



# LeiterplattenAkademie

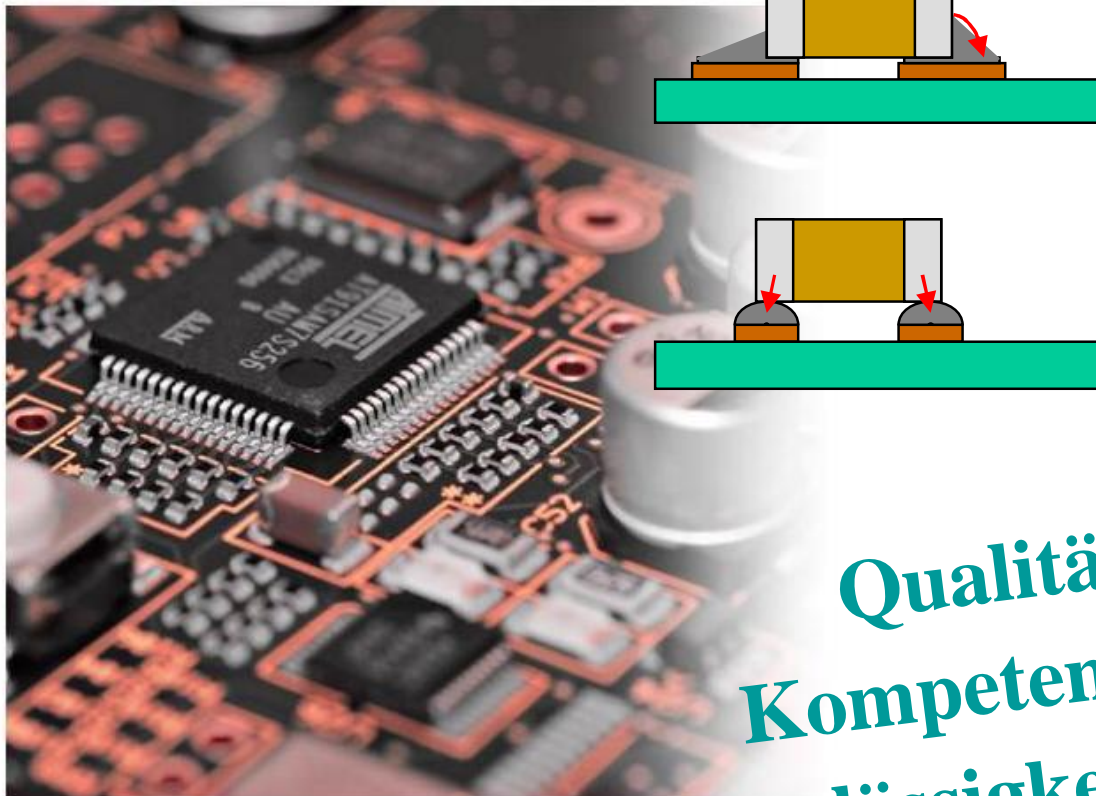
*Rainer Taube*

**Seminar**

## bgt1

*Baugruppentechologie*

**Strategien und Verfahren für die Fertigung  
von zuverlässigen elektronischen Baugruppen**



**Qualität  
Kompetenz  
Zuverlässigkeit**

## Wer wird mit dem "bgt1"-Seminar angesprochen?

Mit der Fertigung der Baugruppe wird der Prozeß zur Entwicklung und Herstellung eines elektronischen Produktes abgeschlossen.

Bei der Bestückung der Leiterplatten zeigt sich, ob das CAD-Design, die Basismaterialien, die Bauteilgeometrien und die Montagetechniken optimal zusammenpassen.

Die Baugruppenteknologie nimmt damit eine besondere Position ein. Einerseits muß sie die konstruktiven Anforderungen annehmen, die sich durch die elektrophysikalischen Vorgaben an die Schaltungs-funktion ergeben. Hohe Geschwindigkeiten für die Signalübertragung, extreme Anforderungen an die EMV-Stabilität und die Signalintegrität der Baugruppe führen zu drastisch verkleinerten Bauteilgehäusen, deren Montage auf immer kleiner werdenden Lötflächen erfolgen muß.

Andererseits muß die Baugruppenteknologie die Regeln und die Strategien mitgestalten, die zum Design von Leiterplatten führen, die kostengünstig herstellbar sind und die sich nach der Bestückung durch einen langfristige und zuverlässige Funktion auszeichnen.

Wenn der Leitsatz "First time right" Wirklichkeit werden soll, dann müssen die Anforderungen aus der Produktion von Baugruppen schon sehr früh berücksichtigt werden. Spätestens mit der Auswahl der elektronischen Bauteile (Pindichte, Pitch) werden die Verfahren festgelegt, mit denen die Produktion der Baugruppen sicher und zuverlässig durchgeführt werden kann.

**Schaltungsdesigner, CAD-Designer/innen, CAM-Bearbeiter/innen, Leiterplattenhersteller und auch Baugruppenproduzenten** sind in dem Ablauf für die Entwicklung einer elektronischen Baugruppe die Entscheidungsträger. Für sie ist dieses Seminar ideal.

"bgt1" vermittelt die richtigen Zusammenhänge und fördert damit das partnerschaftliche Miteinander auf der Linie CAD-CAM-Leiterplatte-Baugruppe.

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

## Technologische Kompetenz

**TAUBE**  
**ELECTRONIC**

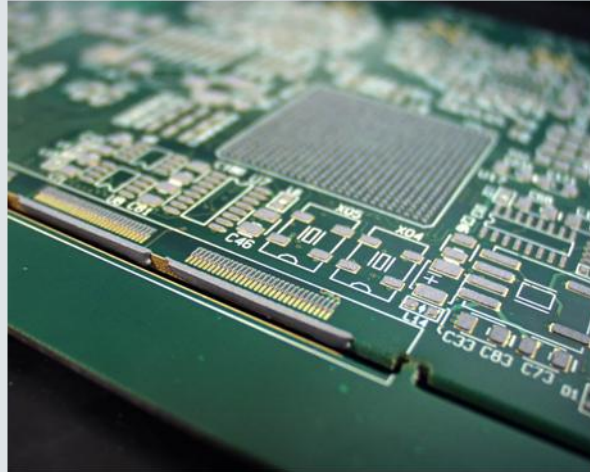
### Fertigungsbeispiel aus 2004

Offenheit für technologische Herausforderungen

Kantenstecker mit Rastermaß 0,5 mm

Gleichzeitiger Reflow-prozeß auf 3 Seiten

Kein automatisiertes Fertigungsverfahren bekannt



TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338 

## Anforderungen

Planung und Vorbereitung für die Bestückung einer elektronischen Baugruppe. Erarbeiten von Lösungen für besondere Anforderung. Abstimmung des Montageprozesses auf die speziellen mechanischen Vorgaben der Bauteilanschlüsse und auf die oft sehr individuellen Geometrien der Bauteilanschlußflächen auf der Leiterplatte.

### Bibliotheken als Informationsträger

**TAUBE**  
**ELECTRONIC**

#### Löttechnologie

1. Zur richtigen Gestaltung von Anschlußflächen ist ein fundamentales Verständnis für das Verhalten von Lot beim Aufschmelzen Voraussetzung. Insbesondere bei den immer kleiner werdenden Bauteilen 0603, 0402 und 0201.
2. Weiterhin spielt die Löttechnologie (Reflow-, Wellen- und Selektivlötung) eine entscheidende Rolle für die Gestaltung der Anschlußflächen.
3. Für die Qualität der Lötstelle ist die gute Benetzung im Lotspalt zwischen Anschlußfläche und Unterseite des Bauteilanschlusses entscheidend.

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338 

## Löttechnologie

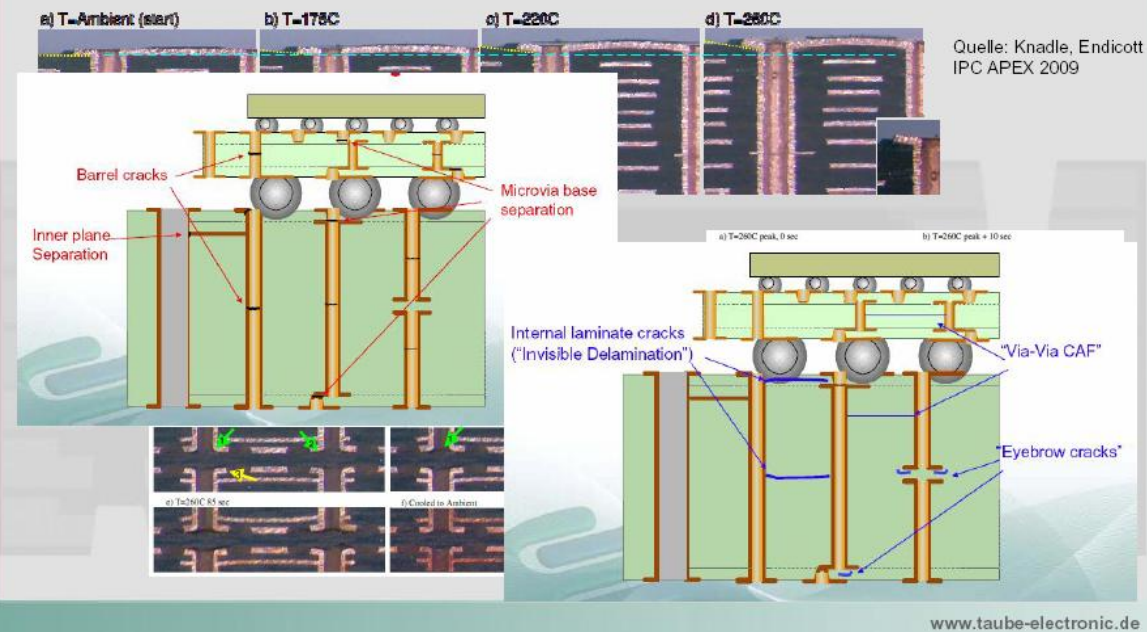
Eigenschaften von Lötflächen. Einfluß der verschiedenen Löttechnologien (Reflow und Welle, Selektivlötung) auf die geometrische Gestaltung der Lötflächen. Lötprofile und das Verhalten von schmelzendem Lot bei den miniaturisierten Anschlußflächen der Bauformen 0603, 0402 und 0201.



## Die Leiterplatte 2010 - Baugruppenfertigung

**TAUBE  
ELECTRONIC**

### Risikofaktor Basismaterial



### Basismaterial

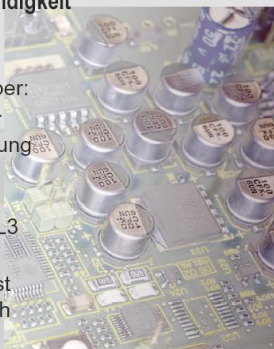
Der Einfluß des Lötprozesses auf den mechanischen Gefügeverbund des Basismaterials. Ursachen für den Abriß von Verbindungen an DK-Hülsen. Barrel Cracking. Thermische Schädigungen der Kupferverbindungen. Wirkung unterschiedlicher Materialausdehnungskoeffizienten auf die Stabilität und Zuverlässigkeit von Lötverbindungen.

## Die Leiterplatte 2010 - Baugruppenfertigung

**TAUBE  
ELECTRONIC**

### Risikofaktor Bauteile, MSL & Wärmebeständigkeit

- Dampfphasenlötung erfordert keine aufwändige Profilierung beim Lötten aber:
- SMD-Elkos sind ein Risikofaktor in der Dampfphasenlötung, daher Entscheidung für die Lötung im Konvektionsreflowverfahren
- Maximale Temperatur durch BGA/MSL3 begrenzt auf 245°C
- Wegen des komplexen Bauteilmixes ist eine sorgfältige Profilierung erforderlich



www.taube-electronic.de

### Wärmebeständigkeit

Die Ermittlung von möglichen Risikofaktoren für die Durchführung des Lötprozesses. Bestimmung des optimalen Lötprofils. Der Einfluß der individuellen Eigenschaften von elektronischen Bauteilen auf die richtige Auswahl des Lötverfahrens.

## Chem. Zinn (imm. Sn)

Chemisch Zinn = immersion Sn

- Trocknung und Wachstum der intermetallischen Phase sind gegenläufige Prozesse
- Zinnschichtdicke nach Lötprozessen:  
 $1.2\mu\text{m} \Rightarrow 0.6\mu\text{m} \Rightarrow 0.3\mu\text{m}$

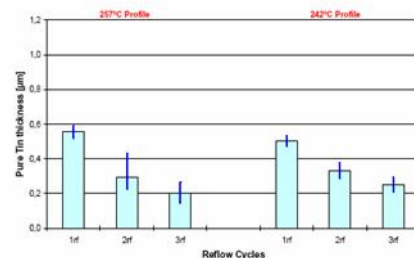


Fig. 5: Thickness determination with stripping coulometry of pure, unalloyed Tin after reflow cycling (1- 3 cycles), annealed with temperature / time curves shown in fig. 2 and fig. 3.

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338

## Oberflächen von Leiterplatten

Qualität und Belastbarkeit der üblichen metallischen Oberflächen von Leiterplatten (Chemisch Zinn, Chemisch Nickel/Gold, Hot-Air-Leveling). Grenzen für die mehrfache Lötbarkeit von Oberflächen. Die Veränderung von Schichtdicken während des Lötvorganges. Ausbildung intermetallischer Phasen. Langzeitstabilität.

## Chem. Nickel Gold (ENIG)

Chemisch Nickel Gold = ENIG

- selbstbegrenzende atomare Austauschreaktion
- Schichtdicke 0.07-0.1µm Gold über 4-7µm Nickel
- Einzige Oberfläche, bei der die Lötung nicht auf Cu erfolgt sondern auf Ni
- intermetallische Phase NiSn, Diffusionsgeschwindigkeit 50x langsamer als CuSn
- Black Pad Risiko
- Brittle Intermetallics Risiko
- Gold Embrittlement/Versprödung der Lötstelle durch  $\text{AuSn}_2$ ,  $\text{AuSn}_4$
- Diffusion Voids (Surawski)
- aggressiver Herstellungsprozess, Risiko organischer Verunreinigungen
- aber gute Lagerfähigkeit (bis 2 Jahre)

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338

## Chemisch Nickel/Gold

Aufbau der Chemisch Nickel/Gold-Schicht. Technische Eigenschaften und Lötbarkeit dieser Oberfläche. Mögliche Fehlerbilder und ihre Ursachen. Umweltbilanz des industriell durchgeführten Vergoldungsprozesses. Die Lagerfähigkeit von unbestückten Leiterplatten



## Die Leiterplatte 2010 - Baugruppenfertigung

**TAUBE  
ELECTRONIC**

### Reflowprofil

**so niedrig wie möglich**  
um Leiterplatten und Bauteile  
nicht zu überlasten

**so hoch wie nötig**  
damit auch der Bauteilanschluß  
mit dem größten Wärmebedarf  
zuverlässig gelötet wird



Kunde	TE Projekt-Nr.	F.Los	Typ
TAUBE ELECTRONIC GmbH	PN0	[ ]	SOU

TOP, Rot	Reflowprogramm: 17, Paste NC254 SAC305 T3
----------	---

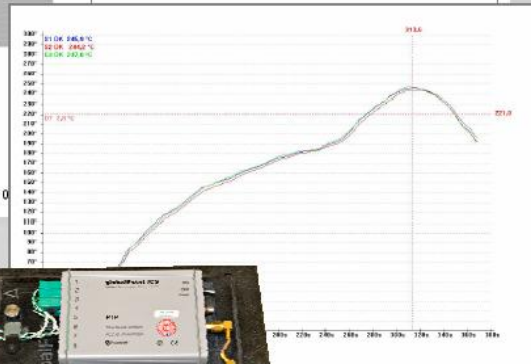
Soll	Ist
260°C	260°C
250°C	250°C
240°C	240°C
230°C	230°C
220°C	220°C
210°C	210°C
200°C	200°C

dT Baugruppe (Temperaturunterschiede) durch:
LP 5K (gemessen) + BGA, Steckverbinder 10K

Sonstige Risiken/Besonderheiten:
Dampfphase ist wegen der Alt-Elkos ausgeschlossen.



www.taube-electronic.de

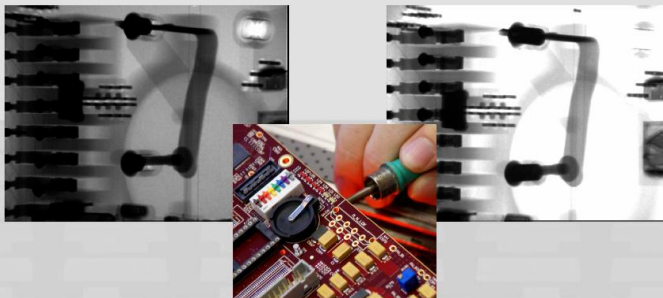
### Reflowprofile

Die Ermittlung von Wärmeprofilen für das Löten von bestückten Leiterplatten. Aufheizphasen und Peak-Temperaturen. Profile für verbleite und bleifreie Baugruppen. Grenzen der thermischen Belastbarkeit von Bauteilen mit unterschiedlicher Spezifikation. Verträgliche Wärmeeinträge auf Leiterplatten, Bauteile und Lötstellen.

## Die Leiterplatte 2010 - Baugruppenfertigung

**TAUBE  
ELECTRONIC**

### Durchstiegsprobleme an bedrahteten Bauteile



- Massive Probleme beim Handlöten an hochlagigen Multilayern ohne Wärmefallen (hier Extremfall: 28 Lagen, 10 Planes), bleifrei ggf. dann gar nicht mehr möglich
- Bereits im Design muß das Lötverfahren berücksichtigt werden

www.taube-electronic.de

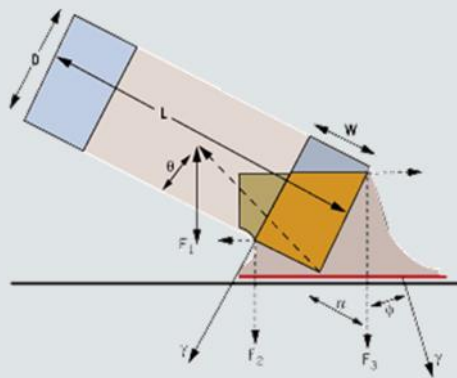
### Exotische Anforderungen

Löten von bedrahteten Bauteilen in DK-Bohrungen mit mehreren Anschlüssen an innere Powerplanes. Überprüfen des Durchstiegs des Lotes in der Hülse mit Hilfe der Röntgeninspektion, einem zerstörungsfreien Verfahren.

## Bibliotheken als Informationsträger

**TAUBE  
ELECTRONIC**

### Kräfteverhältnisse beim Tombstoning



Quelle: SMT Sept. 2002 – Tombstoning  
Reduction Via Phased-reflow Soldering

Tombstoning entsteht bei starkem Versatz zwischen dem Zentrum des Bauteilanschlusses und dem Zentrum der Anschlußfläche und zeitlich ungleicher Erwärmung der Bauteilanschlußflächen und wird verstärkt durch zu großes Lotvolumen

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338

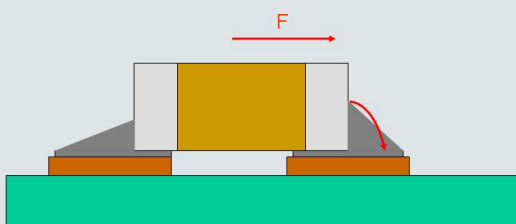


**Physik des Lötens** Die Wirkung von Spannungskräften auf die mechanische Ausrichtung von niedrigpoligen Bauteilen am Beispiel des Tombstonings. Der Einfluß der Padgeometrie auf die Zuverlässigkeit des Lötprozesses. Zusammenhänge zwischen der Bibliotheksarbeit am CAD-System und der Ausfallrate bei der Produktion elektronischer Baugruppen.

## Bibliotheken als Informationsträger

**TAUBE  
ELECTRONIC**

### Verhalten vom Lot beim Aufschmelzen (Reflow)



Folge: Bauteil nicht mittig, verdreht oder im schlimmsten Fall Tombstoning, insbesondere bei Bauteilen mit kleiner Masse!

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338



## Physik des Lötens

Notwendige Maßnahmen für das problemlose Lötens von Bauteilen mit geringer Masse. Lösungen für das richtige Dimensionieren von Bauteilanschlußflächen.

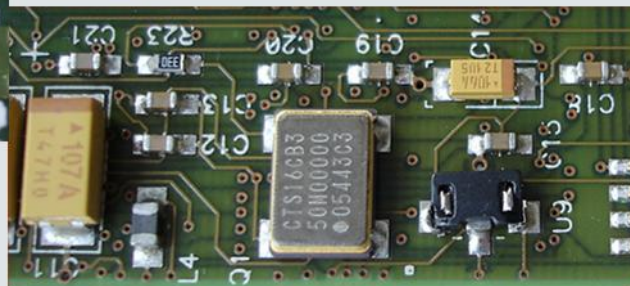
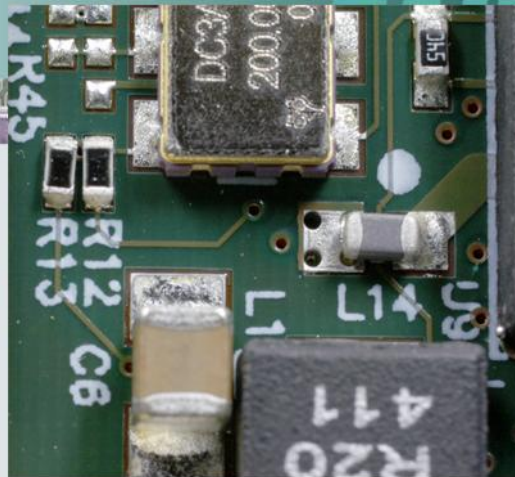
Mindestanforderungen an das richtige Plazieren von Komponenten in einem CAD-Layout.



## Fehlerbilder



Tombstoning/Vias in Pads  
Lotabfluss durch Vias



TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338 

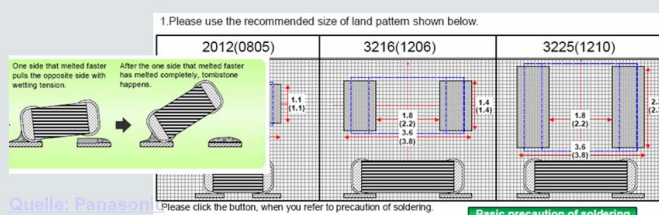
## Fehlerbilder

Mängel durch unsachgemäß erstellte CAD-Layouts. Die Auswirkung von Vias in Lötflächen auf die Qualität einer Lötstelle. Die Folgen einer fehlenden Lötstoplackabdeckung zwischen SMD-Lötflächen und DK-Vias bei einem falschen Fan-Out. Elementare Regeln für die Positionierung der unterschiedlichsten Bauteile zueinander.

### Tombstoning ECHU-Kondensatoren

Spezielles Tombstoning-Risiko an ECHU-Kondensatoren durch die Anschlusskonstruktion

Hier wurde im Laufe der Produktion der Baureihe die Anschlusskonstruktion geändert (Verrundung), dadurch höheres Tombstoningrisiko auch an einem Bauteil mit relativ grosser Masse



TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338 

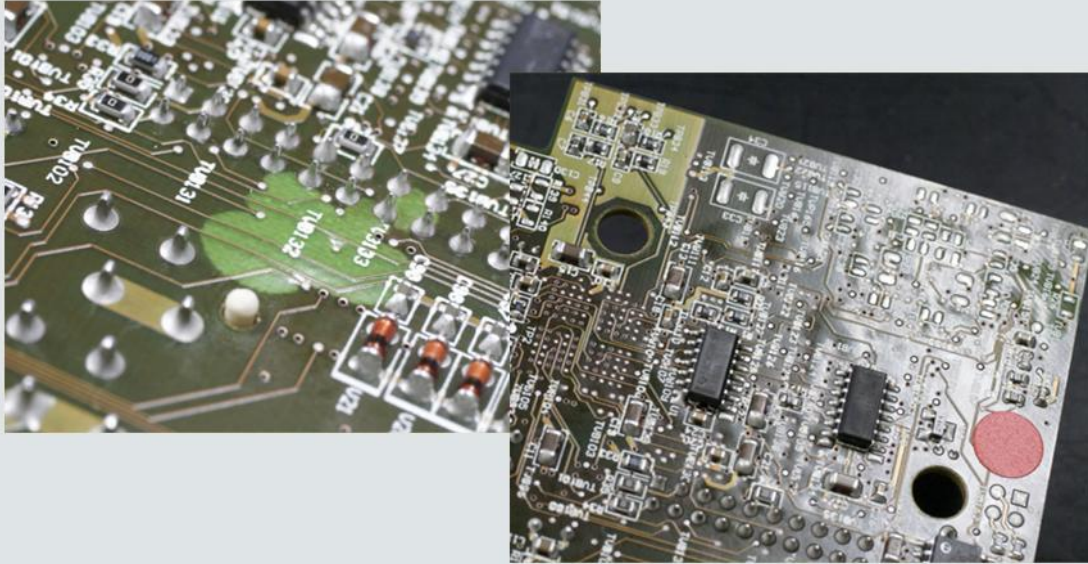
## Anschlußflächen

Geeignete und weniger geeignete Anschlußflächen an Bauteilen.

Der Einfluß von Anschlußgeometrien auf die sichere Lötbarkeit von Bauteilen. Die Folgen riskanter Anschlußkonstruktionen.



## Ausgangspunkt



Beispiele für Delamination auf FR4 Material mit einem Tg 170 °C!!!

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338 

## Delaminationen

Komplexe Fehlerbilder auf gelöteten Baugruppen. Ursachen und Folgen großflächiger Delaminationen. Die Auswirkung der Forderung nach RoHs-kompatiblen Baugruppen auf die notwendigen Eigenschaften der einzusetzenden Basismaterialien. Die Spezifikation sogenannter Hoch-Tg-Lamine und Prepregs der Materialgruppe FR4.

## Untersuchungsergebnisse 2



Engelmaier/2007/Ausfallmechanismen:

- Feuchtigkeitseinlagerung - insbesondere bei Hoch Tg-Materialien - kann durch den doppelten Dampfdruck bei bleifreien Lötprozessen zu kohäsiven und adhäsiven Delaminationen führen, während mangelnde Temperaturfestigkeit vor allem zu kohäsiven Fehlern führt.
- Deshalb sollen die Leiterplatten vor der Verarbeitung getrocknet werden (105 °C).
- Die Hülstenstabilität kann durch die Spezifizierung einer größeren Kupferschichtdicke in der Hülse verbessert werden.
- Non Functional Lands sollten bei PCBs für bleifreie Lötprozesse nicht entfernt werden, weil sie dazu beitragen können, die Spannungen in der Hülse bei thermischen Prozessen gleichmäßiger zu verteilen.
- Gleichzeitig dienen sie als Ankerpunkte zur Vermeidung von Harzrückzug
- Leiterplatten sollten in antistatischen gering ausgasenden Vakuumverpackungen transportiert und gelagert werden

TAUBE ELECTRONIC GmbH Nostitzstraße 30 10965 Berlin Tel.: 030 6959250 Fax: 030 6942338 

## Qualitätsanforderungen

Die wichtigsten Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen von Engelmaier zu den Ausfallmechanismen bei Baugruppen. Vorgaben für ein zuverlässiges Handling von Leiterplatten und Bauteilen. Empfehlungen für das fachgerechte Trocknen. MSL.

## Ihr Referent



**Rainer Taube** ist Geschäftsführer und Inhaber der 1986 in Berlin gegründeten Firma TAUBE ELECTRONIC GmbH. Ausgehend von der Design-Dienstleistung wurde die Baugruppenfertigung Anfang der 90er-Jahre der neue Schwerpunkt für das Unternehmen.

Dem ISO9001-Zertifikat von 1997 folgte 2002 die Zertifizierung der Mitarbeiter gemäß der IPC-A-610. Noch im gleichen Jahr wurde der Firma TAUBE ELECTRONIC GmbH der

renommierte Preis "Baugruppenfertiger des Jahres" verliehen, eine Auszeichnung, die im Folgejahr sogar noch ein zweites Mal an das Unternehmen vergeben wurde.

Rainer Taube ist seit langen Jahren erfolgreich in der Aus- und Weiterbildung aktiv. Er ist Referent für Seminare, Konferenzvorträge und Workshops zum Thema Baugruppenfertigung.

Rainer Taube ist zertifizierter Master IPC Trainer für die IPC-A-610D. Er ist im FED-Vorstand zuständig für den Fachbereich "Baugruppen", arbeitet mit im Beirat des Fachkreises Bleifrei (BFE), in der FED-/VdL-Projektgruppe "Design" und in der Normung bei DKE682/IEC TC91.

## Die LeiterplattenAkademie

Die Sicherung des Standortes Deutschland in Europa und der Erhalt der internationalen Wettbewerbsfähigkeit setzt eine systematische und 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)