAkademie

Die Sicherung des Standortes Deutschland in Europa und der Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit setzt sowohl die systematische als auch die kontinuierliche Qualifikation der Mitarbeiter/innen eines Unternehmens voraus.

Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Industriegesellschaft und ihre technologische Kompetenz am Weltmarkt wird (auch) durch die Qualität ihrer Elektronikprodukte bestimmt.

Das erfordert eine fachlich hochwertige Aus- und Weiterbildung.

Die zentrale Aufgabe der LeiterplattenAkademie ist, das Fachwissen aus den Bereichen der Schaltungsentwicklung, des CAD-Designs, der CAM-Bearbeitung, der Leiterplattentechnologie und der Baugruppenproduktion in Seminaren, Workshops und Tutorials zu vermitteln.

## **Seminare und Teilnahmegebühren**

Das Tagesseminar wird als freies Seminar durchgeführt, kann für Konferenzen gebucht werden und steht auch als InHouse-Seminar zur Verfügung.

### ***Freies Seminar***

Die Durchführung liegt bei der LeiterplattenAkademie. Die Termine werden via Mailing, eMail, Internet oder Presseveröffentlichungen mitgeteilt. Die Veranstaltungsorte sind in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Präsenz-Seminar: 520,00 € zzgl. MwSt. pro Person. Enthalten sind ausführliche Seminarunterlagen, Teilnahmezertifikat, Mittagess sowie Getränke.

Online-Seminar: 480,00 € zzgl. MwSt. pro Person, Enthalten sind ausführliche Seminarunterlagen und das Teilnahmezertifikat.

### ***InHouse: Unser Seminar in Ihrem Haus***

Das Seminar wird auch firmenintern referiert. Sie sparen sowohl Reise- als auch Übernachtungskosten, vor allem jedoch Zeit.

Für pauschal 2.650,00 € zzgl. MwSt. liefern wir Ihnen unseren Referenten "frei Haus". Es entstehen keine Zusatzkosten.

Online steht Ihnen unser Referent für 2.000,00 € zzgl. MwSt. zur Verfügung.

Eine individuelle Themengestaltung mit firmentypischen Schwerpunkten ist selbstverständlich möglich. Bitte stimmen Sie sich mit uns ab: [inhouse@leiterplattenakademie.de](mailto:inhouse@leiterplattenakademie.de)

*Wir bieten Ihnen 15% Rabatt für InHouse-Seminare in den Monaten Juli und August.*



## ***Die LeiterplattenAkademie***

Die LA - LeiterplattenAkademie GmbH ist eine Schulungs- und Weiterbildungseinrichtung für die Fachbereiche

**Schaltungsentwicklung**

**CAD-Design**

**CAM-Bearbeitung**

**Leiterplattentechnologie**

**Baugruppenproduktion**

Die Akademie versteht sich als Partner für öffentliche Einrichtungen und Unternehmen der Wirtschaft, die in vergleichbaren Feldern engagiert sind.



**LA - LeiterplattenAkademie GmbH**  
**Schlesische Str. 12**  
**10997 Berlin**

Telefon  
eMail  
Internet

(030) 34 35 18 99  
[info@leiterplattenakademie.de](mailto:info@leiterplattenakademie.de)  
[www.leiterplattenakademie.de](http://www.leiterplattenakademie.de)