

Arnold Wiemers

Technologische Aspekte zukünftiger elektronischer Baugruppen

Betrachtung der Verknüpfungen zwischen dem CAD-Design, der Leiterplattentechnologie, der Baugruppenproduktion und der Funktion einer elektronischen Baugruppe.



LeiterplattenAkademie

Stand 14.05.2017 / Arnold Wiemers / LA-LeiterplattenAkademie GmbH



...eine kleine Reise durch die Zeit...



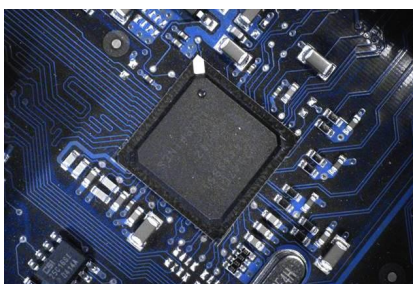
1948 Die Grundlagen der Leiterplattentechnik waren wenige Jahre vorher gelegt worden. Üblich war aber noch lange Zeit die freie händische Verdrahtung der Komponenten eines Gerätes.

Bildquelle ELEKTRONIKPRAXIS 12-2015



1965 Elektronische Getriebesteuerung. Transistorsteuerung, die das Kuppeln und die manuelle Gangwahl übernommen hat. Entwickelt von Hermann Scholl für Bosch als Alternative zum Automatikgetriebe.

Bild- und Textquelle ELEKTRONIKPRAXIS 18-2015



2014 MCU eines Controllerboards für die Steuerung einer Industrieanlage. Die Komponenten der Baugruppe sind in SMT-Technik ausgeführt. Die Verbindung der Bauteile mit der Oberfläche der Leiterplatte wird durch Reflowlötungen hergestellt.



Entrée

Die Konstruktion elektronischer Baugruppen muß mehr denn je bereits im Vorfeld des Schaltplan- und CAD-Designs die Produktion der Leiterplatten und Baugruppen beachten.

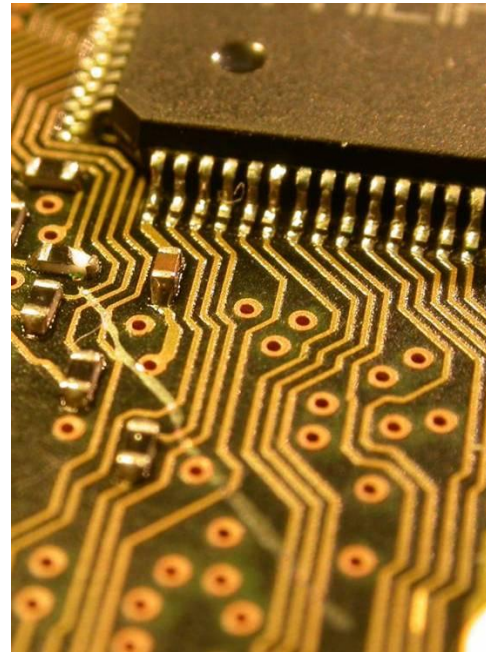
Die technologische Vielfalt der Anwendungen sowie der Variantenreichtum von Basismaterialien, Lagenaufbauten, elektronischen Komponenten und Verbindungsstrategien entscheiden über die Qualität und den Preis.

Doch welche Konstruktionsregeln führen zu effektiven und bezahlbaren Geometrien auf der Leiterplatte ?

Wie ist eine Baugruppe im internationalen Wettbewerb zu bewerten ?

Können wir den Einfluß der Physik bereits ausreichend berücksichtigen ?

Können wir Highspeed-Baugruppen überhaupt beherrschen ?



Was kommt...

IoT, Industrie 4.0, IT-Sicherheit, Big Data, autonome Systeme, Cloud Computing, Smart Home, heterogene Netzwerke und kollaborierende Roboter :

Diese Strategien und Aufgaben sind nur auf der Basis funktionierender elektronischer Baugruppen möglich.

Das erfordert vorausschauendes Wissen.



Bildquelle Siemens / Internet März 2017

Vernetzte Spinnenroboter arbeiten zusammen als mobiler 3D-Drucker.



Vom CAD-Layout zur Baugruppe

Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik

CAD-Bibliothek

CAD-Design

Leiterplattentechnologie

Basismaterial

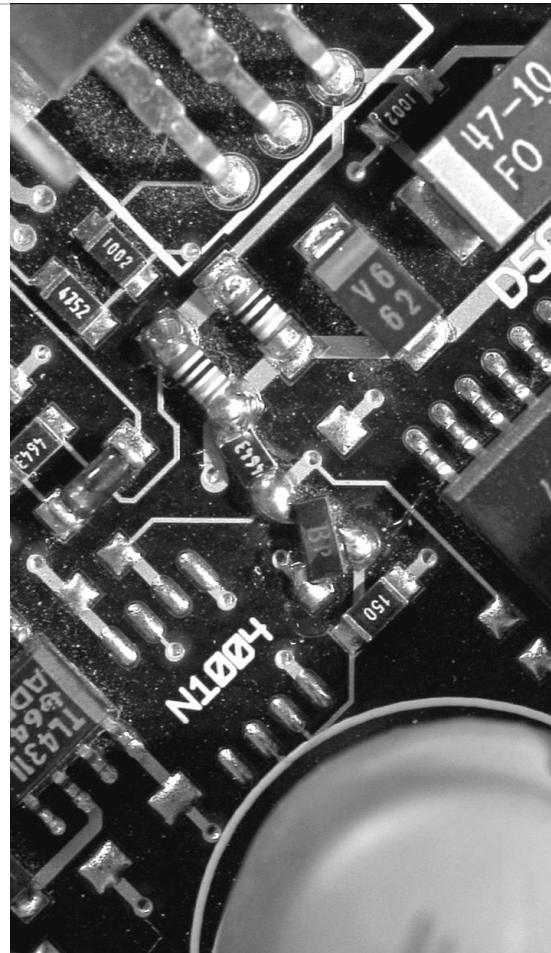
Designregeln

Physik

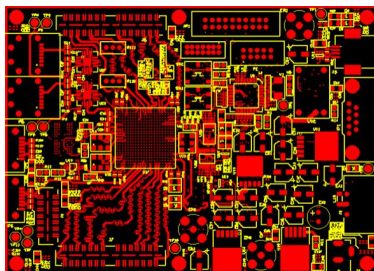
Dokumentation

Baugruppenproduktion

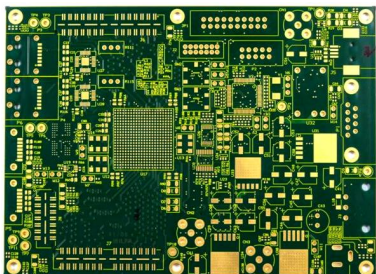
Schulung + Ausbildung



Vom CAD-Layout zur Baugruppe



Das **CAD-Layout** liefert die Konstruktionsvorlage für die Fertigung der Leiterplatte. Die Bauteilgeometrien werden aus der Bibliothek eingefügt. Die Verbindungen der Bauteile werden dem Schaltplan entsprechend geroutet.



Die **Leiterplatte** ist der Träger der elektrischen und mechanischen Komponenten auf der Baugruppe. Die Leiterbahnen verbinden die Bauteile miteinander. Lagenwechsel werden bei Bedarf über Vias ermöglicht.



Die **Baugruppe** sorgt dafür, daß die Bauteile durch geeignete Montagestrategien stabil montiert werden können. Aus den im CAD-Layout virtuell geplanten Funktionen wird der real einsetzbare Teil eines komplexeren Gerätes oder einer Maschine.



Layout, Leiterplatte und Baugruppe

Regel (Layout, Leiterplatte, Baugruppe)

Die Disziplinen CAD-Layouterstellung, Leiterplattenfertigung und Baugruppenproduktion bedingen sich gleichwertig gegenseitig.

CAD	Das CAD-Layout liefert die Fertigungsdokumente für die Produktion der Leiterplatte und der Baugruppe.
Leiterplatte	Die Leiterplattentechnologie liefert die Konstruktionsvorgaben für die Erstellung des CAD-Layoutes und stellt die Leiterplatten für die Baugruppenproduktion bei.
Baugruppe	Die Baugruppenteknologie definiert die Anforderungen an die Qualität der Leiterplatte und an die Konstruktion des Layouts.

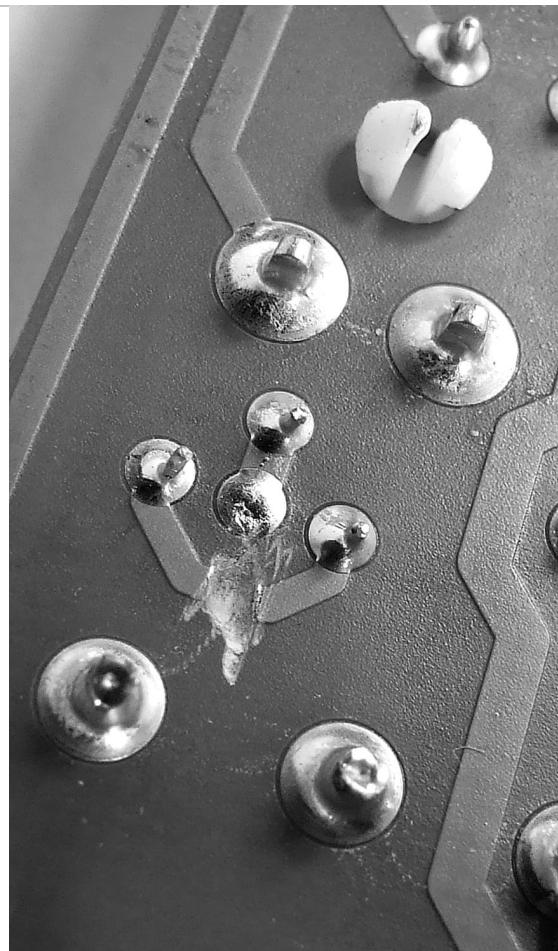
Regel (Formulierung von Designregeln)

Die Formulierung von Designregeln ist nur möglich über die Analyse der Fertigungsbedingungen für die Leiterplatten- und Baugruppenproduktion.

▼
Vom CAD-Layout zur Baugruppe

Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik
CAD-Bibliothek
CAD-Design
Leiterplattentechnologie
Basismaterial
Designregeln
Physik
Dokumentation
Baugruppenproduktion
Schulung + Ausbildung



Schaltplankonstruktion

Constraints

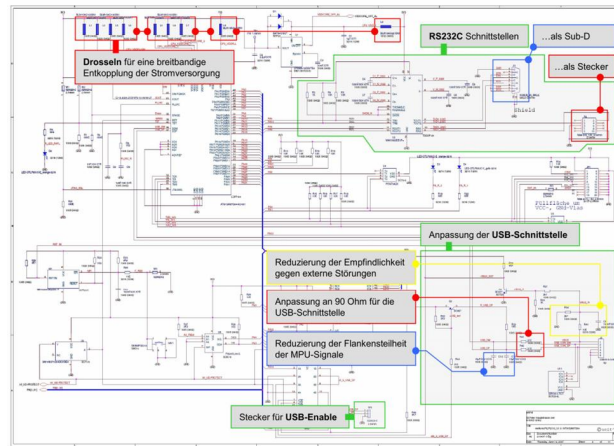
Die Dokumentation der "reinen" Verdrahtung der elektronischen Komponenten untereinander ist die notwendige Aufgabe eines Schaltplanes.

Darüber hinaus müssen heute ausführliche Informationen zur Funktion der Baugruppe bereits mit dem Schaltplan geklärt sein und dort vorgegeben werden.

Die Zuordnung von Signallayern zu Powerlayern definiert die Integrität der Baugruppe. Impedanz, Stromtragfähigkeit und Entwärmung müssen ermittelt und für das CAD-Design verbindlich festgelegt werden.

Das erfordert bereits sehr stabile Kenntnis über die Leiterplatten- und Baugruppenproduktion.

Schaltplan für "meltemi" (~ LP2010).



Quelle Gerhard Eigelsreiter / Unitel 2008



Vom CAD-Layout zur Baugruppe
Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik

CAD-Bibliothek

CAD-Design

Leiterplattentechnologie

Basismaterial

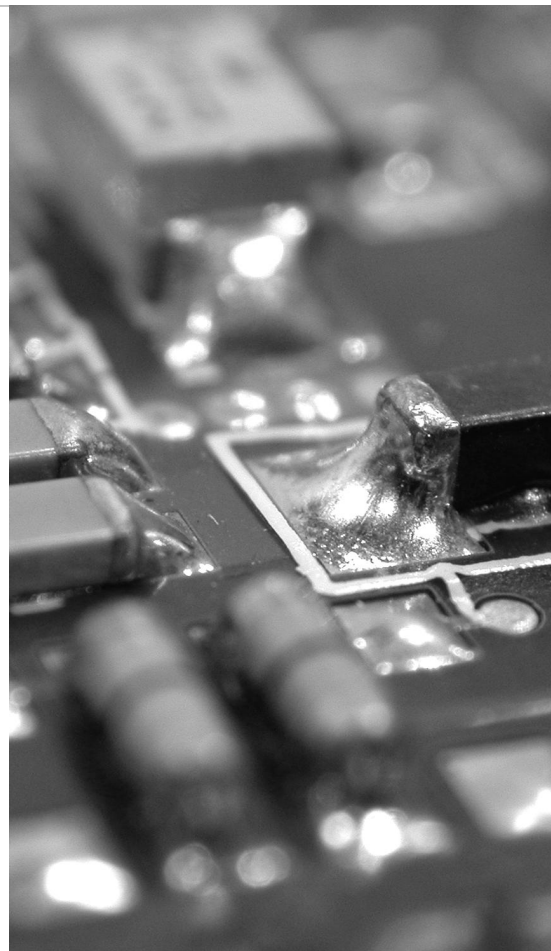
Designregeln

Physik

Dokumentation

Baugruppenproduktion

Schulung + Ausbildung

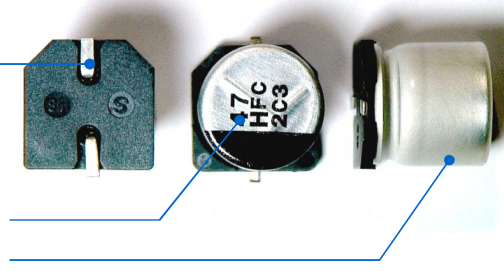


SMD : Bauteilwahl

In der Konstruktions- und Entwicklungsphase ist die Wahl der geeigneten Bauteile entscheidend, weil deren Footprints einen massiven Einfluß auf das CAD-Design haben.

Aluminium-Elektrolytkondensator im Metallgehäuse für die Oberflächenmontage.

Unterseite mit Lötanschlüssen
Aufsicht mit Angabe des Bauteilwertes
Seitenansicht auf den Gehäusekörper



Diode der Bauform *minimelf* in einem runden Glasgehäuse.

Glaskörper
Lötanschluß

Kennung der Anodenseite

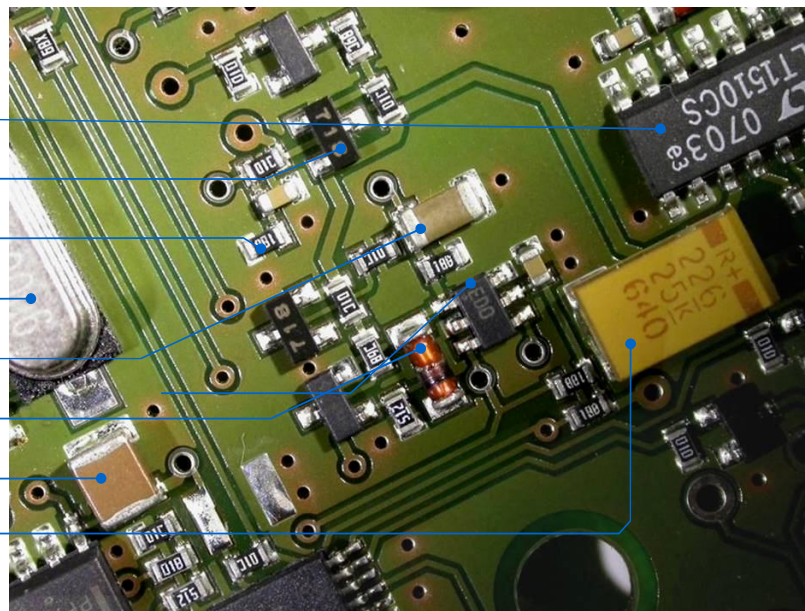


SMD : Bauformen

Elektronische Bauteile mit unterschiedlichster Funktion sind als SMD verfügbar und müssen auf Leiterplatten verarbeitet werden können. Die Vielfalt der Bauformen führt zu einer Vielfalt an Lötflächeengeometrien. Im Zuge der Erstellung des CAD-Layouts legt die Platzierung der Bauteile auch den Aufwand (...und die Kosten) für die Bestückung fest.

SMD-Bauformen

IC	so16
Transistor	sot23
Widerstand	0402
Quarz	hc49
Kondensator	0805
Diode	minimelf
Kondensator	1208
Kondensator	Typ C





Vom CAD-Layout zur Baugruppe

Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik

CAD-Bibliothek

CAD-Design

Leiterplattentechnologie

Basismaterial

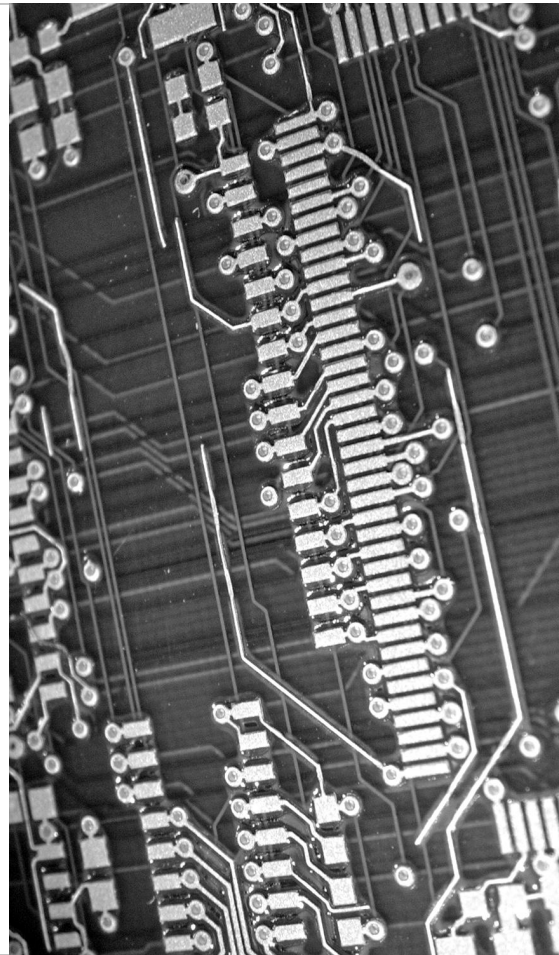
Designregeln

Physik

Dokumentation

Baugruppenproduktion

Schulung + Ausbildung



Leiterplatten und spezielle Multilayersysteme...

...finden sich heute in allen Bereichen unseres täglichen Lebens :

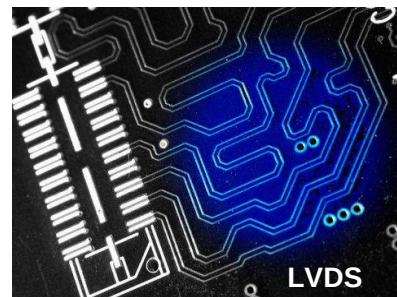
Medizinische Geräte, Flugzeuge, Raumfahrt, Sicherheitseinrichtungen, Automotive, Industriesteuerungen, Unterhaltungselektronik, Film und Fernsehen, im Transportwesen, als Hauselektronik und in allen Bereichen der Kommunikationen.

Hohe Datenraten (> 4GBit/s)

Bildbearbeitung

Digitales Fernsehen

High definition TV (HDTV)



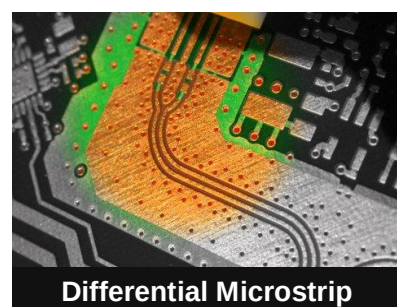
LVDS

Hohe Frequenzen (> 15 GHz)

Sensor Technologie

Fahrerassistenzsysteme

Abstandsradar in Autos/LKWs



Differential Microstrip



Strategische Anforderungen an Leiterplatten

Es müssen etliche Anforderungen bei der Konstruktion einer Leiterplatte für eine High-speed-Baugruppe berücksichtigt werden.

Impedanz

Signalqualität

EMV

Abschirmung

Powerintegrität

Funktionale Stabilität

Kapazitive Powerplanes

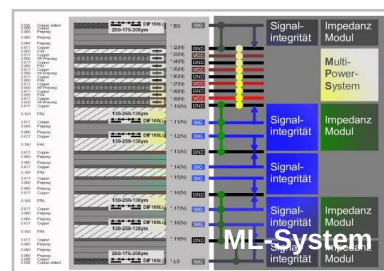
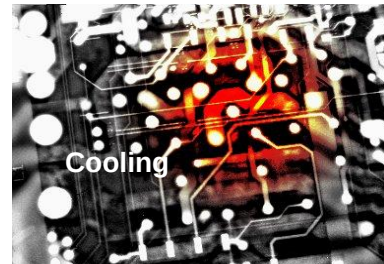
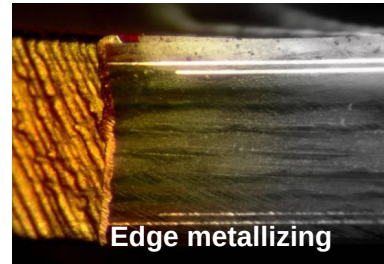
Breitbandige Entkopplung

Entwärmung

Funktionale Stabilität

Signalintegrität

Funktionale Stabilität



Aspekte moderner Produktionsverfahren 1

Die Technologie für die Fertigung von Leiterplatten muß die Konstruktion hochleistungsfähiger Baugruppen unterstützen.

Die wichtigsten Prozeßtechniken sind :

Microvias

Laser / Mechanisch gebohrt
Enddurchmesser bis minimal 50µm

Laserschnitt der Kontur

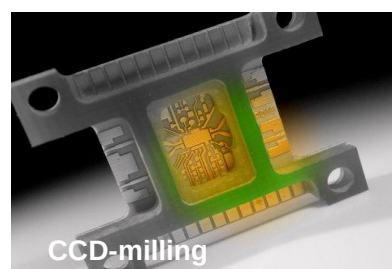
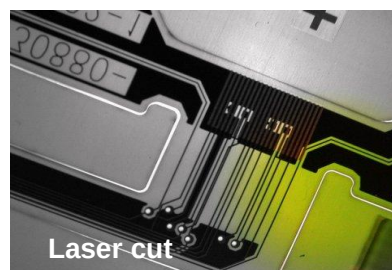
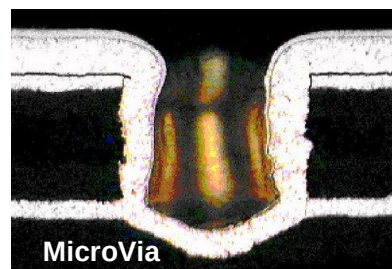
Kanalbreite bis minimal 30µm

Hybridmultilayersystems

Kombination unterschiedlicher
Basismaterial laminate

Laser direct imaging (LDI) für MFT

Leiterbahnbreiten bis minimal 50µm



Aspekte moderner Produktionsverfahren 2

Von Bedeutung sind neue Verfahren, die eine höhere Verdrahtungsdichte ermöglichen. Das zielt in Richtung Miniaturisierung der Leiterbahnbreiten und -abstände sowie der Viadurchmesser.

Die wichtigste Aufgabe der Leiterplattentechnik ist jedoch, fertigungsbedingte Toleranzen zu reduzieren.

CNC Bearbeitung

Bohren und Fräsen mit
CCD-Kamera registrieren

Selektive Kontaktierungen

BlindVias / BuriedVias

Pluggen

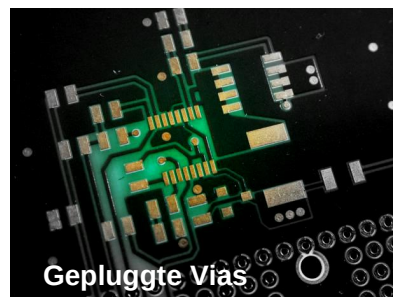
VialnPad

Entwärmung

Partielles Verpressen

Starrflexible Aufbauten

Höhenniveaus / Hohlräume



Bohrungen : Bohrklassen in einem Multilayer

In einem Multilayer können die verschiedenen Kontaktierungsoptionen miteinander kombiniert werden. Dadurch ergeben sich viele mögliche Strategien für die Stromversorgung einer Baugruppe und für die Verdrahtung der erforderlichen Signalwege.

Der Lagenaufbau des Multilayers muß auf die Kontaktierungsstrategie abgestimmt sein. Dementsprechend muß der Lagenaufbau vor Beginn der Arbeiten am CAD-System verbindlich vorliegen.

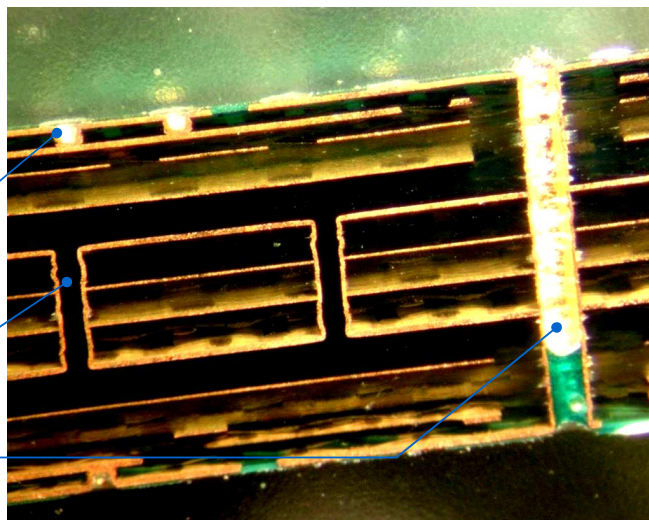
Beispiel (Kontaktierungsoptionen)

Kontaktierungen an einem
12-Lagen-Multilayer

BlindVia
(gelasert)

BuriedVia
(gebohrt)

Durchkontaktierung
(gebohrt)



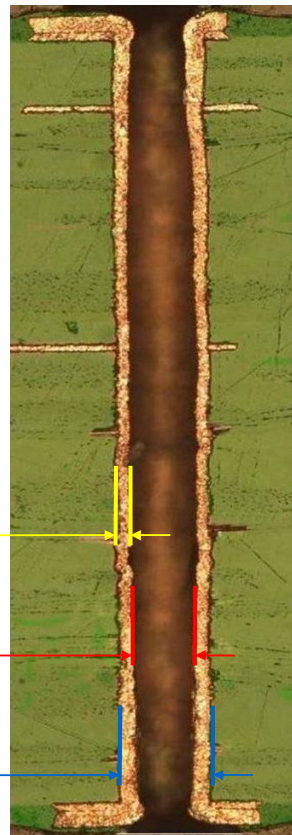
Bohren : Schliff durch ein Microvia

Bohrungen mit einem Enddurchmesser von 200µm sind bei einer Leiterplattendicke von bis zu 1.60mm Standard. Enddurchmesser von 100µm sind möglich. Das Problem ist weniger das mechanische Herstellen der Bohrung. Entscheidend ist die gleichmäßige Durchflutung der Hülse im Galvanobad während des Kontaktierungsprozesses. Oberflächenspannung und Kapillareffekt wirken einer Durchflutung entgegen.

Metallisierte Hülse
25µm Kupferdicke

Enddurchmesser oder
100µm Lochdurchmesser

Viabohrung
150µm Bohrwerkzeug



LY-Top

LY-2

LY-3

LY-4

LY-5

LY-6

LY-7

LY-8

LY-9

LY-Bot

Basismaterial : Chemische Stoffgruppen

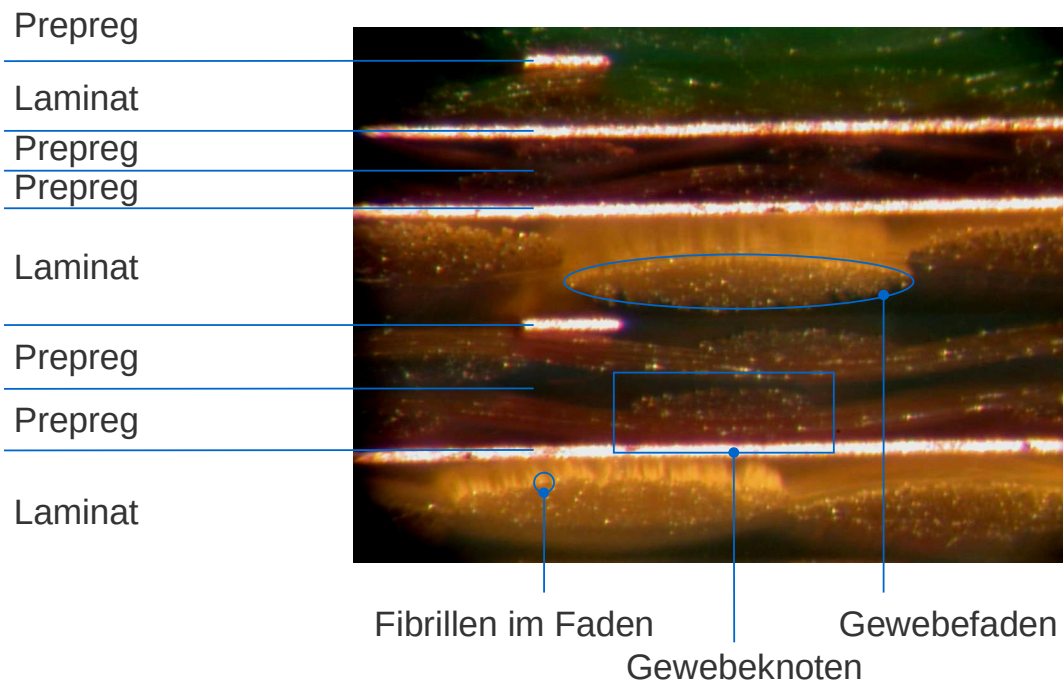
Gruppe	Zusammensetzung	Tg [°C]	ε _r [100MHz]
■ BT	Bismaleimid-Triazinharz mit Quarzglas	180 - 220	3.9 - 4.9
CE	Cyanatester mit Quarzglas	230	3.6
CEM1	Hartpapierkern mit FR4-Außenlagen	130	4.7
CEM3	Glasvlieskern mit FR4-Außenlagen	130	5.2
FR2	Phenolharzpapier	105	4.7
FR3	Hartpapier	110	4.9
■ FR4	Epoxid + Glasgewebe	135 - 170	4.5
FR5	Epoxid + Glasgewebe	160	4.6
■ PD	Polyimidharz	260	4.2 - 4.6
■ PTFE	Polytetrafluoräthylen mit Glas oder Keramik	240 - 280	2.2 - 10.2
■ CHn	Vernetzte Kohlenwasserstoffe mit Keramikfüllung	300	4.5 - 9.8

■ Standardmaterial

■ Hochwertiges Material

Basismaterial : Schliff durch einen Multilayer aus FR4-Material

Das Schliffbild zeigt Kette und Schuß des Glasgewebes. Jeder einzelne Gewebefaden besteht aus hunderten von kleinen Fibrillen, die komplett in Epoxydharz eingebettet sein müssen, um CAF-Effekte zu vermeiden.



Vom CAD-Layout zur Baugruppe

Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik

CAD-Bibliothek

CAD-Design

Leiterplattentechnologie

Basismaterial

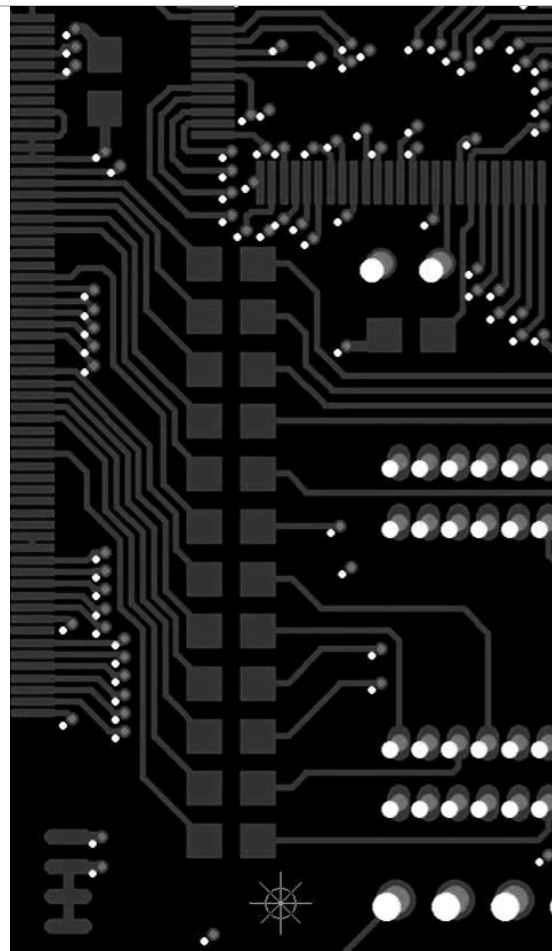
Designregeln

Physik

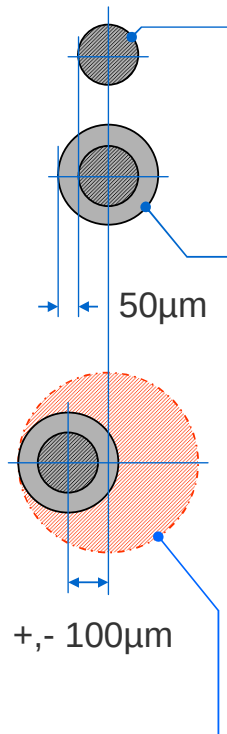
Dokumentation

Baugruppenproduktion

Schulung + Ausbildung



Toleranzraum : CAD-Vorgabe, Bohrwerkzeug und Paßtoleranz



CAD gibt einen *Enddurchmesser* vor. Das zugehörige Bohrwerkzeug muß im Durchmesser größer sein, damit dieser Enddurchmesser auf der fertigen Leiterplatte nach dem Kontaktieren der Bohrhülse und dem Prozessieren der Endoberfläche auch zuverlässig erreicht wird.

Üblicherweise wählt der Leiterplattenhersteller eine *Zugabe* auf das passende Bohrwerkzeug (BWzg).

Regel BWzg = Enddurchmesser + 100µm Zugabe

Dieses Bohrwerkzeug ist somit umlaufend 50µm größer, als der vom CAD-Layout vorgegebene Enddurchmesser.

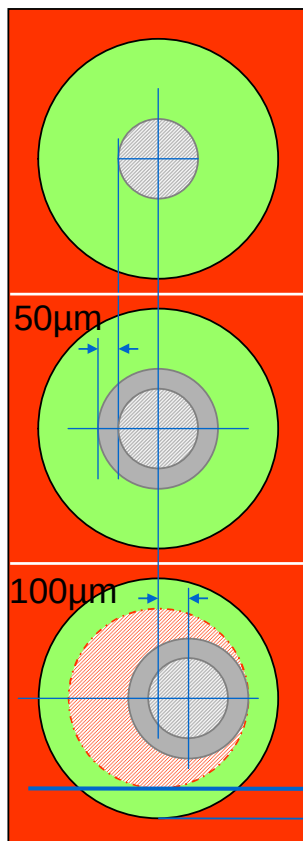
Bedingt durch die allgemeine *Toleranz* von $\pm 100\mu\text{m}$ kann die Bohrung zum Pad auf der fertigen Leiterplatte um 100µm von der Sollposition verschoben sein.

Die Bohrung wird sich letztlich innerhalb eines Toleranzraumes mit einem definierten Durchmesser wiederfinden.

Definition (Toleranzraum)

Toleranzraum = Enddurchmesser + 100µm Zugabe + (2 • 100µm Toleranz)

Isolationspads auf Powerplanes



Für die Bohrwerkzeugzugabe (BWzgZugabe) auf das passende Bohrwerkzeug (BWzg) gilt :

BWzg = Enddurchmesser + BWzgZugabe

Hinweis

Üblicherweise beträgt die BWzgZugabe 100µm. Die allgemeine Toleranz zwischen Bohrung und Leiterbild liegt bei $\pm 100\mu\text{m}$.

Für den minimalen Sicherheitsabstand gilt dann :

Regel (Minimaler Sicherheitsabstand)

Sicherheitsabstand_(min) =
 $0.5 \cdot (\text{Isolationspad} - \text{Enddurchmesser} - \text{BWzgZugabe} - 2 \cdot \text{Toleranzbetrag})$

Sicherheitsabstand zwischen der Tangente der Bohrung und dem Kupfer der Powerplane

Mittenabstand von Isolationen auf Powerplanes

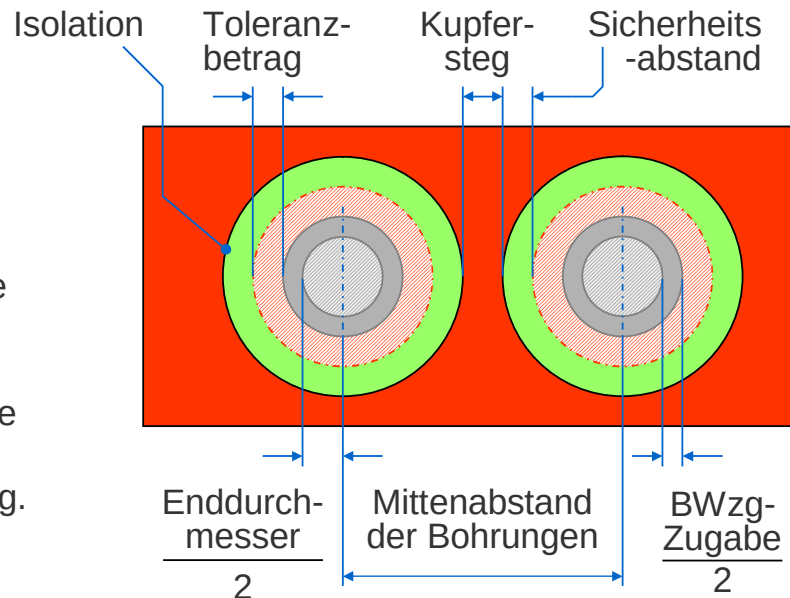
Regel (Kupfersteg bei gleichem Bohrdurchmesser)

$$\text{Mittenabstand}_{(\text{THT})} = \text{Enddurchmesser} + \text{BWzgZugabe} + \text{Kupfersteg} + 2 \cdot \text{Toleranzbetrag} + 2 \cdot \text{Sicherheitsabstand}$$

Nebenbedingung : Toleranzbetrag $\geq$ Toleranz (Bohrung zu Leiterbild)

Sicherheitsabstand

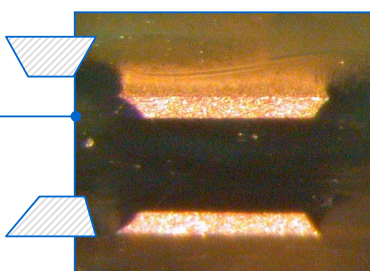
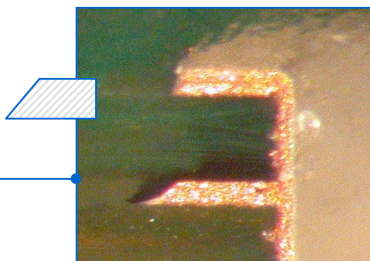
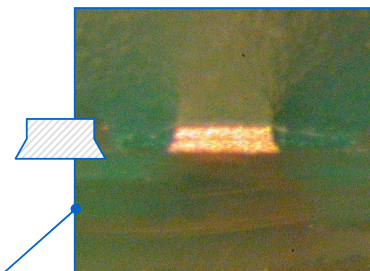
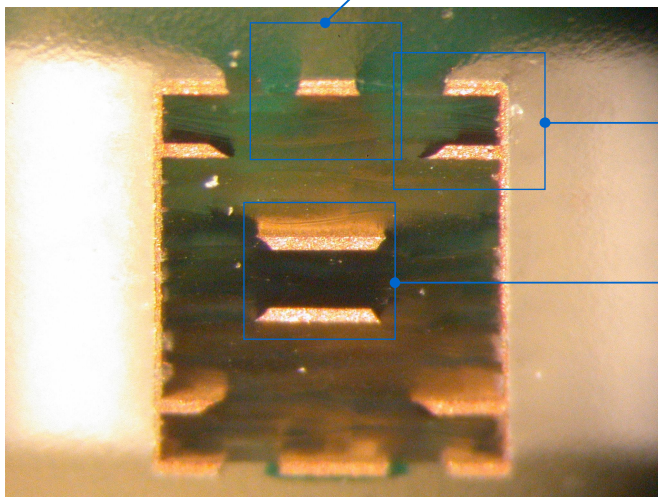
Für den zuverlässigen Betrieb der Baugruppe ist ein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen der Tangente der Bohrwandung und der Powerplane wichtig.



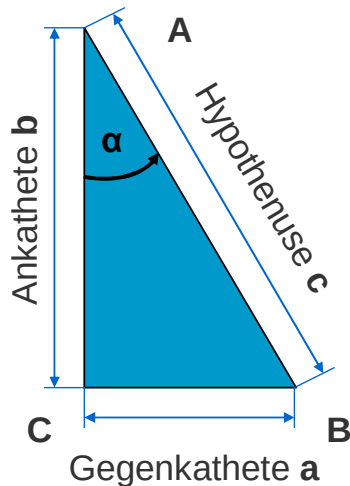
Querschnittsprofil : Profilvarianten

Das Querschnittsprofil einer Leiterbahn auf einer kontaktierten Lage ist anders, als das Querschnittsprofil einer Leiterbahn auf einer nicht kontaktierten Lage.

Die Winkel auf der rechten und der linken Ätzflanke einer Leiterbildstruktur sind nicht identisch.



Querschnittsprofil : Definition des Tangens Alpha



Die Längen für a, b und c sind nicht ohne weiteres ermittelbar. Die Dokumentation der CAD-Daten gibt dazu keine Auskunft.

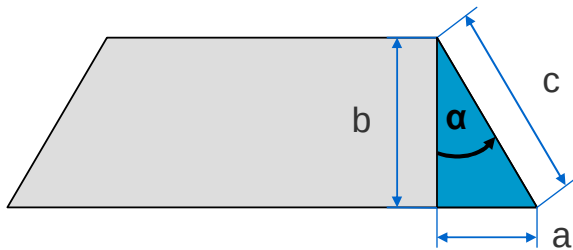
Eine Beziehung zwischen diesen Größen kann über die *trigonometrische Definition* des Tanges beschrieben werden.

Allgemein gilt :

$$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{a}{b}$$

$$\text{Gegenkathete} = \text{Ankathete} \cdot \tan \alpha$$

$$a = b \cdot \tan \alpha$$



Alpha 'α' ist der Winkel zwischen der Flanke 'c' der Bildstruktur und der Kupferdicke 'b'.

Funktionsfläche

Mit dem Tangens des Winkels α wird ein mathematischer Zusammenhang zwischen der Unterätzung und der Kupferdicke formuliert.

Regel (Unterätzung gesamt)

$$\text{Unterätzung}_{(\text{ges})} = 2 \cdot \text{Kupferdicke} \cdot \tan \alpha$$

Daraus ergibt sich :

Regel (Abhängigkeit der Unterätzung)

Die Unterätzung ist *ausschließlich* von der Kupferdicke abhängig.

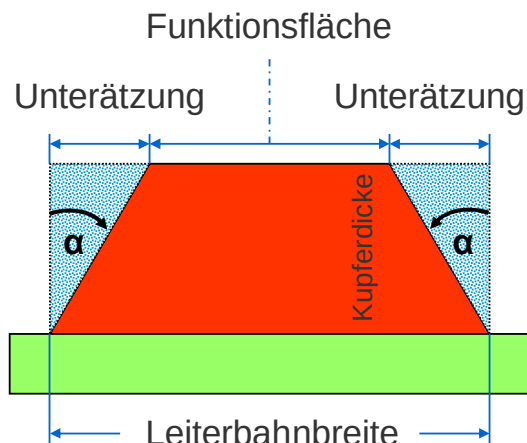
Begriff (Funktionsfläche)

Die Breite des oberen Leiterbildes wird als *Funktionsfläche* bezeichnet.

Regel (Funktionsfläche)

$$\text{Funktionsfläche} = \text{Leiterbahnbreite} - \text{Unterätzung}_{(\text{ges})}$$

$$= \text{Leiterbahnbreite} - (2 \cdot \text{Kupferdicke} \cdot \tan \alpha)$$



Abstand für Vias in Pads (Lötfläche < Toleranzraum) 2c

Beispiel (Berechnung des Offsets)

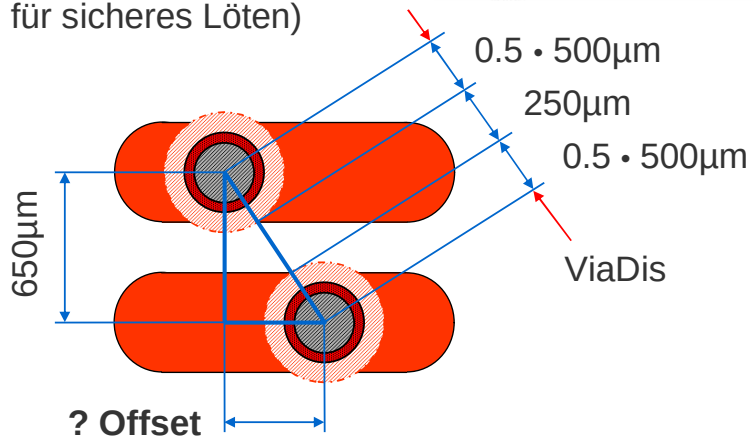
Folgende Werte sind gegeben :

250µm Abstand_(TR/TR) (... für sicheres Lötten)

500µm Toleranzraum

650µm Pitch

Welcher Offset ist beim Routing zwischen den benachbarten Vias einzuhalten ?



Nach Formel **3** ist :

$$\text{Offset} = \sqrt{(\text{Toleranzraum} + \text{Abstand}_{(TR/TR)})^2 - \text{Pitch}^2}$$

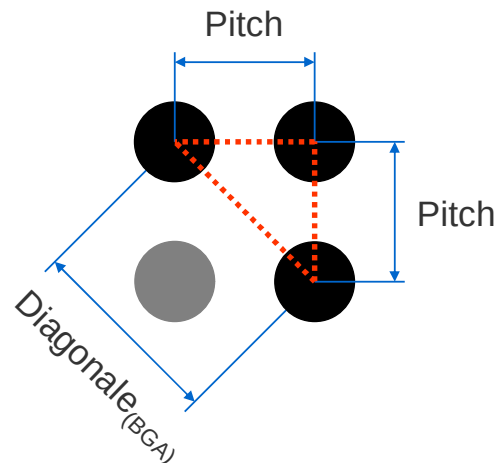
$$\begin{aligned} \text{Offset} &= \sqrt{(500 + 250)^2 - 650^2} \text{ µm} = \sqrt{750^2 - 650^2} \text{ µm} \\ &= \sqrt{562500 - 422500} \text{ µm} = \sqrt{140000} \text{ µm} = \sim 375 \text{ µm} \end{aligned}$$

BGA : Berechnung der Diagonalen

Regel (Diagonale_(BGA))

$$\begin{aligned} \text{Diagonale}_{(BGA)}^2 &= \text{Pitch}^2 + \text{Pitch}^2 \\ &= 2 \cdot \text{Pitch}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diagonale}_{(BGA)} &= \sqrt{2 \cdot \text{Pitch}^2} \\ &= \sqrt{2} \cdot \sqrt{\text{Pitch}^2} \\ &= 1.414 \cdot \text{Pitch} \end{aligned}$$



Hinweis

Zwischen der Diagonalen gegenüberliegender BGA-Pads und dem Pitchabstand des BGAs gibt es eine *feste* Relation (~ AspectRatio).

Regel (AR BGA-Pitch)

Das AspectRatio der Diagonalen eines BGAs zum BGA-Pitch ist :

$$\frac{\text{Diagonale}_{(BGA)}}{\text{Pitch}} = \sqrt{2} = 1.414$$

BGA : Grund- und Funktionsfläche

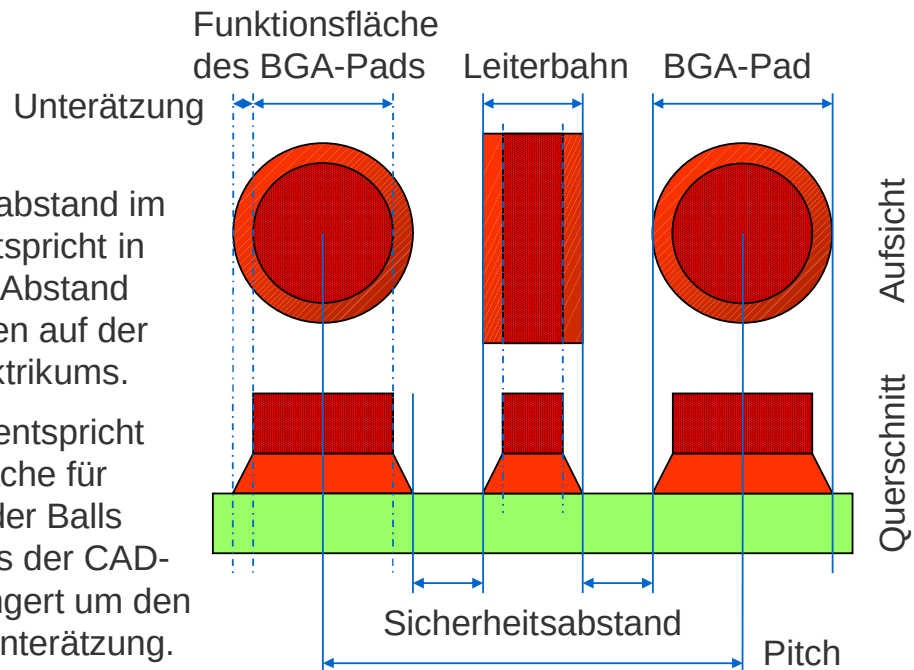
Regel (Funktionsfläche BGA)

$$\begin{aligned}\text{Funktionsfläche}_{(\text{BGA})} &= \text{BGApad} - \text{Unterätzung}_{(\text{ges})} \\ &= \text{BGApad} - 2 \cdot \text{Kupferdicke} \cdot \tan \alpha\end{aligned}$$

Hinweis

Der Sicherheitsabstand im CAD-Layout entspricht in der Praxis dem Abstand der Bildstrukturen auf der Höhe der Dielektrikums.

Für BGA-Pads entspricht die Funktionsfläche für das Aufsetzen der Balls der Vorgabe aus der CAD-Bibliothek verringert um den Betrag für die Unterätzung.



Vom CAD-Layout zur Baugruppe

Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik

CAD-Bibliothek

CAD-Design

Leiterplattentechnologie

Basismaterial

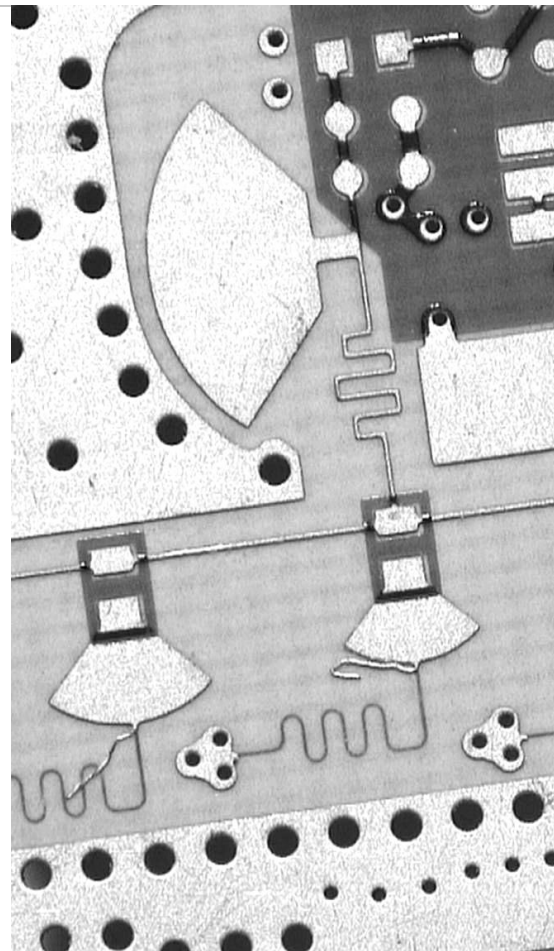
Designregeln

Physik

Dokumentation

Baugruppenproduktion

Schulung + Ausbildung



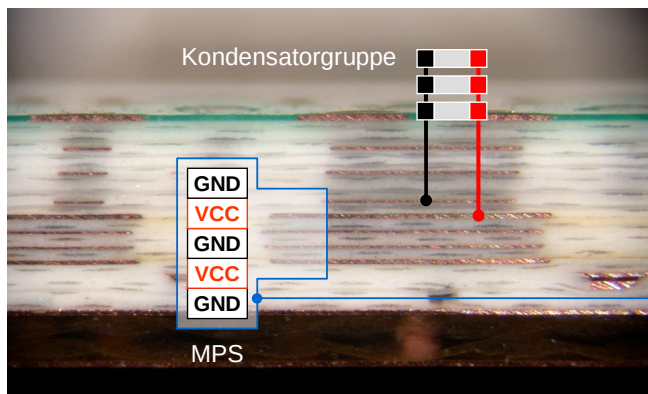
1. Anforderung bei Highspeed : Powerintegrität

Die Spannungsversorgung der Baugruppe muß stabil und leistungsfähig sein und darf selbst keine Störungen in die Schaltung einbringen.

Die Stromversorgung einer Baugruppe kann durch den gezielten Einbau **kapazitiver Powerplanes** realisiert werden, die als systematisch abgegrenzte Stromversorgungsräume geroutet sind.

Der Abstand zwischen den Planes der GND-VCC-Paare darf höchstens 100µm betragen, besser sind 75µm, ideal sind 50µm.

Gerechnete Kondensatorgruppen (...1 - 5 Keramikkondensatoren) dämpfen Resonanzfrequenzen in diskreten Frequenzbereichen.



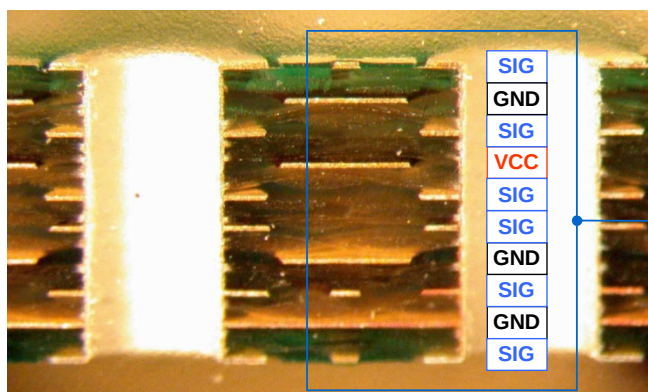
MPS (Multipowersystem)

Ein Stromversorgungsstapel mit 5 GND und VCC-Planes. Der geringe Abstand wird durch die Verarbeitung von dünnen Laminaten und Prepregs erreicht.

2. Anforderung bei Highspeed : Signalintegrität

Für alle Signalwege muß definitiv ein **Rückstromweg** zur Verfügung stehen. Die Realisierung dieser Forderung bedeutet üblicherweise den Einbau mehrerer GND-Planes in einen höherlagigen Multilayer (...ab 8 Lagen). Die GND-Planes grenzen die Signallräume gegeneinander ab.

Mit der Signalintegrität ist auch die definierte Signallaufzeit verbunden, die hauptsächlich über einen vorgegebenen Impedanzwert charakterisiert ist. Damit ergeben sich Vorgaben für die Abstände von Signal- und GND-Lagen innerhalb des Lagenaufbaus und für die Breite und den Querschnitt von Leiterbahnen.



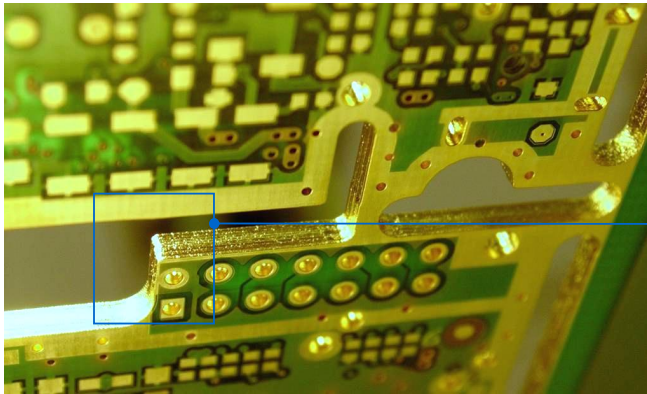
Lagenzuordnung

Bei der Verteilung der Signale, der GND- und der VCC-Planes muß auf die verbindliche Zuordnung der Rückstromwege geachtet werden.

3. Anforderung bei Highspeed : EMV

Das interne und externe EMI-/EMV-Verhalten einer Baugruppe kann durch die Metallisierung der Leiterplattenkanten deutlich verbessert werden. Die Strategie ist, für die **Abschirmung** des *inneren Bereiches* eines Multilayers zu sorgen. Dazu werden innenliegende GND-Planes ankontaktiert. Die Abschirmung vermeidet eine Störabstrahlung zum Nachteil benachbarter Baugruppen und reduziert die Störeinstrahlung zum Vorteil der eigenen Baugruppe.

Ein willkommener und sehr nützlicher Nebeneffekt ist die Wärmespreizung, die deutlich zur Kühlung der Baugruppe im Betrieb beiträgt.



Kantenmetallisierung

Die Kantenmetallisierung schirmt innere Bereiche eines Multilayers ab. Durch den Einsatz der Frästechnologie sind Konturen möglich.

Signalgeschwindigkeit

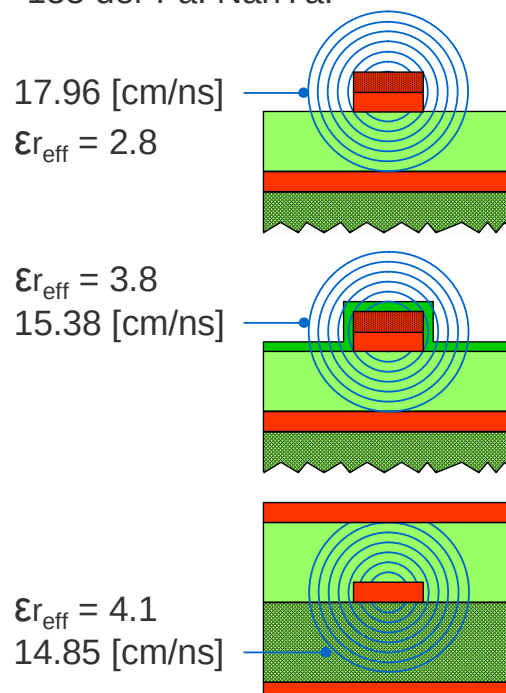
Beispiel (Signalgeschwindigkeit)

Vorgegeben ist eine relative Permittivität von 4.10 bei einer Frequenz von 1GHz. Referenz ist FR4 des Typs NP-155 der Fa. NanYa.

Die relative Permittivität muß sich an der effektiven Permittivität bzw. der effektiven Dielektrizitätseigenschaft orientieren, die sich aus den Geometrien der Lagenaufbaumoduln ergibt.

Für Leiterbahnen, die in ein homogenes Umfeld aus FR4 eingebettet sind, ist die Geschwindigkeit :

$$\begin{aligned} v_{\text{sig (FR4)}} &= \frac{30}{\sqrt{4.1}} \quad [\text{cm/ns}] \\ &= \frac{30}{2.02} \quad [\text{cm/ns}] \\ &= \underline{14.85} \quad [\text{cm/ns}] \end{aligned}$$



Technologische Aspekte zukünftiger Baugruppen

Technologische Aspekte zukünftiger Baugruppen

Dokumentation für eine einseitige flexible Leiterplatte

LeiterplattenAkademie Fx01T0.30c50-35#1

Material	Stack-Up	Vias	Parameter	Layer
Polyimide N7000-1	150µm			
Adhesive	25µm			
Coverlay	25µm			
Polyimide fx	50µm			
Copper	35µm			
Coverlay	25µm			

Explanation Material details

Information The suffix "fx" in "Polyimide fx" is used by the LeiterplattenAkademie to separate flexible Polyimide material (...-fx) from rigid Polyimide material (no suffix).

Polyimide fx Kapton 25µm
Acrylic adhesive 25µm
Copper 35µm

Coverlay Adhesive 12.7µm
Kapton 12.7µm

Adhesive Acrylic adhesive 25µm (hot glued)

Thickness 0.31mm - 0.31mm Bare Board
0.31mm - 0.31mm ENIG
not available HAL
General tolerance +/- 6%

LA drawing #1066
Date 14.01.2013
Name Wi
Comment --

© LeiterplattenAkademie 2013 all rights reserved Subject to change Without guarantee

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

Vom CAD-Layout zur Baugruppe

Schaltplankonstruktion

Bauteillogistik

CAD-Bibliothek

CAD-Design

Leiterplattentechnologie

Basismaterial

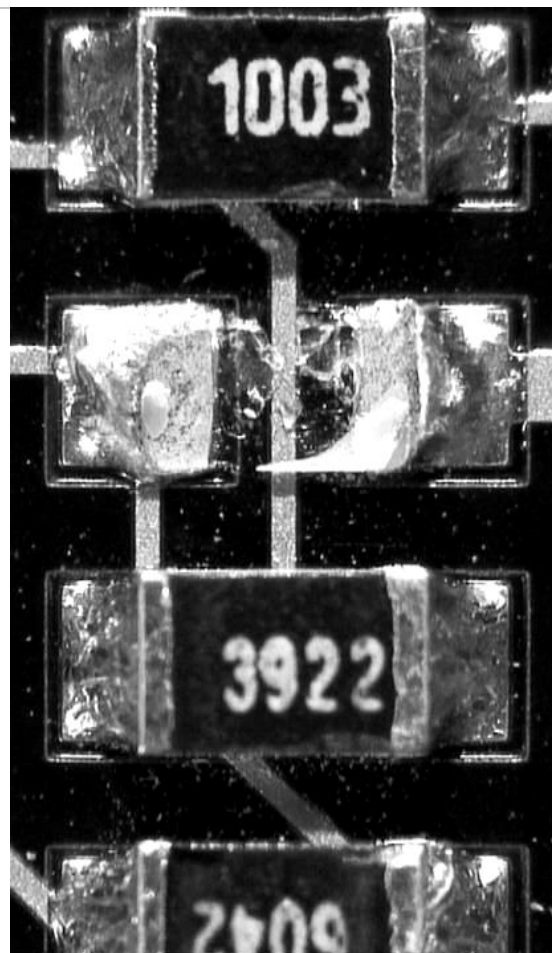
Designregeln

Physik

Dokumentation

Baugruppenproduktion

Schulung + Ausbildung



Baugruppenproduktion

Industrielle Produktion

Die Produktion von Baugruppen in größerer Stückzahl ist nur mit dem Einsatz eines umfangreichen Maschinenparks möglich.

Die Automation setzt ein hohes Niveau der Anlagentechnik voraus.

Die Anforderungen an die Flexibilität der Produktionslinien sind erheblich.

Reflowlötanlage
AOI-Inspektion
Bestückungsautomat



Quelle: Elektronikpraxis Embedded Systems 2'2015
Fujitsu-Siemens in Augsburg

Historie : 2016 Bestückungsroboter

Von ABB konstruierter kollaborierender Zweiarmer Roboter "Yumi".



Visionsysteme
(Opto-Sensorik)

Roboterarm mit Beweglichkeit in mehreren Achsen für das Handling der Bauteile

Elektromechanische Komponenten für die Bestückung der Baugruppe

Von Ersa modifizierter Roboter für die Bestückung von Leiterplatten mit sperrigen elektromechanischen Bauteilen. Der Roboter ist auf die Zusammenarbeit mit Menschen im Konzept *Industrie 4.0* ausgelegt.

Begriff "Roboter" (tschechisch *robota*) = schwere Arbeit, Fronarbeit

Bild- und Textquelle: PRODUCTRONIC 2-2016

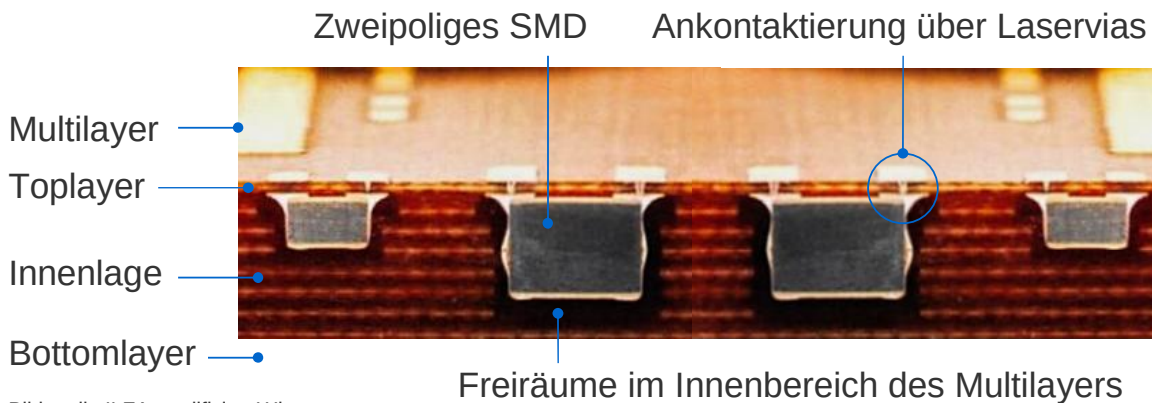
Embedded Components 1

Begriff (Embedded)

Als "Embedded (= Eingebettet)" werden Strukturen und/oder Bauteile bezeichnet, die im Innenraum der Leiterplatten platziert sind.

Strategie

Mit der Vorgehensweise, Bauteile in den Innenraum zu verlegen, wird auf den Außenlagen Platz gespart. Das erlaubt eine kompaktere Anordnung von Bauteilen und deutlich kürzere Signalwege. Die Zeit für die Übertragung eines Signals nimmt (...bei einem geeigneten CAD-Layout) ab.



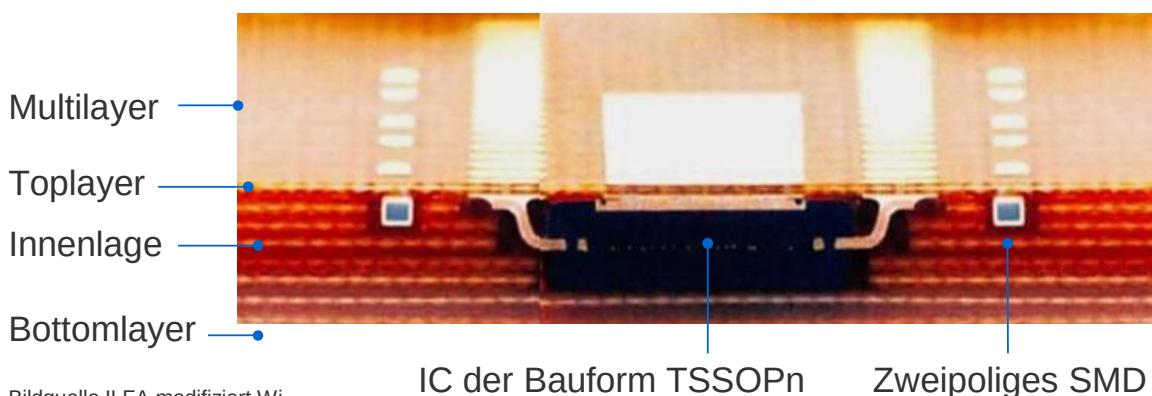
Bildquelle ILFA modifiziert Wi

Embedded Components 2

Embedded Technology

Der für den Bauteilkörper benötigte Innenraum muß durch Fräsen oder Lasern der Innenlagenlaminare und Prepregs freigestellt werden. Die Bauteile werden kopfüber aufgeklebt oder aufgelötet und nach dem Verpressen des Multilayers durch gelaserte BlindVias ankontaktiert.

Flache Bauteile sind von Vorteil. Die konstruktiven Anforderungen sind hoch. Die Individualität von Baugruppen erschwert die einfache Formulierung von Designregeln. Damit wird die Abstimmung zwischen dem CAD-Design und der Leiterplattenproduktion unumgänglich.



Bildquelle ILFA modifiziert Wi



Vom CAD-Layout zur Baugruppe
Schaltplankonstruktion
Bauteillogistik
CAD-Bibliothek
CAD-Design
Leiterplattentechnologie
Basismaterial
Designregeln
Physik
Dokumentation
Baugruppenproduktion
Schulung + Ausbildung



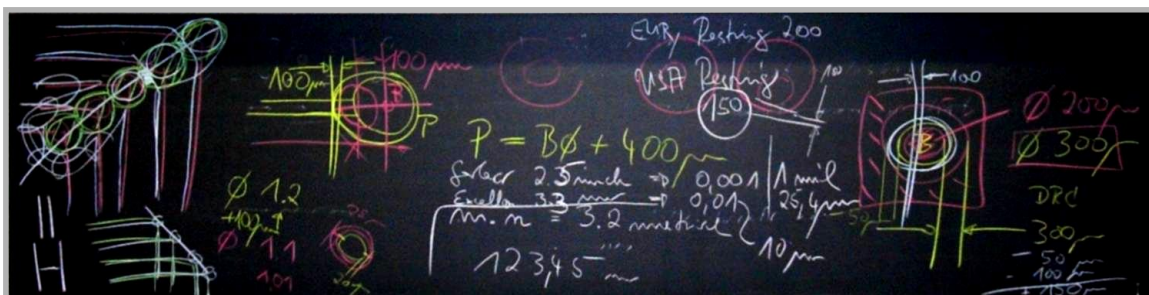
Ausbildung...

...von Anfang an

Das CAD-Design, die Leiterplattenfertigung und die Produktion von Baugruppen gehören zusammen. Der Einfluß auf die jeweils anderen Partner ist durch eine abgegrenzte Ausbildung, erst recht nicht durch autodidaktisches Anlernen, in seiner Ganzheit nicht mehr beherrschbar.

Teilkompetenz führt zu erhöhten Produktkosten und zu Verzögerungen bei der Markteinführung. Sie kann zu einem erheblichen Risiko werden.

Für Berufs-, Fach- und Hochschulen muß ein bundesweites Ausbildungskonzept erarbeitet und eingeführt werden, das zu anerkannten Schulabschlüssen führt (z.B: dem "Baugruppenmaster").



Ausbildung

"Eine einfachere Einfachheit ist nur möglich vor dem Hintergrund einer komplexeren Komplexität" (Zitat : Gerhard Eigelsreiter, Unitel, Graz)

Die Anforderungen an zukünftige elektronische Baugruppen führen nicht mehr und nicht weniger zu einer umfassende Erneuerung der bestehenden Strukturen, selbst dann, wenn diese bereits heute eine sehr hohe Komplexität erreicht haben.

Wir benötigen weltweit einheitliche Ordnungssysteme. Softwareprogramme, Designregeln, Dokumentationen, Richtlinien, Schnittstellen, Datatransfer, Verfahrenstechnologien, Prüfverfahren und natürlich die berufliche Ausbildung der Menschen müssen koordiniert werden.

Wie kann das geleistet werden ? Und : Von wem ?

Die LA-LeiterplattenAkademie GmbH schult/hat geschult an der bbs|me (Berufsschule Hannover), Hochschule Mannheim, Hochschule Beuth (Berlin), FSA (Fachschule Aalen), Hochschule Ingolstadt, NTB Buchs (Internationale Hochschule, Schweiz).

Anfragen sind willkommen.

▼

Vom CAD-Layout zur Baugruppe
Schaltplankonstruktion
Bauteillogistik
CAD-Bibliothek
CAD-Design
Leiterplattentechnologie
Basismaterial
Designregeln
Physik
Dokumentation
Baugruppenproduktion
Perspektiven



Was kommt : Elektronik für Alle und Alles

In einem Kuhstall löst eine namentlich nicht bekannte Kuh einen Alarm aus.

Braunschweig. In dem mit 50 Kühen besetzten Stall hatte ein Tier einen Handfeuermelder mit der Zunge betätigt. "Es handelte sich jedoch um einen Notrufmißbrauch, den keines der Tiere benötigte Hilfe durch die Feuerwehr oder den Rettungsdienst"...

Auf eine Belehrung der Tiere wegen mißbräuchlichen Auslösens eines Feueralarms habe man verzichtet...

Notruf aus dem Kuhstall – Milchkuh alarmierte die Feuerwehr

Speichel am Alarmknopf überführte Stallbewohnerin des Loeffler-Instituts

Von Norbert Jonscher

Ein Notruf aus dem Kuhstall – so was kommt auch nicht jeden Tag vor. Am Montagabend ist es passiert. In einem Kuhstall auf dem Versuchsfeld des Friedrich-Loeffler-Instituts an der Bundesallee löste eine namentlich nicht bekannte Kuh einen Alarm aus.

In dem mit rund 50 Kühen besetzten Stall hatte, so Brandoberamtsrat Winfried Cronaue gestern, ein Tier einen Handfeuermelder mit der Zunge betätigt. „Es handelte sich jedoch offensichtlich um einen Notrufmißbrauch, denn keines der Tiere benötigte Hilfe durch die Feuerwehr oder den Rettungsdienst“, heißt es im Einsatzbericht. Auf eine Belehrung der Tiere über das missbräuchliche Auslösen eines Feueralarms habe man verzichtet, so Einsatzleiter Matthias Bunzel.

Mitarbeiter des Instituts hätten die Notruf-Anlage durch eine Holzkonstruktion verkleidet. Eine Kuh, so Winfried Cronaue, müsse wohl einen langen Hals gekriegt und die Zunge bis zum Anschlag herausgefahren haben. Nur so sei es zu erklären, dass sich an dem Holzkasten Speichelreste befanden, die aber keiner bestimmten Kuh zugeordnet



Eine Kuh im Versuchsstall des Instituts. 37.23.02.2012 Foto: A

werden konnten. „Auf eine Speichelprobe haben wir verzichtet.“

Für das Institut ging der Fehlalarm übrigens glimpflich aus. Da weder Vorsatz noch Fahrlässigkeit im Spiel waren, sehe man von einer Inrechnungstellung der Einsatzkosten (rund 400 Euro) ab, so Cronaue:

„Es war eine Verkettung ungünstiger Umstände.“

Auf Anfrage sah sich gestern Mitarbeiter des Instituts in der 1. sich dazu zu äußern. Das Institut Tierernährung forscht auf den bieten Ernährungsphysiologie, tiermittelkunde und Tierfütterung

Danke.

Informationen zur **LA - LeiterplattenAkademie GmbH**



LeiterplattenAkademie

Revision 17.11.2011



Ihr Referent

Arnold Wiemers

Seit 1980 selbstständig als Softwareentwickler für die Kalkulation, die Fertigungsabläufe und 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 Inhaber und Technischer Direktor der LA-LeiterplattenAkademie GmbH.



Fachseminare zur Leiterplatten- und Baugruppententechnologie.
Mitarbeit am Schulungskonzept der entsprechenden Fachverbände.
Vom IPC zertifizierter CID, CID+, CIS, Tutor und Trainer.
Aktives Mitglied im AK-Design des ZVEI.
Förderung der Ausbildung an Berufs-, Fach- und Hochschulen.



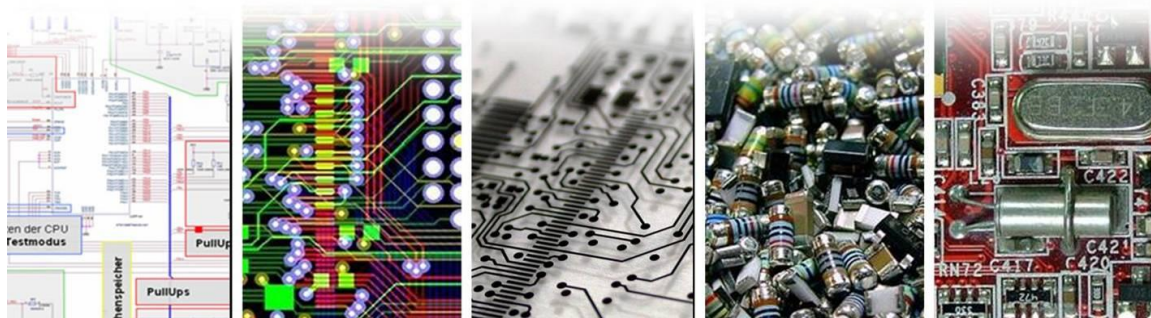
Die LA - LeiterplattenAkademie GmbH

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. Wir verstehen es als unserer Aufgabe, Fachwissen in den entscheidenden Bereichen zu vermitteln.

- Schaltplanentwicklung
- CAD-Design
- CAM-Bearbeitung
- Leiterplattentechnologie
- Baugruppenproduktion



- © Alle Rechte an den Unterlagen liegen beim Autor.
Eine Vervielfältigung gleich welcher Art, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Genehmigung der LA - LeiterplattenAkademie GmbH nicht zulässig. Alle Angaben sind ohne Gewähr.

Kontakt

LA - LeiterplattenAkademie GmbH
Krefelder Straße 18
10555 Berlin

www.leiterplattenakademie.de

Geschäftsleitung
Kathrin Fechner

Technischer Direktor
Arnold Wiemers

Telefon 030 / 34 35 18 99
Telefax 030 / 34 35 19 02

Telefon 0171 / 358 3712
Telefax 0531 / 126441

eMail
info@leiterplattenakademie.de

eMail
awi@leiterplattenakademie.de



SMT HYBRID PACKAGING 2017

Methoden zur Kostenanalyse von Leiterplatten

smthybrid**packaging**

17. Mai 2017 | Kerkhoff Cost Engineering GmbH | Oliver Venschott

kerkhoff
COST ENGINEERING

AGENDA

- 01 _____ Vorstellung Kerkhoff Group
- 02 _____ Werkzeuge zur Kostenanalyse
- 03 _____ Kalkulation einer Leiterplatte
- 04 _____ Analysen

kerkhoff
COST ENGINEERING

01

Vorstellung Kerkhoff Group

kerkhoff
COST ENGINEERING

01 Vorstellung Kerkhoff Group

KERKHOFF GROUP

KOMPETENZ IN DEN BEREICHEN EINKAUF, BESCHAFFUNG UND SUPPLY-CHAIN-MANAGEMENT



Daten & Fakten

- ▶ Gründung
1999
- ▶ Büros in Europa:
Düsseldorf (Zentrale), Wien
- ▶ Asien: Shanghai, Mumbai, Tokio
- ▶ Afrika: Johannesburg
- ▶ Amerika: Atlanta, São Paulo
- ▶ Kundenprojekte
500 weltweit
- ▶ Kundenstruktur
Branchenübergreifend > 50 Mio. € Umsatz



KERKHOFF GROUP UNTERNEHMENSSTRUKTUR

Kostensenkung
Produktions-
material

kerkhoff
group

kerkhoff
CONSULTING

Managementberater für Einkaufs- und Beschaffungsmanagement, Supply Chain sowie Lean Management

kerkhoff
COST ENGINEERING

Engineering-Berater für Kostenkalkulation und Value Engineering

kerkhoff
SOFTWARE

Softwareanbieter für Anwendungen in der Kostenkalkulation von Produkt-, Teile- und Verfahrenspreisen

kerkhoff
INTERIM

Experten für temporäre Managementunterstützung

kerkhoff
RISK & COMPLIANCE

Compliance-Berater zur Etablierung von Compliance- Management- Systemen für ein effizientes Risikomanagement

kerkhoff
VOICE & DATA

Berater für Mobilfunkoptimierung sowie Systemberatung im Bereich von Telekommunikation und Datenleitungen

kerkhoff
NEGOTIATE & CONTRACT

Professionalisierung und Performancesteigerung im indirekten Einkauf

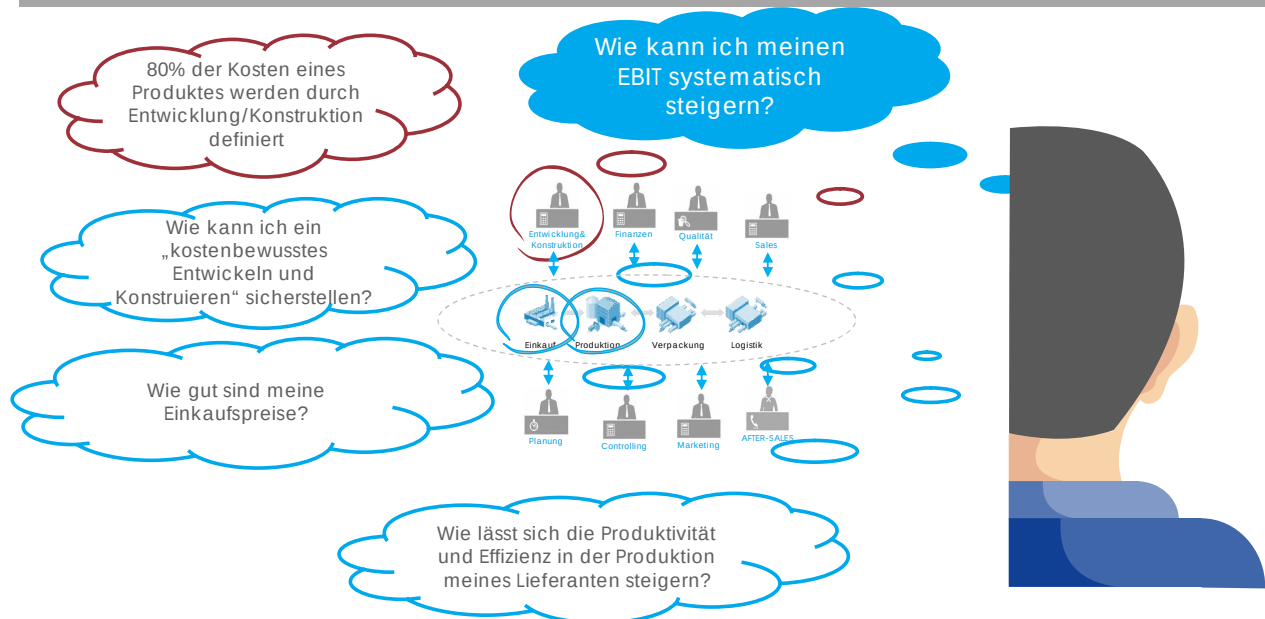
Unter dem Dach der Kerkhoff Group
verbinden sieben Gesellschaften die Passion für den Einkauf.

02

Werkzeuge zur Kostenanalyse

MEIN UNTERNEHMEN... FRAGEN DIE ICH MIR STELLE ???

Cost Engineering – Kosten systematisch senken



WIE KANN ICH DIE PROFITABILITÄT BEEINFLUSSEN?



HERSTELLKOSTENOPTIMIERUNG



ÜBERSICHT DER WERKZEUGE ZUR ANALYSE DER KOSTEN



- Kostentransparenz über ERP Systeme, Gesellschaften und Länder



- Datenbank über alle von Kerkhoff Consulting realisierten Projekte und erzielten Einsparungen
- Organisationsdatenbank (Umsatz, Anzahl Mitarbeiter Einkauf, Einkaufsvolumen, Ist-Situation Organisation)



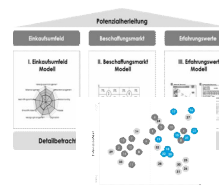
- Detaillierte Cost Break Down Kalkulationen für Komponenten oder Dienstleistungen



- Historische- und Echtzeit-Indizes für Rohstoffe und Komponenten
- Transparenz über Preistrends in volatilen Märkten



- Werkzeuge zur Datenerfassung und Darstellung der Ist-Situation in Bezug auf Organisation/ Prozesse im Einkauf



- 3 Komponenten Modell, Hebel & Ansätze zur Potenzialermittlung pro Warengruppe
- Betrachtung Einkaufsumfeld, Beschaffungsmarkt, Kerkhoff Benchmarks

KERKHOFF COST ANALYSIS [KCA]



- ▶ Kerkhoff Regionsdaten*
- ▶ 700 Länderregionen



- ▶ Kerkhoff Gemeinkosten*
- ▶ 700 Länderregionen



- ▶ Kerkhoff Lohndaten*
- ▶ 177.000 Lohnwerte



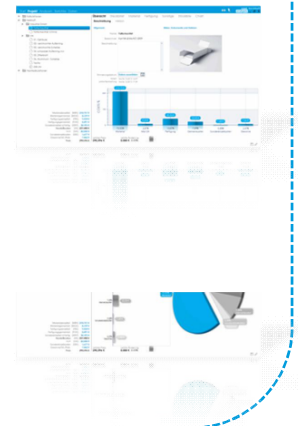
- ▶ Kerkhoff Materialdaten*
- ▶ 11.000 Materialpreise



- ▶ Kerkhoff Sozialdaten*
- ▶ 700 Länder-regionen



- ▶ Kerkhoff Maschinendaten*
- ▶ 250 Maschinen



*Die eingesetzten Benchmark Daten werden monatlich aktualisiert und erweitert

KCA | KERKHOFF COST ANALYSIS KURZ ERLÄUTERT



KCA

Die Kerkhoff Cost Analysis ist eine Produktkosten-Kalkulationssoftware.

Die differenzierte Zuschlagskalkulation auf Basis von Herstellkosten ermittelt die genauen Kostenbestandteile eines beliebigen Bauteils oder ganzer Baugruppen.

Eine Vielzahl an Datenbanken unterstützt dabei auch weiterführende Analysemöglichkeiten.



KCA | KERKHOFF COST ANALYSIS

DIREKTE VORTEILE

Kostentransparenz

Erst durch eine differenzierte Bauteilkalkulation werden die Kostenbestandteile ersichtlich und die Kostenstruktur transparent

Kostentreiberidentifikation

Die Echtzeitberechnung liefert bei jeder Änderung der Kalkulation augenblicklich die Auswirkungen auf den Preis. Kostentreiber können so auf ihre Hebelwirkung hin untersucht werden.

Potenziale ermitteln

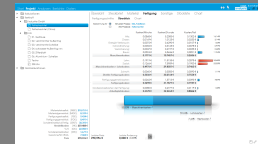
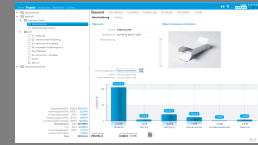
Nach der Kostenzerlegung und Kostentreiberidentifikation können Aussagen über mögliche Einsparpotenziale gemacht werden.

Modifikationen, Versionierung

Was passiert kostenseitig bei einer Bauteiländerung? Welche Version ist hierbei die günstigste? Diese Fragen beantwortet das System auf Knopfdruck.

Analysefähigkeit

Durch eine einheitliche Bauteilkalkulation wird eine Vergleichbarkeit geschaffen die Analysen wie Global Sourcing, Linear Performance Pricing, Deckungsbeitragsrechnung, Target Costing, Make or Buy, etc. zulässt.



03

Kalkulation einer Leiterplatte

BASISDATEN KALKULATION

Projekt: Unitel / Meltemi

- Leiterplatte: High Speed CPU
- Stückzahl: 50.000 Stück
- Fertigungsstandort: China
- Datum der Analyse: 29.03.2017

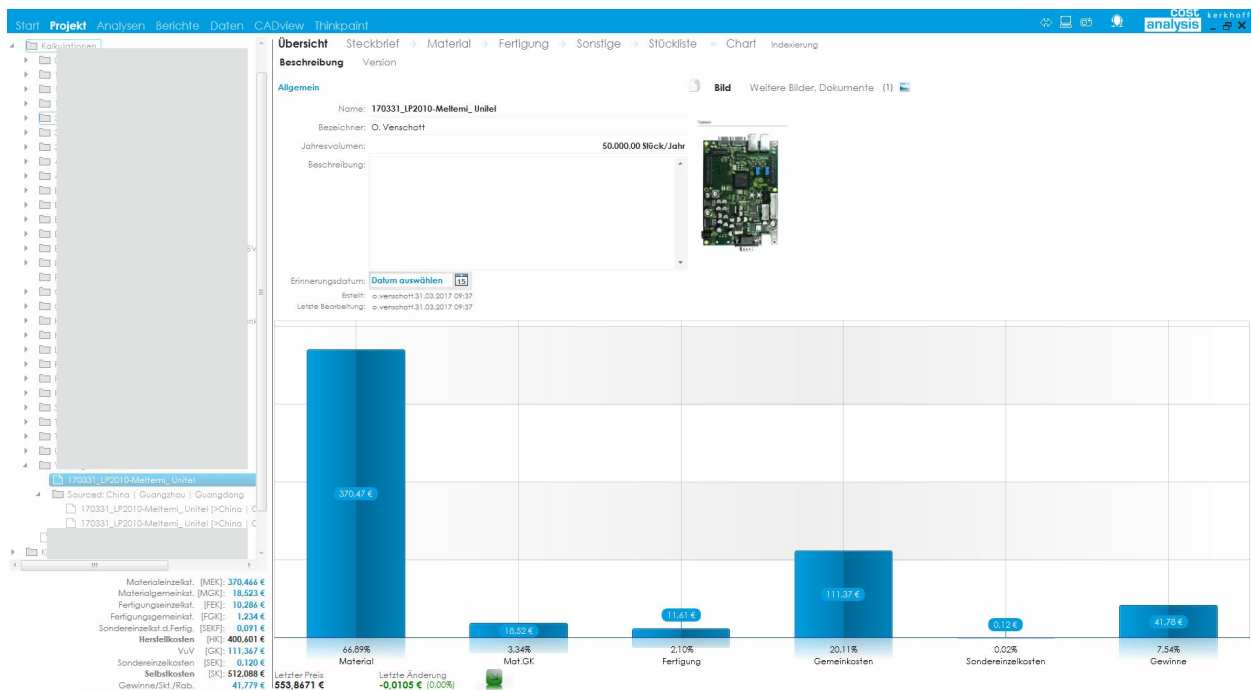
Toplayer



Bottomlayer



KERKHOF COST ANALYSIS | ÜBERSICHT



KERKHOFF COST ANALYSIS | STECKBRIEF

Steckbrief: Festlegung aller kostenbestimmender Lieferantendaten (Gemeinkosten, Gewinne etc.)

Übersicht **Steckbrief** → Material → Fertigung → Sonstige → Stückliste

Kennzahlen Gemeinkosten Standardwerte Steckbriefe verwalten

Allgemein

Name: XXXXXXXX
 Bezeichner: O. Venschott
 Region: Deutschland • Baden-Württemberg
 Sektor: Elektroindustrie
 Umsatz: 100,0 € (mio.)
 Währung: Euro €
 Kursfaktor/€: 1,0000

Zulagen

1.Schicht: 0,00%
 2.Schicht: 15,00%
 3.Schicht: 25,00%
 Sonderschicht: 50,00%

Gewinne

Material: 5,00%
 Zukaufteile: 10,00%
 Fertigung: 25,00%
 Verpackung: 0,00%
 Sondereinzelkosten: 0,00%
 Gewinn auf SK: 30,00%

Standardwerte in der Fertigung

Produziert wird in der: ☒ 1.Schicht ☒ 2.Schicht ☒ 3.Schicht

Laufzeitstunden je Schicht: 7,50 h
 Laufzeitstage im Jahr: 250,00 d
 Laufzeitstunden im Jahr: 4.893,75 h
 Netto-Effektivität: 87,00%
 Ausschussquote: 1,50%
 Raumkosten (Jahr/qm): 108,100 €
 Gemeinkst.: 35,20%
 Gemeinkst.: 3,50%
 Gemeinkst.: 0,60%
 s-Laufzeit: 8,0 a
 amkosten: 0,151400 €/kWh
 Alle setzen

Gemeinkosten

Manuell ☐ Schätzung ☐ Kalkuliert ☐

Material: 4,00% 5,00% 0,00%
 Zukaufteile: 4,00% 5,00% 0,00%
 Fertigung: 5,00% 12,00% 0,00%
 Vertrieb: 1,00% 5,00% 0,00%
 Verwaltung: 4,00% 7,00% 0,00%
 Entwicklung: 1,50% 15,00% 0,00%
 Logistik: 0,80% 0,80% 0,00%

KERKHOFF COST ANALYSIS | MATERIALDATEN

Bestimmung aller
 bei der Platine
 eingesetzten
 Materialien und
 Bewertung der
 Einzelkomponenten

Übersicht **Steckbrief** → **Material** → Fertigung → Sonstige → Stückliste → Chart → Indexierung

Material **Zukaufteile** Chart

Details

Name: 01_Buchse/stele
 Beschreibung: Buchse/stele AMP 1-1782- Dynamic 1 0,815
 Buchse/stele USB Typ B - USB Typ 1 0,890

Kosten pro Einheit: 0,854 € Stück Erlöspreis auf Verluste:

Einsatzmenge (Netto): 2,000 Stück 1,708 €
 Verlust: 0,00% 0,000 Stück 0,000 € 0,000 €
 Ausschuss: 0,00% 0,000 Stück 0,000 € 0,000 €
 Einsatzmenge (Brutto): 2,000 Stück Summe: 1,708 €
 Summe mit GK: 1,793 €

Zukaufteile im Produkt

Eingabe **Kalkuliert**

Ziehen Sie eine Spaltenüberschrift in diesen Bereich, um nach dieser Spalte zu gruppieren

Name	Einheit	Kosten/Einheit	Summe	Summe inkl.GK
01_Buchse/stele	Stück	0,854 €	1,708 €	1,793 €
02_Diode (Schottky)	Stück	0,027 €	0,028 €	0,028 €
03_Ferrit	Stück	0,051 €	0,771 €	0,810 €
04_IC	Stück	6,202 €	194,754 €	204,492 €
05_Kondensator	Stück	0,018 €	1,619 €	1,700 €
06_Kondensator +	Stück	0,127 €	2,281 €	2,395 €
07_Leuchtdiode	Stück	0,075 €	0,597 €	0,627 €
08_Potentiometer	Stück	0,970 €	1,940 €	2,037 €
09_Quarz	Stück	6,164 €	30,820 €	32,361 €
10_Schalter	Stück	0,280 €	0,560 €	0,588 €
11_Stecker	Stück	2,249 €	60,715 €	63,751 €
12_Stifteiste	Stück	0,091 €	1,180 €	1,239 €
13_Transistor	Stück	0,022 €	0,089 €	0,094 €
14_Widerstand	Stück	0,017 €	2,405 €	2,525 €
17_Leiterplatte	Stück	71,000 €	71,000 €	74,550 €

Anzahl: 15
 Letzter Preis: 553,8671 €
 Letzte Änderung: -0,0105 € (0,00%)

KERKHOFF COST ANALYSIS | FERTIGUNG

Bestimmung aller
bei der Platine
eingesetzten
Fertigungsschritte;
Parameter:
Investition,
Verbrauchsdaten,
Lohnkosten,
Rüstkosten,
Taktzeit, etc.

Übersicht

Steckbrief

Material

Fertigung

Sonstige

Stückliste

Chart

Indexierung

Fertigungsschritte

Überblick

Chart

Name/Taktzeit

Kosten

+

-

↕

↕

100_Lotpastendruck 1 (Top)

0,0701 €

0,80min

8,41 €/h

110_AOI für Lotpastendruck 1

0,0365 €

0,20min

7,30 €/h

120_Bestückungsautomat SMT 1

3,7752 €

4,00min

56,63 €/h

130_Rellowoven 1

0,5960 €

1,20min

27,51 €/h

140_AOI Baugruppeninspektion 1

0,4407 €

1,00min

26,44 €/h

200_Bestückungsautomat THT

1,1499 €

1,20min

57,49 €/h

210_Wellenlöten

0,3286 €

1,20min

13,16 €/h

220_AOI Baugruppeninspektion optisch

0,1798 €

0,40min

26,98 €/h

Investitionen

+

-

↕

↕

Lohn

Rüsten

Arbeitsplan

Name: 120_Bestückungsautomat SMT 1

Beschreibung: Bestückung 1, Abschnitt Top-Layer

Taktzeit:

00:00:04:00,000

🕒

Nutzte Steckplätze/Standardwerte:

☒

Laufzeitstunden im Jahr:

4.893,75 h

Netto-Effektivität:

87,00%

Ausschußquote:

1,50%

Durchschnittl.Zulagen:

13,33%

Name: SMD Bestückungsautomat

Typ: Investition

Abschreibungsbasis:

300,0 T€

Strom:

0,151400 €/kWh

Verbrauch/h:

8,00 KW

0,80 €/h

Kosten/h:

0,80 €/h

Installationskosten:

30,0 T€

Gas:

0,000000 €/m³

0,00 m³

0,00 €/h

Restwert:

0,0 T€

Wasser:

0,000000 €/m³

0,00 m³

0,00 €/h

Zinssatz/Laufzeit:

4,86%

8,00 a

Anderer:

0,000000 €

0,00

0,00 €/h

Stellfläche:

10,00 m²

Verbrauchskosten/h:

0,80 €/h

Letzter Preis:

553,8671 €

Letzte Änderung:

-0,0105 € (0,00%)

📄

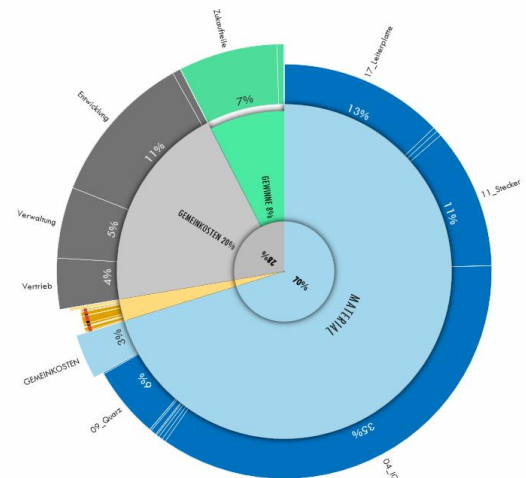
KERKHOFF COST ANALYSIS | SONDEREINZELKOSTEN

Eingabe der
Sondereinzel-
Kosten:
Werkzeugkosten,
Verpackung,
Transportkosten,
Zölle, etc.

Übersicht Steckbrief Material Fertigung Sonstige Stückliste Chart Indexierung					
Sondereinzelkosten Fracht Verpackung Zoll Chart					
Ziehen Sie eine Spaltenüberschrift in diesen Bereich, um nach dieser Spalte zu gruppieren					
Name	Kosten	Menge	Volumen		Summe
Werkzeug Weichlöten		150,000 €	1,000	5,000,000	0,030 €
Werkzeugkosten Lotpastendruck		228,000 €	2,000	5,000,000	0,090 €
Anzahl: 2					
Letzter Preis: 553,8671 €					
Letzte Änderung: -0,0105 € (0,00%)					
0,120 €					

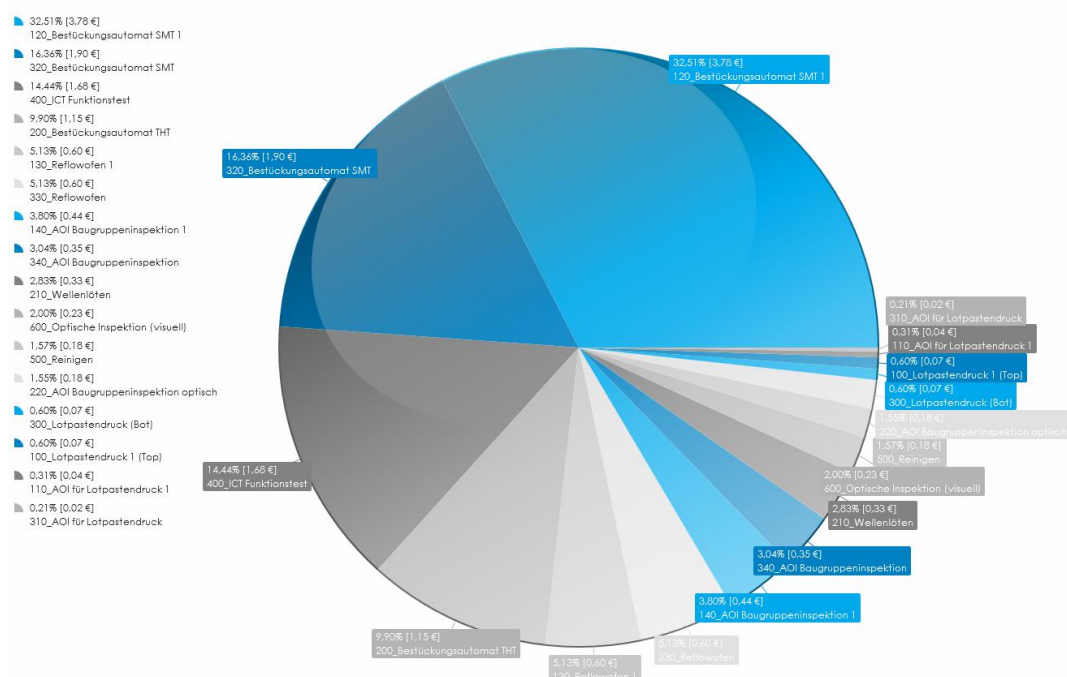
KERKHOF COST ANALYSIS | ÜBERSICHT - KOSTENTREIBERCHART

Übersicht				
Steckbrief				
Material				
Fertigung				
Sonstige				
Stückliste				
Chart Details Kostentreiber				
	Detailkosten	Summen	%	HK Berechnung
Jahresvolumen: x50.000,00p				
Materialeinzelk.				
Material:	0,000 €	Ausschub: 0,000 €	0,00%	
Zukaufteile:	370,466 €	Ausschub: 0,000 €	66,89%	[MEK]: 370,466 €
Materialgemeinsk.				
Material Gemeinkosten:	0,000 €		0,00%	
Zukaufteil Gemeinkosten:	18,523 €		3,34%	[MGK]: 18,523 €
Fertigungskst.				
Afa:	1,461 €		0,26%	
Zinskosten:	0,284 €		0,05%	
Verbrauchsdaten:	0,321 €		0,06%	
Raumkosten:	0,055 €		0,01%	
Instandhaltungskosten:	0,409 €		0,07%	
Versicherungskosten:	0,064 €	Masch.kst.: 2,594 €	0,01%	
Lohnkosten:	5,577 €		1,01%	
Sozialkosten:	1,963 €	Pers.kst.: 7,541 €	0,35%	
Ausschubkosten:	0,152 €		0,03%	
Fertig.gemeinsk.				
Fertigungsgemeinkosten:	1,234 €		0,22%	[FK]: 10,286 €
Sondereinzelk.d.Fertig.				
Rüstkosten:	0,091 €		0,02%	[FGK]: 1,234 €
Herstellkosten				
VuV Gemeinkosten	400,601 €		72,33%	[SEK]: 0,091 €
Vertriebsgemeinkosten:	20,030 €		3,62%	
Verwaltungsgemeinkosten:	28,042 €		5,06%	
Entwicklungsgemeinkosten:	60,090 €		10,85%	
Logistikgemeinkosten:	3,205 €		0,58%	
Sondereinzelkosten				
Sondereinzelkosten:	0,120 €		0,02%	
Frachtkosten:	0,000 €		0,00%	
Verpackungskosten:	0,000 €		0,00%	
Zollkosten:	0,000 €		0,00%	
Selbstkosten				
Gewinne	512,088 €		92,46%	[GK]: 111,367 €
Gewinn auf Material:	0,000 €		0,00%	
Gewinn auf Zukaufteile:	38,899 €		7,02%	
Gewinn auf Fertigung:	2,880 €		0,52%	
Gewinn auf Verpackung:	0,000 €		0,00%	
Gewinn auf Sondereinzelkosten:	0,000 €		0,00%	
Gewinn auf SK:	0,000 €		0,00%	
Abzüge				
Skonto:	0,000 €		0,00%	
Rabatt:	0,000 €		0,00%	
Preis				
	553,867 €			Gewinne: 41,779 €
				Abzüge: 0,000 €



Materialanteil 66,9%
Fertigungskosten: 1,86%

KERKHOF COST ANALYSIS | ÜBERSICHT - FERTIGUNGSKOSTEN



04

Analysen

kerkhoff
COST ENGINEERING

04 Analysen

KERKHOFF COST ANALYSIS VARIATION DES FERTIGUNGSSTANDORTES



Global Sourcing Sensitivitätsanalyse Preisvergleich

Start Sourcing

Filter Zielregionen:

Region	Neuer Preis	Potenzial
China Guangzhou...	465.265 €	15,997%
→ Baden-Württemb...	553.867 €	0,000%

Potenzial bei Verlagerung 16%
(ohne Berücksichtigung Zölle und Transport/Verpackung)

	Jahresvolumen: x50.000,00p	x50.000,00p	
	Detailkosten	Verlagert	Potenzial %
Materialeinzelst.			
Materialeinzelst.	0,000 €	0,000 €	0,00%
Zukauffteile:	370,468 €	370,468 €	0,00%
Materialeinzelst.			
Materialeinzelst.	0,000 €	0,000 €	0,00%
Zukauffteile Gemeinkosten:	18,523 €	6,298 €	-66,000%
Fertigungskst.			
Afa:	1,461 €	1,461 €	0,00%
Zinskosten:	0,284 €	0,284 €	0,00%
Verbrauchskosten:	0,321 €	0,153 €	-52,444%
Raumkosten:	0,055 €	0,032 €	-40,703%
Instandhaltungskosten:	0,409 €	0,321 €	-21,429%
Versicherungskosten:	0,064 €	0,064 €	0,00%
Lohnkosten:	5,577 €	1,915 €	-65,662%
Sozialkosten:	1,963 €	0,915 €	-53,371%
Ausschulungskosten:	0,152 €	0,077 €	-49,221%
Fertig.gemeinkst.			
Fertigungsgemeinkosten:	1,234 €	0,324 €	-73,764%
Sondereinzelst.d.Fertig.			
Rüstkosten:	0,091 €	0,048 €	-47,319%
Herstellkosten	400,601 €	382,359 €	-4,554%
VuV Gemeinkosten			
Vertriebsgemeinkosten:	20,030 €	3,051 €	-84,767%
Verwaltungsgemeinkosten:	28,042 €	13,937 €	-50,300%
Entwicklungsgemeinkosten:	40,090 €	25,740 €	-35,794%
Logistikgemeinkosten:	3,205 €	0,994 €	-68,980%
Sondereinzelkosten			
Sondereinzelkosten:	0,120 €	0,120 €	0,00%
Frachtkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Verpackungskosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Zollkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Selbstkosten	512,088 €	426,202 €	-16,772%
Gewinne			
Gewinn auf Material:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Gewinn auf Zukauffteile:	38,899 €	37,675 €	-3,143%
Gewinn auf Fertigung:	2,880 €	1,387 €	-51,851%
Gewinn auf Verpackung:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Gewinn auf Sondereinzelkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Gewinn auf SK:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Abzüge			
Skonto:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Rabatt:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Preis	553,867 €	465,265 €	-15,997%

Durch Anpassung des Fertigungsstandortes aus 700 Ländern und Regionen lassen sich die Auswirkungen auf die Kalkulation bei einer Verlagerung prüfen.

Bsp: Vergleich Fertigung in China ggü. Deutschland;

Veränderungen bei Löhnen, Zuschlagsätzen, allgemeinen Kosten werden berücksichtigt - Transportkosten und Zölle müssen separat betrachtet werden

KERKHOFF COST ANALYSIS WEITERE ANALYSEMÖGLICHKEITEN

Global Sourcing Sensitivitätsanalyse **Preisvergleich**

[Liste leeren](#)

Aktuelles Projekt: 170331_LP2010-Meltemi_Unitel 170331_LP2010-Meltemi...

	Detailkosten	Detailkosten	Potenzial %
Jahresvolumen: x50.000,00p x50.000,00p			
Material Einzelst.			
Material:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Zukaufteile:	370,466 €	370,466 €	0,00%
Material Gemeinkst.			
Material Gemeinkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Zukaufteil Gemeinkosten:	18,523 €	6,298 €	-66,000%
Fertigungskst.			
Afa:	1,461 €	1,461 €	0,00%
Zinskosten:	0,284 €	0,284 €	0,00%
Verbrauchskosten:	0,321 €	0,153 €	-52,444%
Raumkosten:	0,055 €	0,032 €	-40,703%
Instandhaltungskosten:	0,409 €	0,321 €	-21,429%
Versicherungskosten:	0,064 €	0,064 €	0,00%
Lohnkosten:	5,577 €	1,915 €	-65,662%
Sozialkosten:	1,963 €	0,915 €	-53,371%
Ausschubkosten:	0,152 €	0,077 €	-49,221%
Fertig. gemeinkst.			
Fertigungsgemeinkosten:	1,234 €	0,324 €	-73,764%
Sondereinzelst. d. Fertig.			
Rüstkosten:	0,091 €	0,048 €	-47,319%
Herstellkosten	400,601 €	382,359 €	-4,554%
VuV Gemeinkosten			
Vertriebsgemeinkosten:	20,030 €	3,051 €	-84,767%
Verwaltungsgemeinkosten:	28,042 €	13,937 €	-50,300%
Entwicklungsgemeinkosten:	60,090 €	25,740 €	-57,164%
Logistikgemeinkosten:	3,205 €	0,994 €	-68,980%
Sondereinzelkosten			
Sondereinzelkosten:	0,120 €	0,120 €	0,00%
Frachtkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Verpackungskosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Zollkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Selbstkosten	512,088 €	426,202 €	-16,772%
Gewinne			
Gewinn auf Material:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Gewinn auf Zukaufteile:	38,899 €	37,676 €	-3,143%
Gewinn auf Fertigung:	2,880 €	1,387 €	-51,851%
Gewinn auf Verpackung:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Gewinn auf Sondereinzelkosten:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Gewinn auf SK:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Abzüge			
Skonto:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Rabatt:	0,000 €	0,000 €	0,00%
Preis	553,867 €	465,265 €	-15,997%

Mit der Funktion Preisvergleich lassen sich Kalkulationen direkt vergleichen; Veränderungen können so sichtbar gemacht werden. Dieses kann verwendet werden um:

- Unterschiedliche Revisionsstände zu vergleichen
- Alternative Fertigungs- und Designkonzepte der Platine zu vergleichen (z.B. Vergleich zu Einseitige-/Doppelseitige Bestückung)

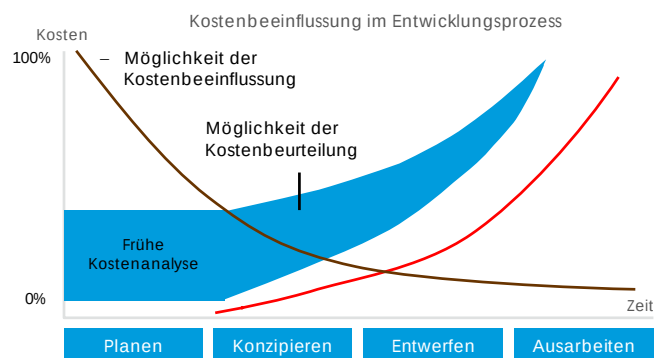
KERKHOFF COST ANALYSIS ENTWICKLUNGSBEGLEITENDE KALKULATION

Bereits in der Konzeptphase einer Platine werden die Kosten der Baugruppe bereits maßgeblich definiert. Die Beeinflussung der Produktkosten nimmt mit zunehmenden Entwicklungsfortschritt ab. Der Aufwand für Änderungen am Produkt nimmt hingegen mit dem Entwicklungsstand überproportional zu. Daher setzt der Einsatz einer Kalkulationssoftware idealerweise bereits in der Konzeptphase ein. Die frühe Kostentransparenz und stetige Bewertung der jeweiligen Entwicklungsschritte ermöglicht die kostenoptimierte Entwicklung. Ziel ist es durch die Kostentransparenz eine frühe Beurteilung und Auswahl der Strategie und Produktperformance zu ermöglichen.

Veränderungen bei Revisionsständen können einzeln bewertet werden.

Weitere Möglichkeiten zur entwicklungs-
begleitenden Kalkulation:

- Design to Cost
- Target Costing
- Benchmark: Vergleich von Wettbewerbsprodukten



VIelen DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!



Kontakt

IHR ANSPRECHPARTNER



OLIVER VENSCHOTT
SENIOR MANAGER

oliver.venschott@kerkhoff-ce.com

Kerkhoff Cost Engineering GmbH

Elisabethstraße 5

40217 Düsseldorf

www.kerkhoff-ce.com