

24. + 25. Mai 2023 in Würzburg

## Arnold Wiemers

### *Physik oder Chemie ?*

*Für Leiterplatten und Baugruppen steht die physikalische Funktion im Vordergrund. Die allerdings üblicherweise von chemischen Prozessen abhängt.*



**LeiterplattenAkademie**





Vorwort	3
Chemie in Bauteilen	6
Basismaterial	14
Chemie von Basismaterialien	21
Endoberflächen	32
Lötverbindungen	42
Impedanz	45
Signalgeschwindigkeit	50
Kapazitive Stromversorgung	55
<i>Anhang</i> : Endoberflächen (vollständiger)	63
<i>Anhang</i> : Chemie in der Produktion	85
<i>Anhang</i> : Volumina und Gewichte	91
Informationen zur LeiterplattenAkademie	100





## *Vorwort*

---

# Vorwort

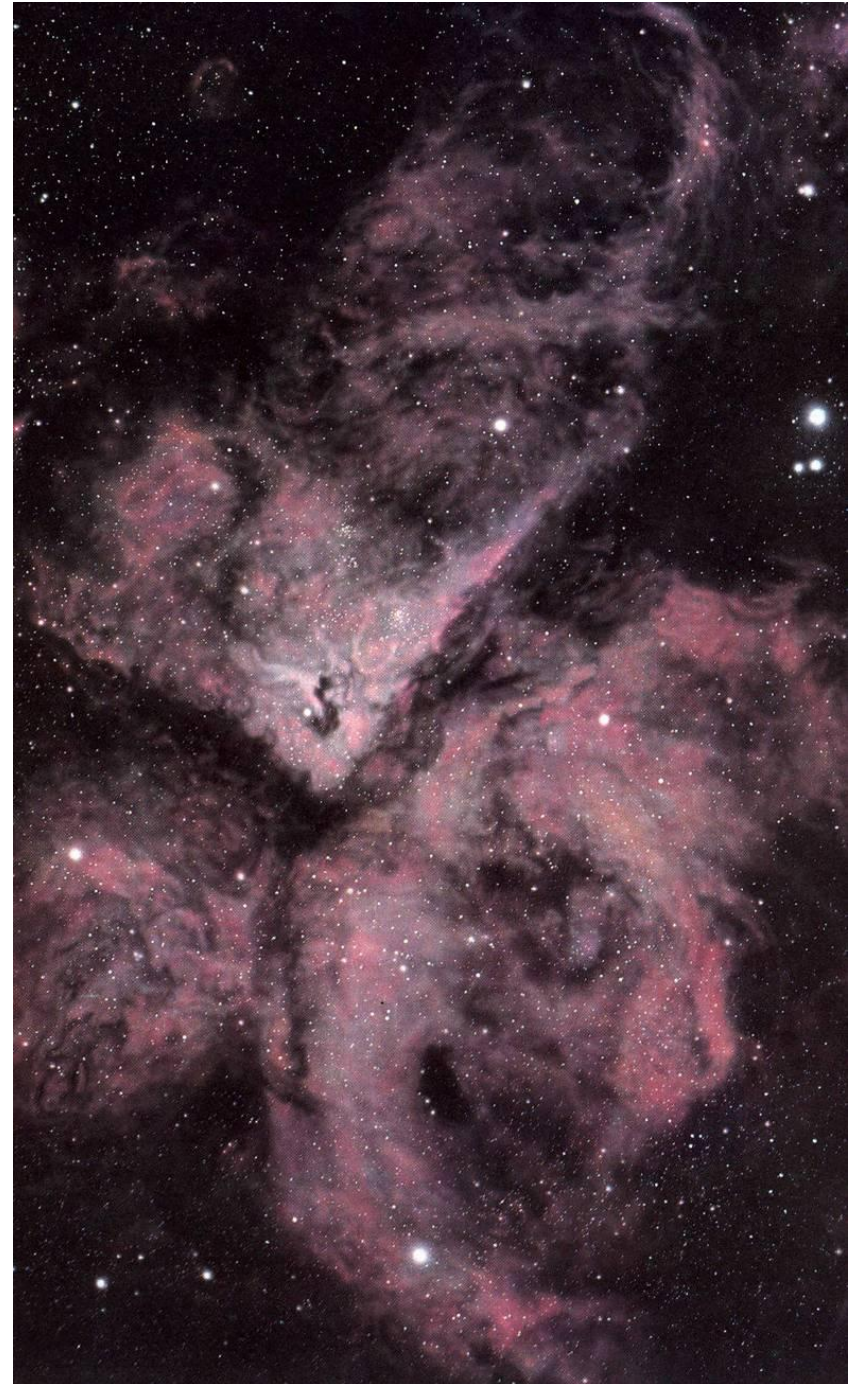
## Atom (Definition)

Was auch immer in diesem Universum existiert, setzt auf der Existenz von Materie auf. Der Begriff Atom geht auf das griechische *átomos* (~ unteilbar) zurück und sollte darauf hinweisen, daß ein Atom das kleinstmögliche Materieteilchen ist.

Die Naturwissenschaften, vornehmlich die **Chemie** und die **Physik**, haben sich zur Aufgabe gesetzt, die Eigenschaften von Materie zu erkennen und die gegenseitigen Wechselwirkungen zu beschreiben.

Insbesondere in den letzten hundert Jahren hat sich bestätigt, daß es originäre chemische Elemente gibt, die aus gleichartigen Atomen bestehen.

*ETA  
Carinea*





## Vorwort

Ein Atom ist eine komplexe Struktur, die aus einem Kerne besteht, der sich aus Protonen und Neutronen zusammensetzt und einer Atomhülle, die mit Elektronen aufgefüllt ist.

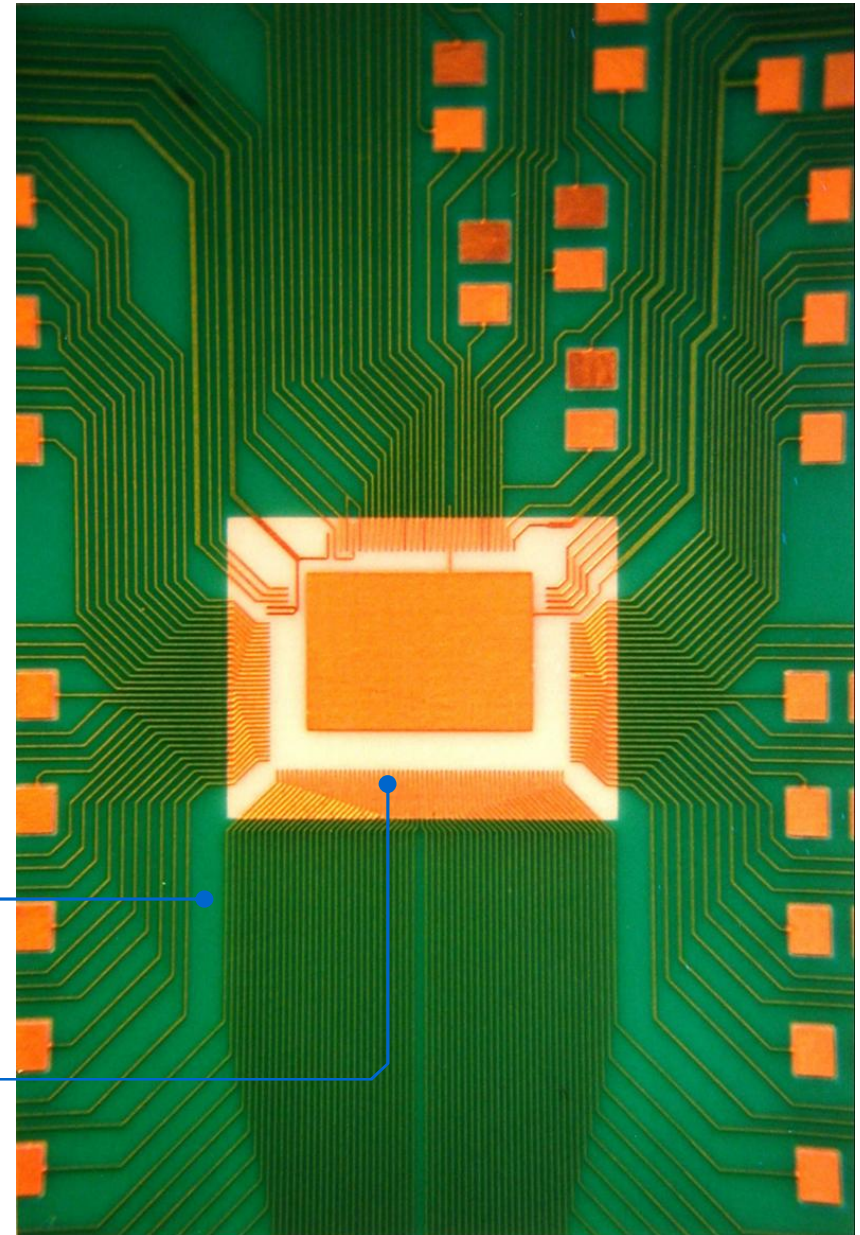
Damit sind Atome also *nicht* unteilbar und noch nicht die *kleinste materielle Körperlichkeit*.

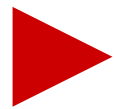
### Begriff (Atom)

Ein Atom ist die kleinste *materielle Einheit* eines *chemischen Elementes*. Jedes Atom gehört einem genau festgelegten chemischen Element an.

### Chemische Elemente auf Leiterplatten

<i>Basismaterial</i>	Kohlenstoff Wasserstoff
<i>Leiterbild</i>	Kupfer Nickel Gold





# *Chemie in Bauteilen*

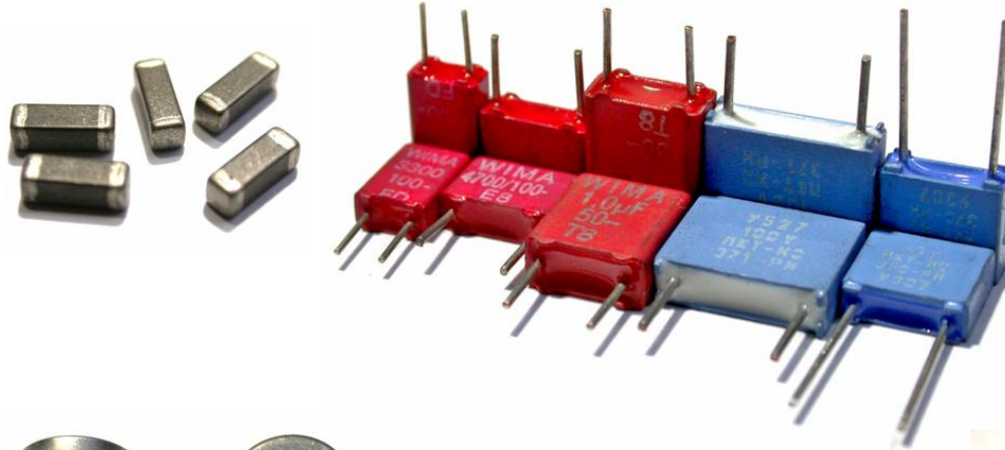
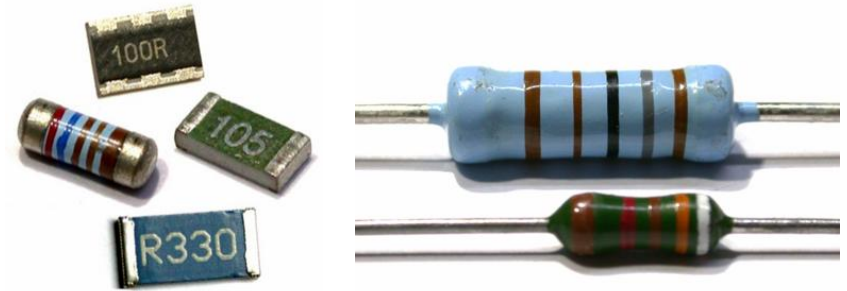
---



# Chemie in Bauteilen

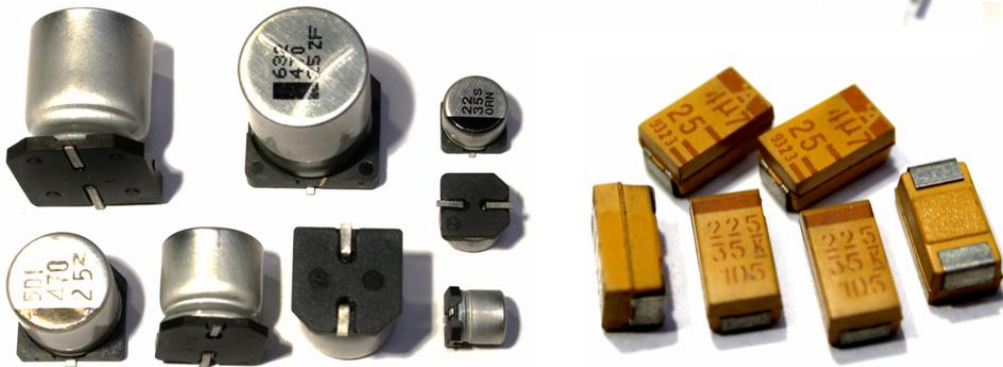
## Widerstände

Metallanschluß, Metalldraht, Kohle- oder Metallschicht, Porzellankörper



## Kondensatoren ungepolt

Metalldraht, Keramiksubstrate, Kunststofffolien, Polyester, Polypropylen.



## Kondensatoren gepolt

Plastik, Metallanschlüsse, Metallgehäuse, Kunststofffolien, Aluminium- und Tantal-Elektrolyte.

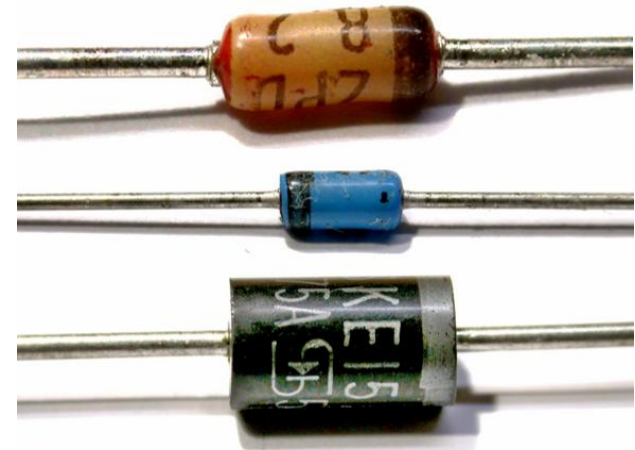
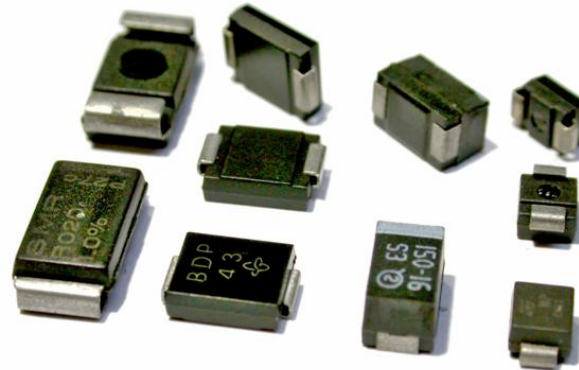




# Chemie in Bauteilen

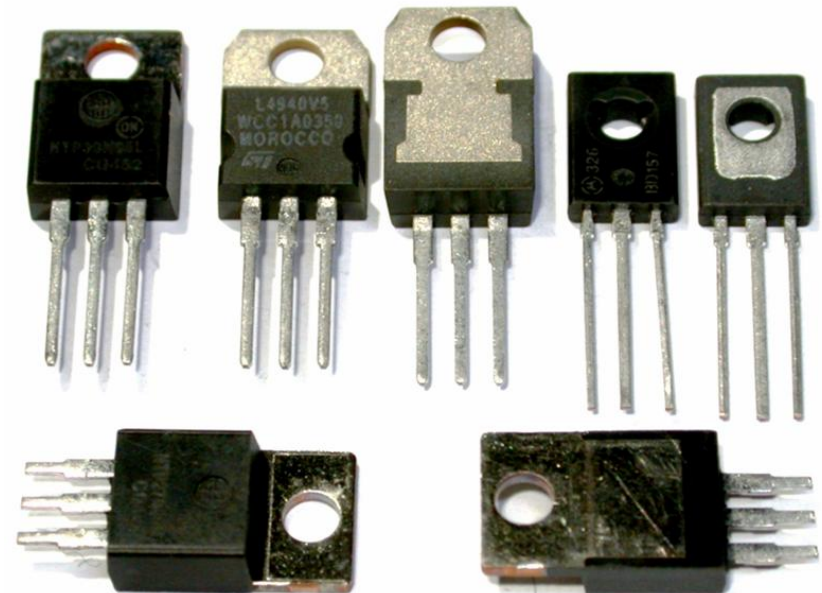
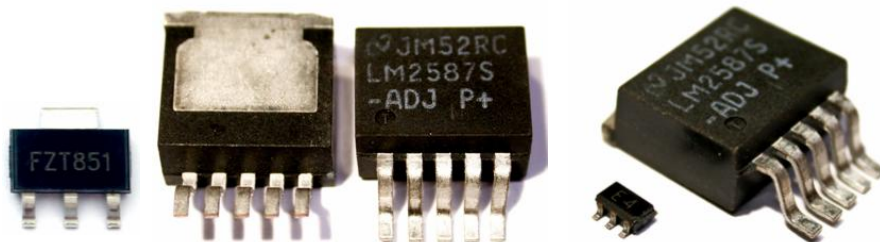
## Dioden

Metalldrahtanschlüsse, Glas, Silizium, Siliziumcarbid, Germanium, Galliumarsenid, Kupferoxydul, Selen.



## Transistoren

Metalldraht, Metallkühlflächen, Indium (früher), Plastik, Silizium, Germanium, Galliumarsenid, Selen, Keramik.

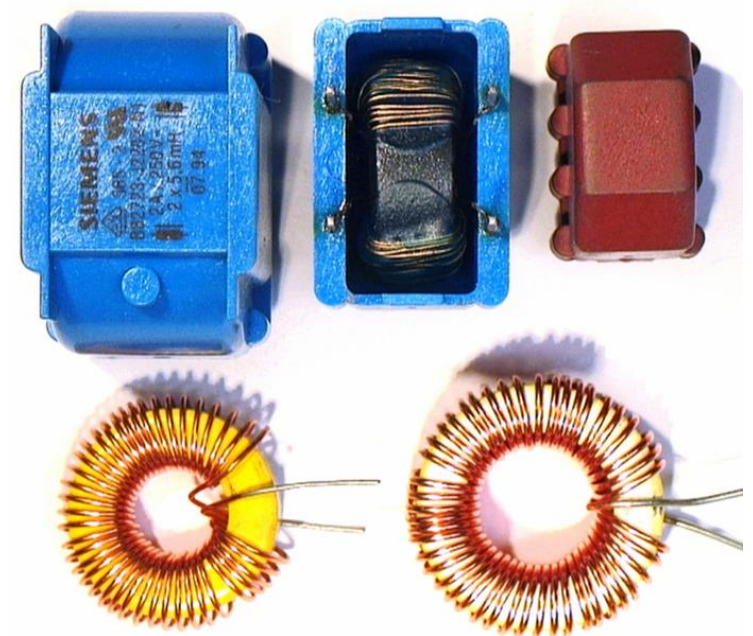
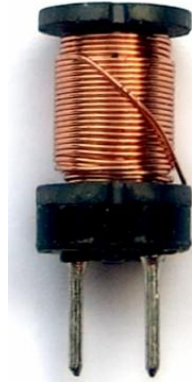




# Chemie in Bauteilen

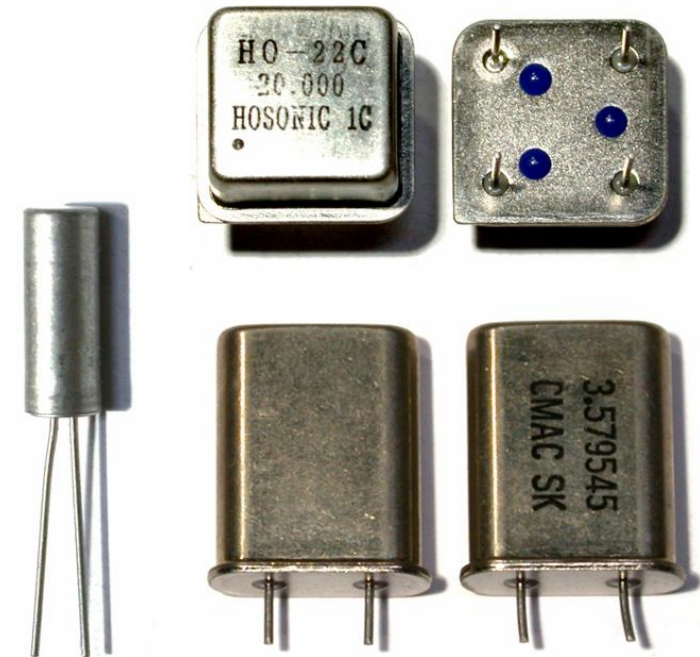
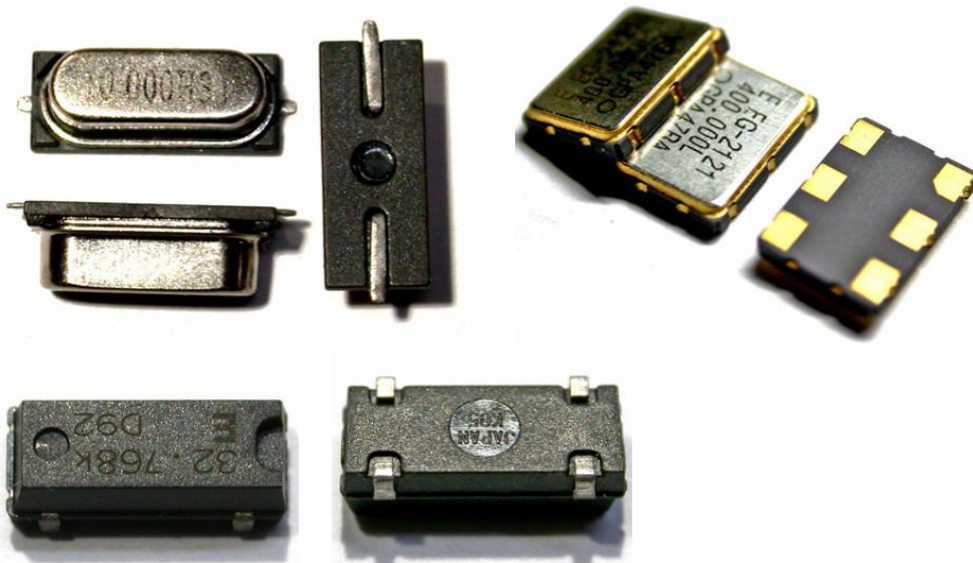
## Spulen/Induktivitäten

Metalldrahtanschlüsse, Kupferdraht, Keramikträger, Plastikgehäuse, Kunststoffe.



## Quarze

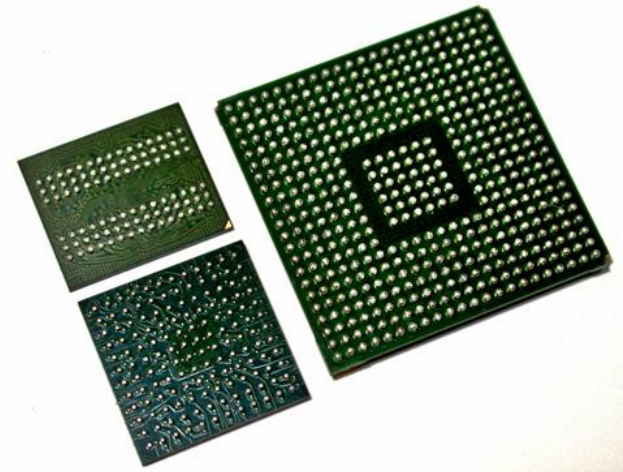
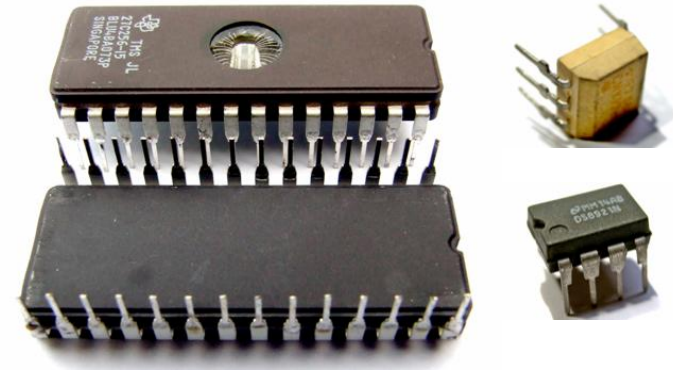
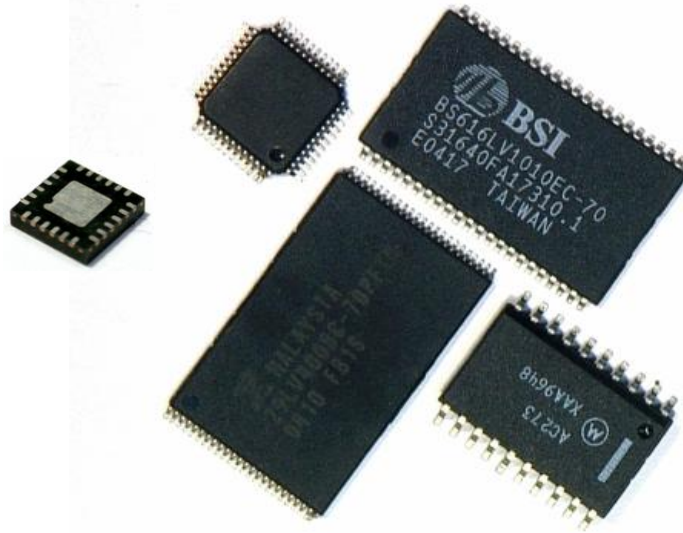
Metalldraht, Plastik, Goldkontakte, Keramik



# Chemie in Bauteilen

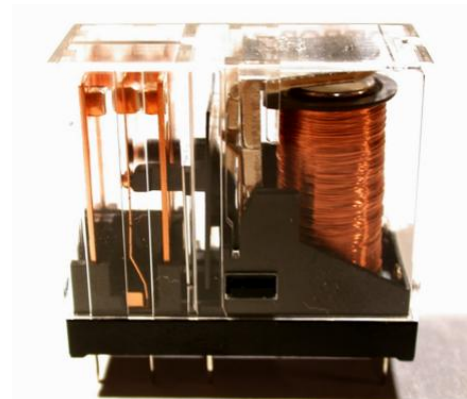
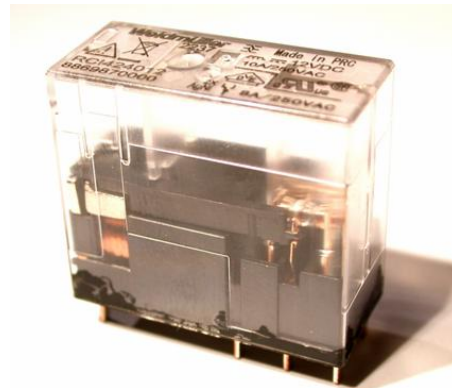
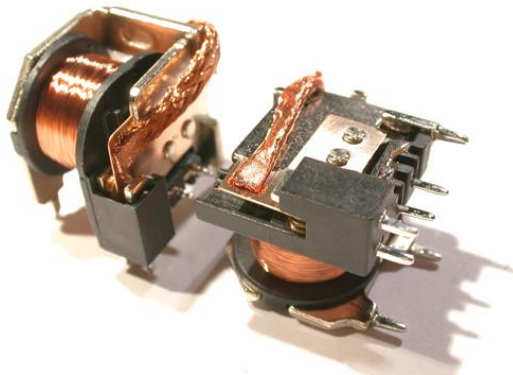
## ICs

Halbleiter, Metallanschluß, Plastikgehäuse, Silizium, Galliumarsenid, Germanium, Metalloxide, Zinksulfid,...



## Relais

Metall, Plastikgehäuse, Kupferspulen.

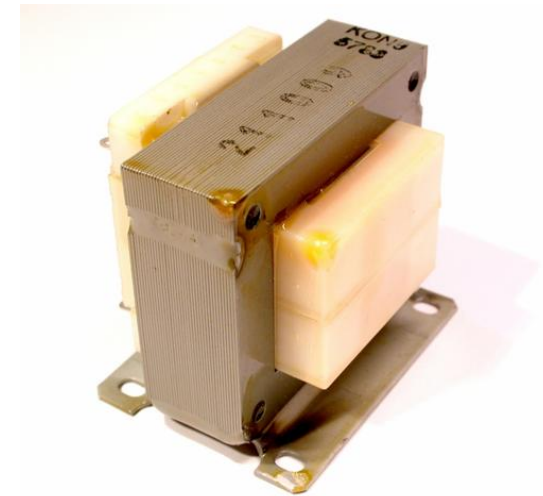
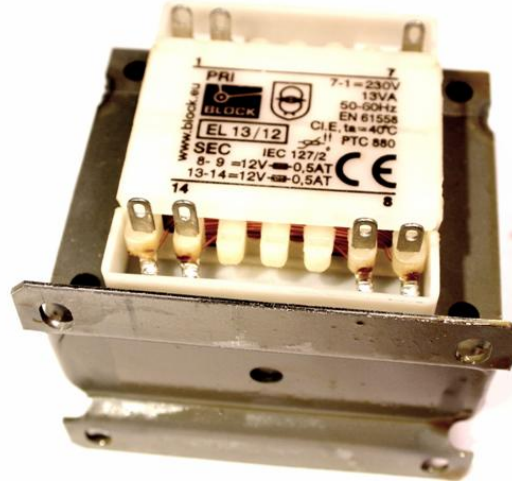




# Chemie in Bauteilen

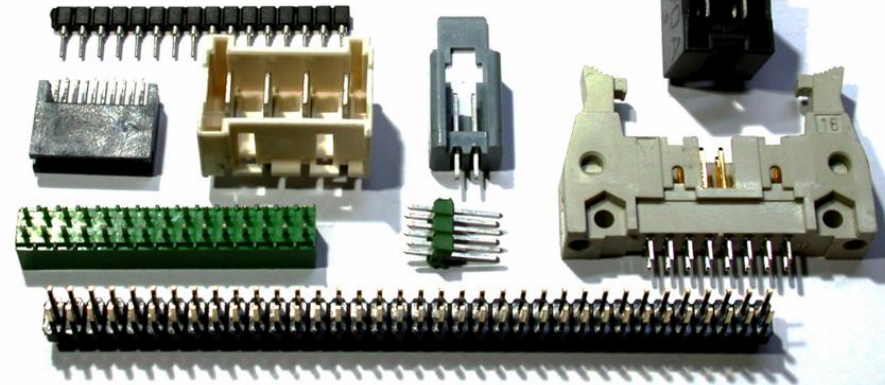
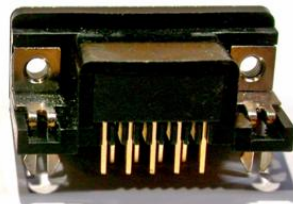
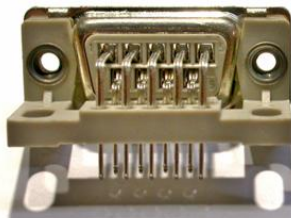
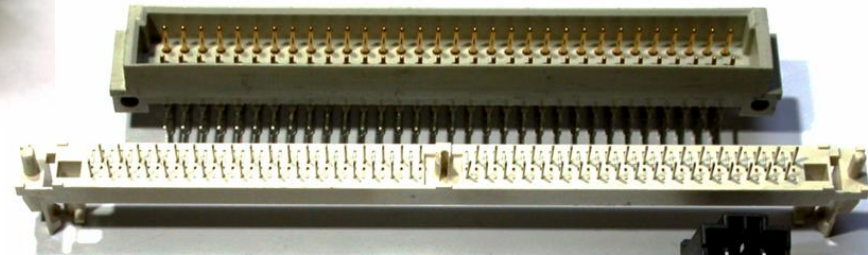
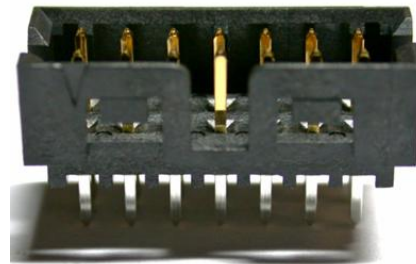
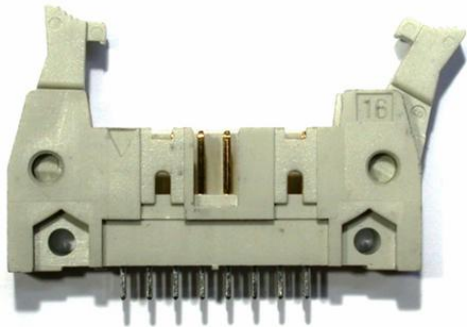
## Transformatoren

Metall-/Plastikgehäuse,  
Metallmantel, Kupferspulen.



## Stecker

Metallkörper, (Beryllium-) Kupferlegierte (Cu+Sn, Cu+Zn) Pins,  
seltener Silber oder Gold,  
Gehäuse aus Plastik.



# Chemie in Bauteilen

**Metalle** Vollmetall, Aluminium, Eisen, Nickel.



## Weitere Chemische Elemente (unter anderem Seltenerdmetalle)

Cadmium, Quecksilber, Blei, Lithium, Kupfer, Messing, Bronze, Zink, Indium, Platin, Gold, Palladium, Silber, Tantal, Gallium, Wolfram, Kobalt, Keramik, Silizium, Indium, Yttrium, Europium, Lanthan, Cerium, Terbium, Gadolinium, Praesodym.

## Kunststoffe ( nur auszugsweise)

PCB- (~ polychlorierte Biphenyle) oder PCT-haltigen (~ polychlorierte Terphenyle), flammhemmende Biphenyle (TBBA), Polyethylen-terephthalat, Polyethylen.





# Preiodensystem : Vorkommen in elektronischen Baugruppen

- Leiterplattenfertigung (Basismaterial, Lacke, Fertigungsprozeß)
- Baugruppenproduktion (Lote, Flußmittel, Reinigung, Verguß)
- ▲ Komponenten (Legierungen der Anschlüsse, Bauteilkörper)

I																		VIII									
1,01 H 1																	4,00 He 2										
6,94 Li 3	9,01 Be 4																	10,81 B 5	12,01 C 6	14,01 N 7	16,00 O 8	19,00 F 9	20,18 Ne 10				
22,99 Na 11	24,31 Mg 12	III a	IV a	V a	VI a	VII a	VIII a					I a	II a	26,98 Al 13	28,09 Si 14	30,97 P 15	32,06 S 16	35,45 Cl 17	39,95 Ar 18								
39,10 K 19	40,08 Ca 20	44,96 Sc 21	47,87 Ti 22	50,94 V 23	52,00 Cr 24	54,94 Mn 25	55,85 Fe 26	58,93 Co 27	58,69 Ni 28	63,55 Cu 29	65,39 Zn 30	69,72 Ga 31	72,61 Ge 32	74,92 As 33	78,96 Se 34	79,90 Br 35	83,8 Kr 36										
85,47 Rb 37	87,62 Sr 38	88,91 Y 39	91,22 Zr 40	92,91 Nb 41	95,94 Mo 42	97,91 Tc 43	101,0 Ru 44	102,9 Rh 45	106,4 Pd 46	107,9 Ag 47	112,4 Cd 48	114,8 In 49	118,7 Sn 50	121,8 Sb 51	127,6 Te 52	126,9 I 53	131,3 Xe 54										
132,9 Cs 55	137,3 Ba 56	175,0 Lu 71	178,5 Hf 72	180,9 Ta 73	183,8 W 74	186,2 Re 75	190,2 Os 76	192,2 Ir 77	195,1 Pt 78	197,0 Au 79	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 82	209,0 Bi 83	209,0 Po 84	210,0 At 85	222,0 Rn 86										
223,0 Fr 87	226,0 Ra 88	262,0 Lr 103	261,1 Rf 104	262,1 Db 105	266,1 Sg 106	264,1 Bh 107	269,1 Hs 108	268,1 Mt 109	273,1 Ds 110	272,1 Rg 111																	

Atommasse in u (molare Masse)

Elementsymbol

Ordnungszahl

Wasserstoff (blau)

radioaktiv (rosa)

Erdalkalimetalle (gelb)

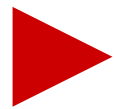
Metalle (weiß)

Halbmetalle (grau)

Edelgase (hellblau)

Nichtmetalle (hellgrün)

Alkalimetalle (hellgrün)



## ***Basismaterial***

---

## Basismaterial : Chemische Stoffgruppen

Gruppe	Zusammensetzung	T <sub>g</sub> [°C]	ε <sub>r</sub> [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 Kohlenwasser- stoffe mit Keramikfüllung	300	4.5 - 9.8

■ Standardmaterial      ■ Hochwertiges Material



## Basismaterial : Herstellerfirmen / Trägermaterial / Dielektrikum

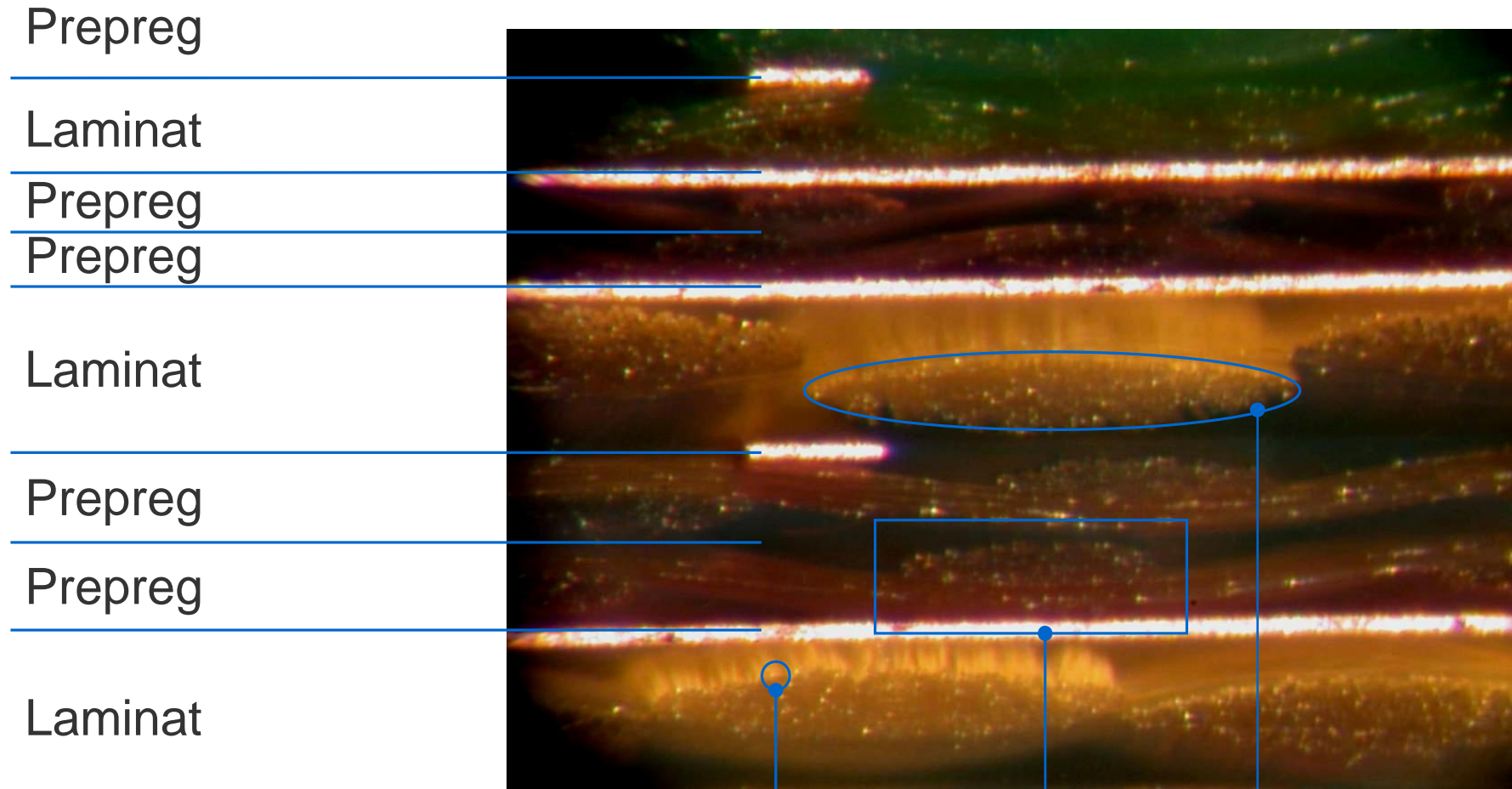
Material	Hersteller	Trägermaterial (Verstärkung)	Füllstoff (Dielektrikum)
FR4 Duraver 104ML	Isola	Glasgewebe	Epoxydharz
NP-155F	Nan Ya	Glasgewebe	Epoxydharz
NPG-150R	Nan Ya	Glasgewebe	Epoxydharz
RT/duroid 5870	Rogers	Glasfiber	PTFE Random
RT/duroid 5880LZ	Rogers	Composite	PTFE filled
RT/duroid 6002	Rogers	Composite	PTFE Keramik
Ro3003	Rogers	Kein Träger	PTFE Keramik
Ro3006	Rogers	Kein Träger	PTFE Keramik
Ro3010	Rogers	Kein Träger	PTFE Keramik
Ro4003C	Rogers	Glasgewebe	Hydrokarbon Keramik
Ro4360G2	Rogers	Glasgewebe	Hydrokarbon Keramik
TMM 13i	Rogers	Kein Träger	Hydrokarbon Keramik
TMM 4	Rogers	Kein Träger	Hydrokarbon Keramik
TMM 6	Rogers	Kein Träger	Hydrokarbon Keramik
Ultralam 3850	Rogers	Kein Träger	LCP Liquid Cryst.Polymer
XT/duroid 8100	Rogers	Glasgewebe-VS	PEEK Polyetheretherketon





## 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.



**Begriff "CAF"**  
**Conductive Anodic Filament**

Fibrillen im Faden

Gewebeknoten

Gewebebefaden



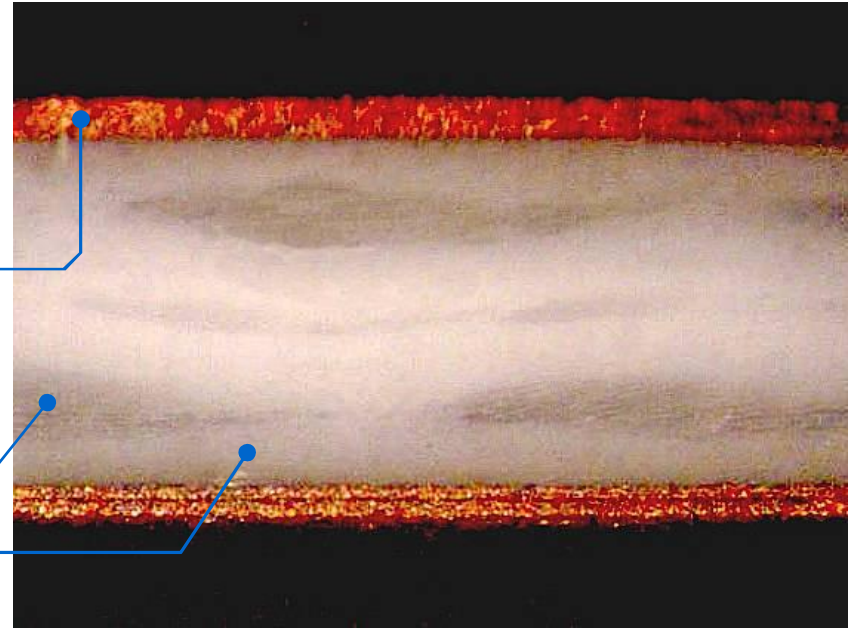
## Basismaterial : RO und Aramid

### RO-Material...

...der Fa. Rogers mit Blick auf die Fräskontur.

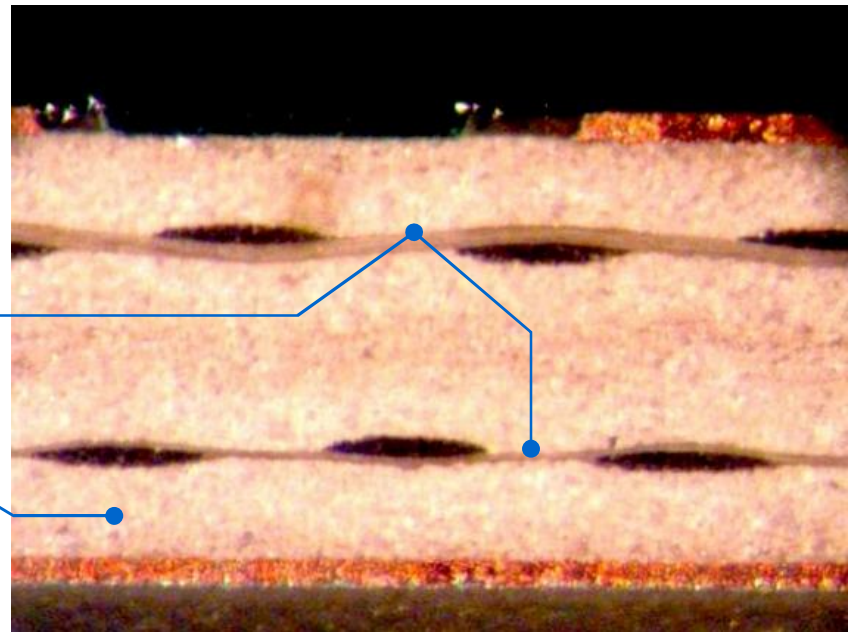
Das Material ist auf beiden Außenlagen mit einer Kupferfolie versehen.

Der Kern des Materials ist sehr diffus. Die stabilisierenden Gewebeeinlagen sind weitläufig und mit einem keramischen Füllstoff umgeben. Dadurch ist das Dielektrikum sehr homogen verteilt, die mechanische Stabilität des Materials wird dadurch jedoch herabgesetzt.



### Aramid

Doppelseitiges Basislaminat mit zwei Einlagen aus Aramidgewebe und einer homogenen keramikhaltigen Füllung. Die dielektrischen Werte liegen bei  $< 3$  mit sehr gleichmäßiger Verteilung.



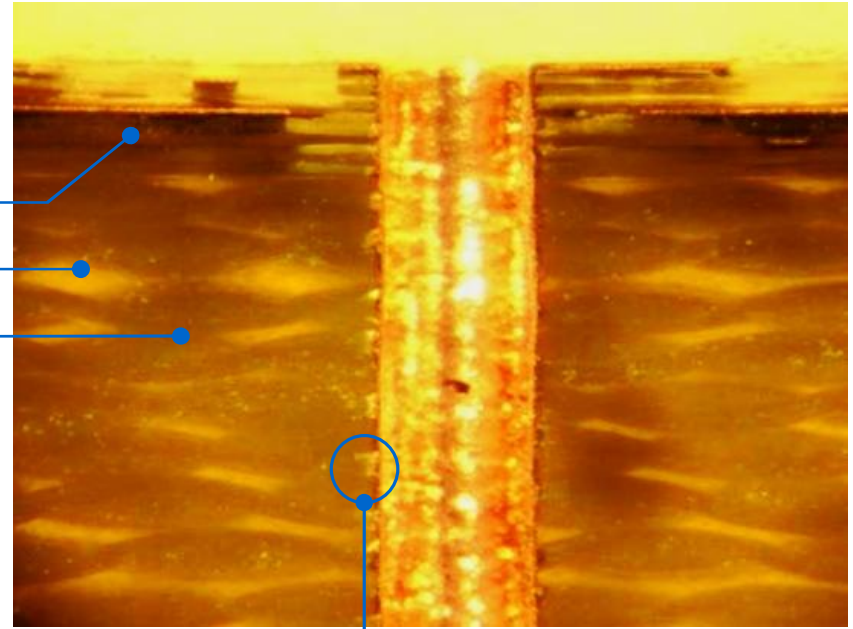
# Basismaterial : Polyimid und CEM1

## Polyimid

Querschnitt und Schliff eines 6-Lagen-Multilayers aus Polyimidprepregs und Polyimidlaminaten.

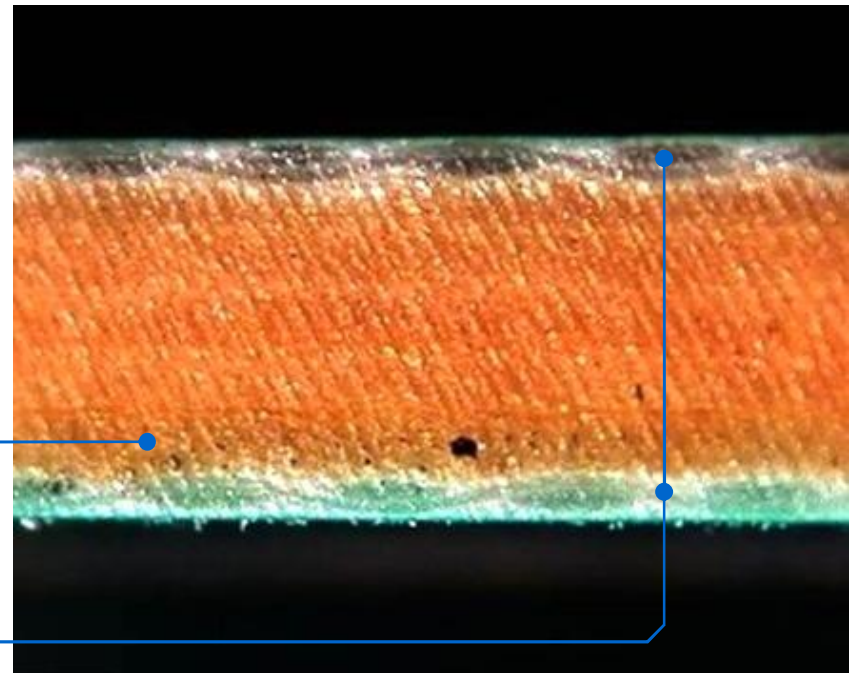
Durch die vielen Gewebelagen ist der Glasanteil hoch im Vergleich zum Volumen des Polyimidharzes.

Das Material ist deshalb sehr hart und nicht optimierte Bohrparameter führen zu Ausrissen. Diese nehmen beim Kontaktieren Kupfer an und werden daher im Schliff sichtbar.



## CEM1

Aufsicht auf die gefräste Kontur einer doppelseitigen Leiterplatte. Der Kern aus Hartpapier stellt das Trägermaterial. Oben und unten ist jeweils eine Gewebelage FR4 aufgepreßt.





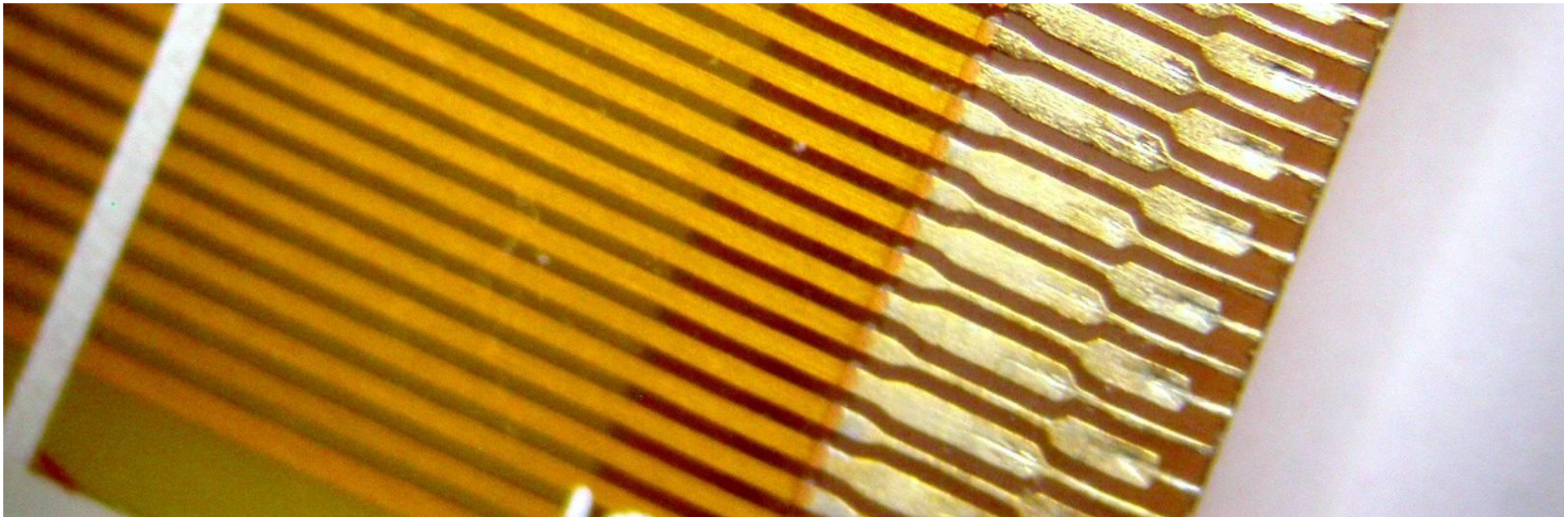
## Basismaterial für flexible Leiterplatten

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







# *Chemie von Basismaterialien*

---



## Chemie im Basismaterial

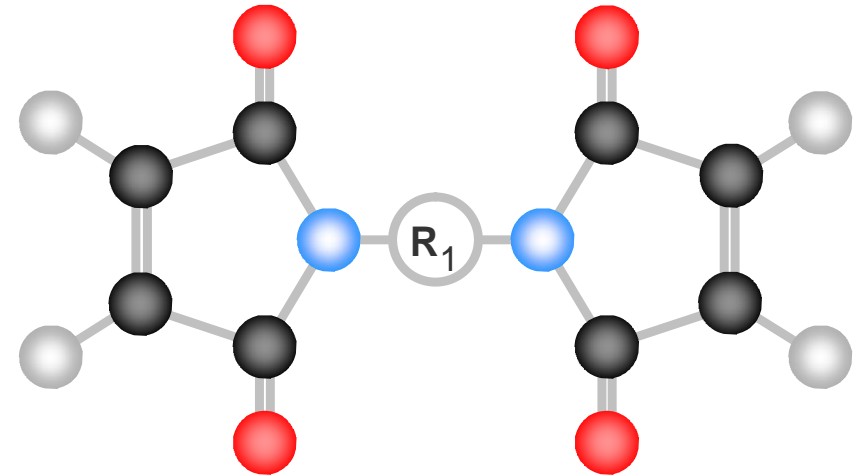
Offensichtlich sind Baugruppen elektronische Produkte, die auf der Basis der Physik funktionieren.

Unter anderem bestimmt das Dielektrikum die Geschwindigkeit, mit der die Informationen in Signalleitungen und die Energie für die Bauteile transportiert werden können und wieviel elektrische Energie gespeichert im Basismaterial gespeichert werden kann.

Die Wirkung des Dielektrikums baut auf den chemischen Substraten auf, aus denen das Basismaterial zusammengesetzt ist. Letztlich also ist die Qualität einer elektronischen Baugruppe von der Chemie abhängig. Und : Die Chemie wird bei Version C1.0 stehenbleiben.

### Regel (Entsorgung)

Die chemische Konsistenz einer Leiterplatte muß für die fachgerechte Entsorgung einer Baugruppe verbindlich bekannt sein.



Bismaleimid mit der Reststoffgruppe 4,4'-Diaminodiphenylmethan



# Polyimid



## Polyimid

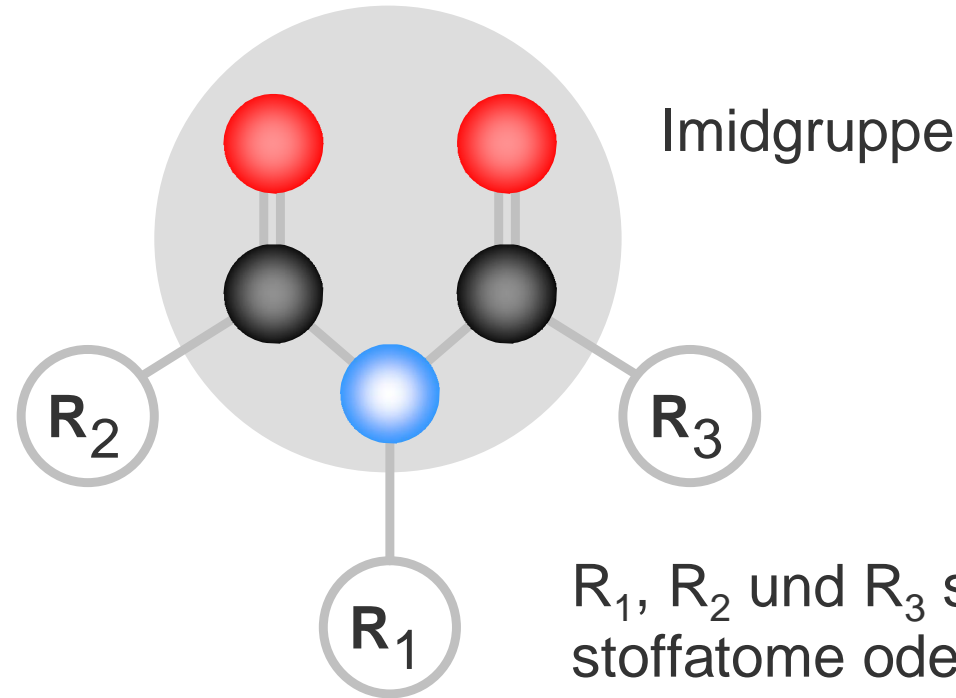
Kapton ®

Kinel ®

Upilex ®

Upimol ®

Vespel ®



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.

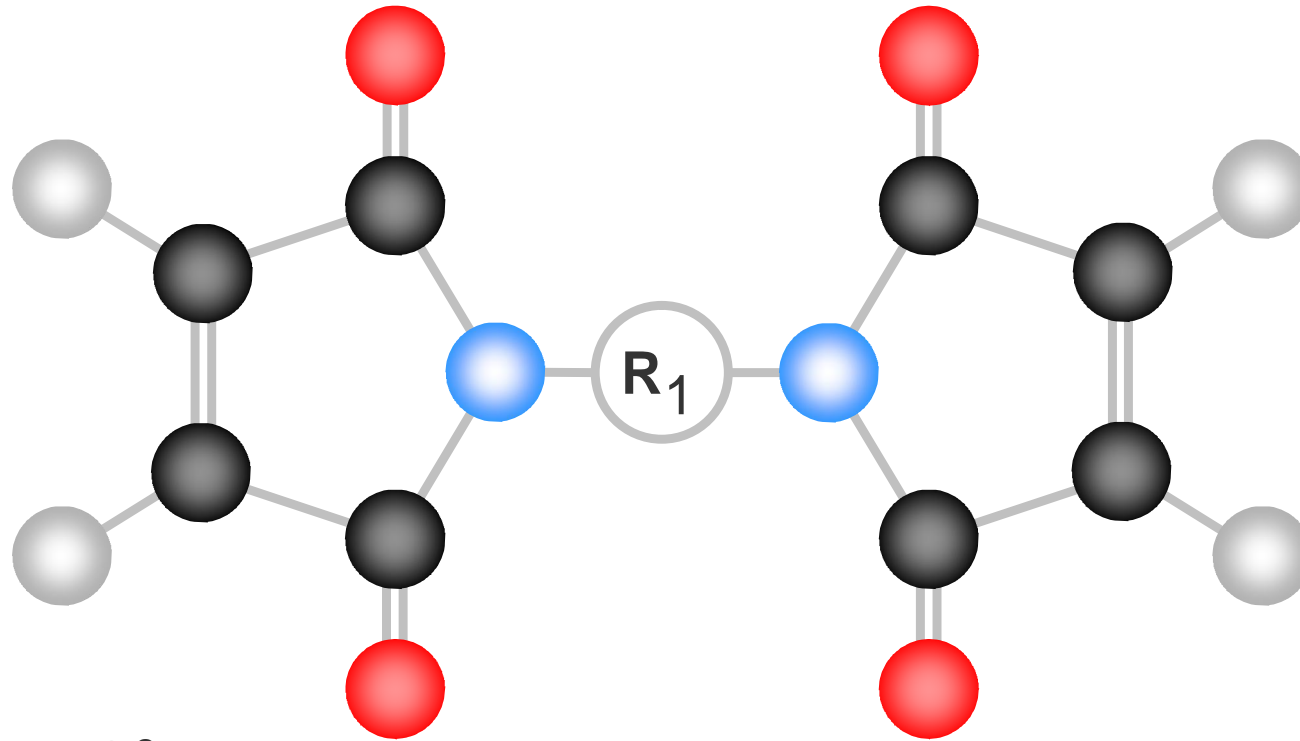
Polyimid ist von hellbraunem Farbton.

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

# Bismaleimid



## Bismaleimid

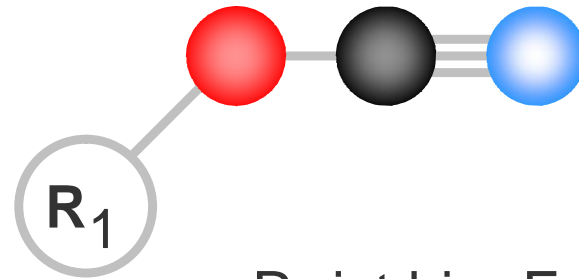
$\text{R}_1$  ist hier ein 4,4'-Diaminodiphenylmethan

Bismaleimid ist aus zwei Maleimidmoleküle zusammengesetzt. Die "Brücke" zwischen den beiden Molekülen ist durch ein 4,4'-Diaminodiphenylmethan gegeben ( $\sim \text{R}_1$ ). In der Leiterplattentechnik wird Bismaleimid in Basismaterialien für hohe Anforderungen eingesetzt. **Es fördert dort die Vernetzung des Harzsystems und gestattet den Einsatz von elektronischen Baugruppen**, die hohen Temperaturen ausgesetzt werden. Ein Bismaleimid-Triazinharz-Gemisch ist Bestand des G200-Materials der Fa. Isola.





# Cyanatester



$R_1$  ist hier Ester als Rest

$R_1$ -OCN  
**Cyanatester**

## **Begriff** (Ester)

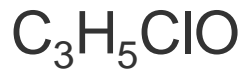
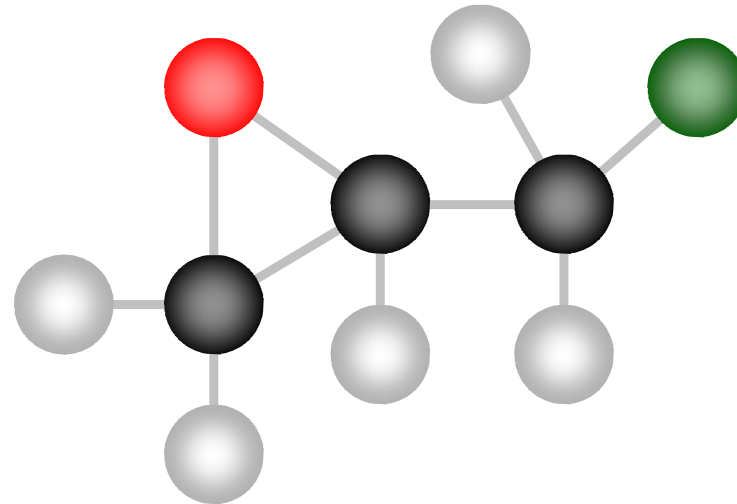
*Ester* leitet sich aus der historischen Bezeichnung für "Essigäther" ab.

Cyanatester (...ein Duromer) leitet sich von einem Bisphenol- oder Novolak-Derivat ab. Relativ hohe Glasübergangstemperatur und relativ gleichmäßige Dielektrizitätskonstante. Geringe Feuchtigkeitsaufnahme und gute thermische Langzeitstabilität. Mit Verstärkung aus Quarzfasern Verwendung als Basismaterial für Leiterplatten. Zäher als Epoxidharz. **Cyanatester hat sehr gute dielektrische Eigenschaften.** Das Substrat ist strahlendurchlässig und wird deshalb auch als Verkleidung für Antennensysteme eingesetzt.

● Kohlenstoff ● Sauerstoff ● Stickstoff



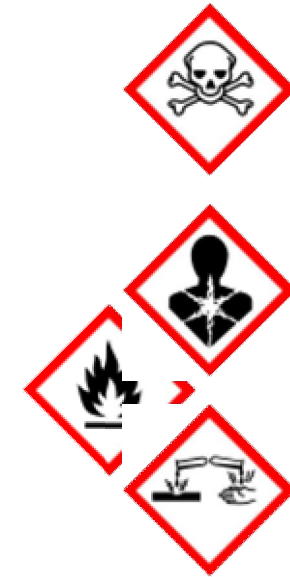
# Epichlorhydrien



## Epichlorhydrien

Chlormethyloxiran

1-Chlor-2,3-Epoxypropan

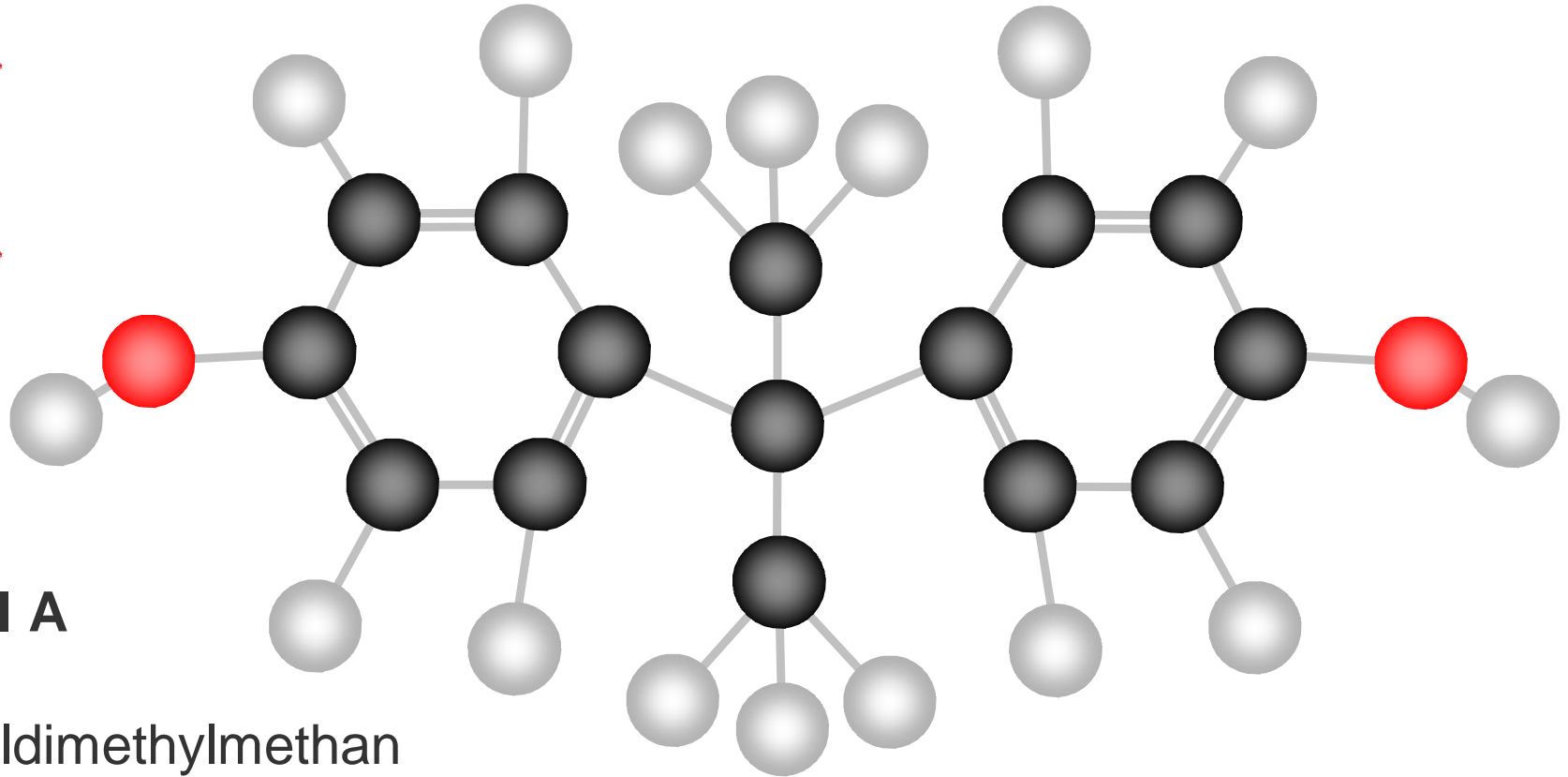
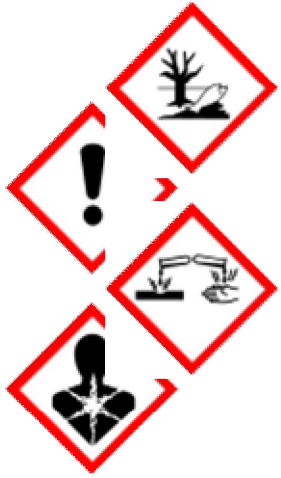


Epichlorhydrien ist farblos, der Geruch erinnert an Chloroform. Die Flüssigkeit ist nicht-viskos. Das Substrat wird für die industrielle Produktion von Epoxidgruppen in Harzen eingesetzt, speziell für die Herstellung von Epoxidharzen.

**In Verbindung mit Bisphenol A-Harzen wird es als Zweikomponentenkleber in Epoxydharzverbindungen (FR4) eingesetzt. Epichlorhydrien ist intensiv kanzerogen. Hoch giftig.** Die Aufnahme von Epichlorhydrien erfolgt durch die Haut.



# Bisphenol A



## Bisphenol A

BPA

p-Diphenoldimethylmethan

2,2-Bis-(4-Hydroxyphenyl)-Propan

Bisphenol A wird mit Chlorwasserstoff als Katalysator aus Phenol und Aceton hergestellt. In den Bisphenol-Varianten steht das A im "Bisphenol A" für die Einbindung von Aceton. BPA dient vor allem als Ausgangsstoff zur Synthese polymerer Kunststoffe auf der Basis von Polyestern, Polyetherketonen, Polycarbonaten und Epoxidharzen.

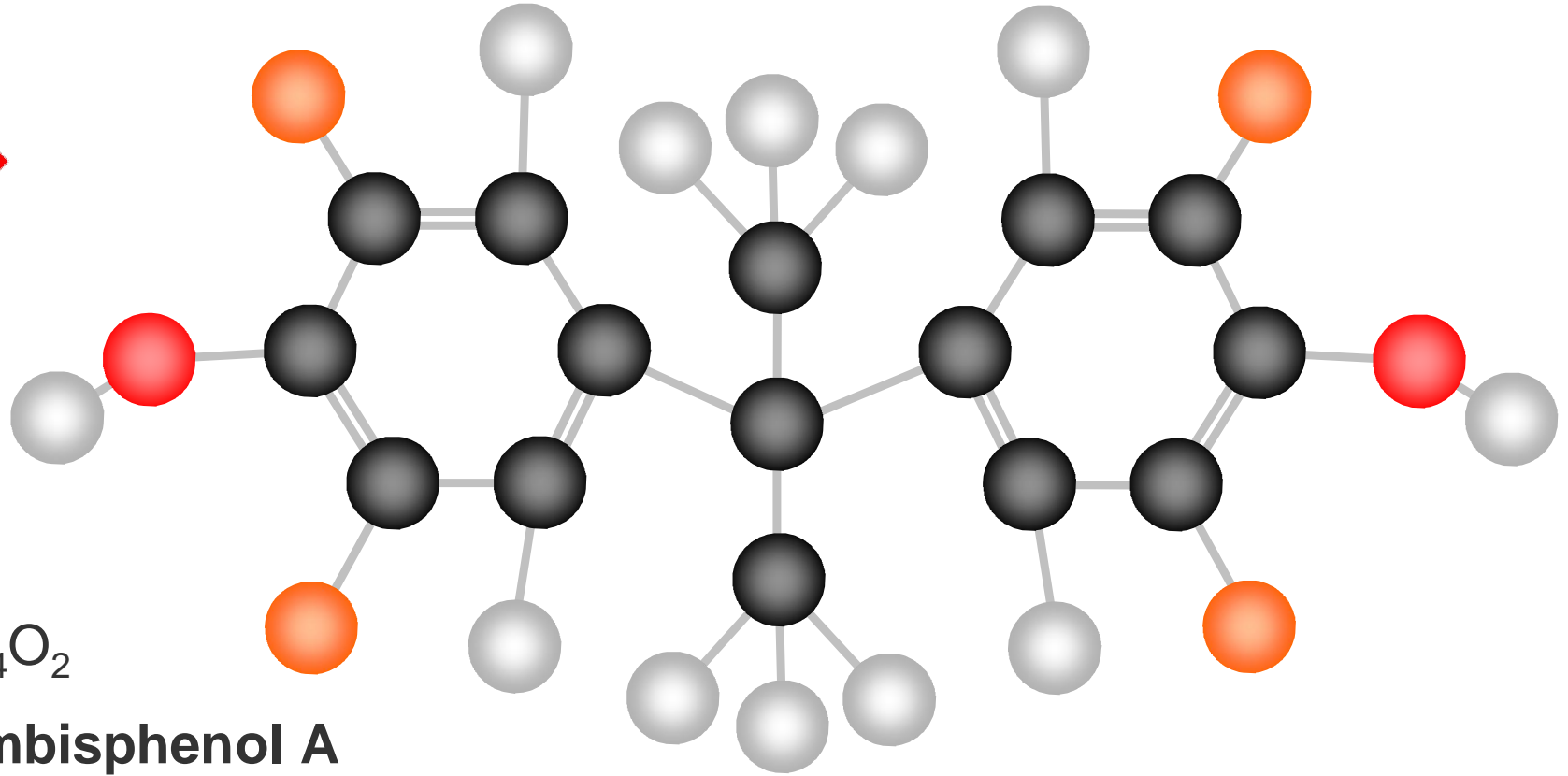
**Freigesetztes Bisphenol A ist gesundheitsschädlich.**

**Toxisch. Störung der Gehirnentwicklung. Impotenz.**

● Kohlenstoff ● Sauerstoff ● Wasserstoff



# Tetrabrombisphenol A



## Tetrabrombisphenol A

TBBA oder TBBPA

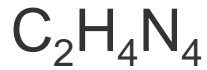
TBBA wird als additives Flammschutzmittel an Polymere, z.B. Epoxyd- oder Polycarbonatharze gebunden, die zur Herstellung von Basismaterial für Leiterplatten eingesetzt werden. TBBA führt dazu, daß sich ein lokaler Brand nicht oder nur sehr zögerlich entwickeln kann. TBBA ist ein Derivat des Bisphenol A.

**Einerseits wird kein gesundheitliches Risiko angenommen, andererseits gilt die Substanz als potentiell krebserregend. Hautkontakt ist zu vermeiden.**

● Kohlenstoff ● Sauerstoff ● Wasserstoff ● Brom



# Dicyandiamid



Dicyandiamid

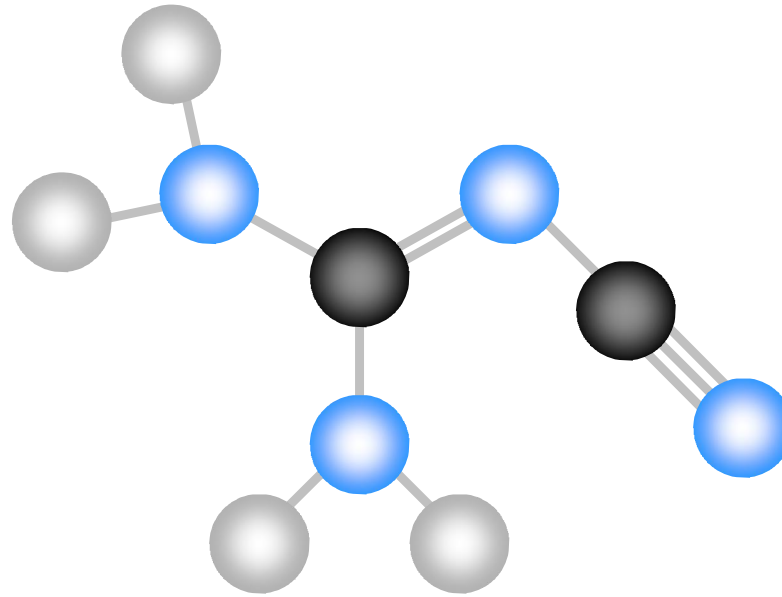
DCD

DICY

Cyanoguanidin

1-Cyanoguanidin

2-Cyanoguanidin



Dicyandiamid liegt als weißer Feststoff vor. Das Substrat ist praktisch geruchlos und brennbar. In Wasser löst es sich bedingt.

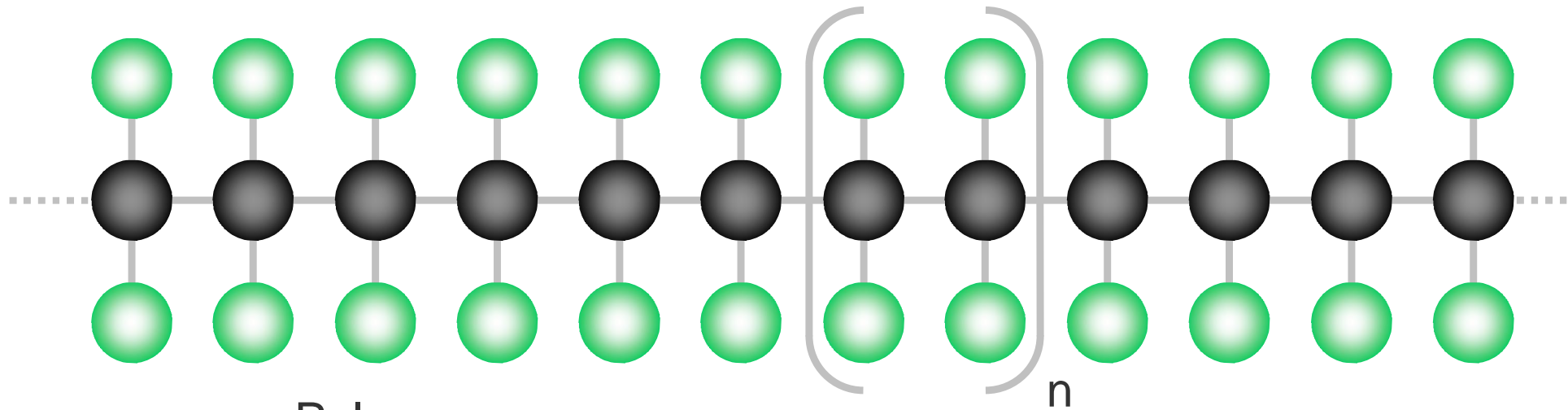
Dicyandiamid wird für die Herstellung diverser Kunststoffe eingesetzt sowie im Agrar- (...Düngemittel) und im medizinischen Bereich (...Pharmazeutika).

**Für Epoxydharzklebstoffe, die unter Hitze aushärten, wird Dicyandiamid als Härter eingesetzt. Substanz im FR-Makromolekül.**

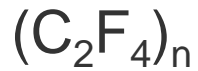




# Polytetrafluorethylen



Polymer



## Polytetrafluorethylen

Teflon® Hostaflon® PTFE

## Tetrafluorethylen

PTFE (...ein Thermoplast) ist beständig gegen aggressive Säuren, alle Basen, Alkohole, Ketone, Benzine und Öle. Unbeständig bei starken Reduktionsmitteln wie Lösungen von Alkalimetallen (z. B. Natrium), in flüssigem Ammoniak oder (...bei höheren Temperaturen) bei sehr starken Oxidationsmittel wie elementarem Fluor.

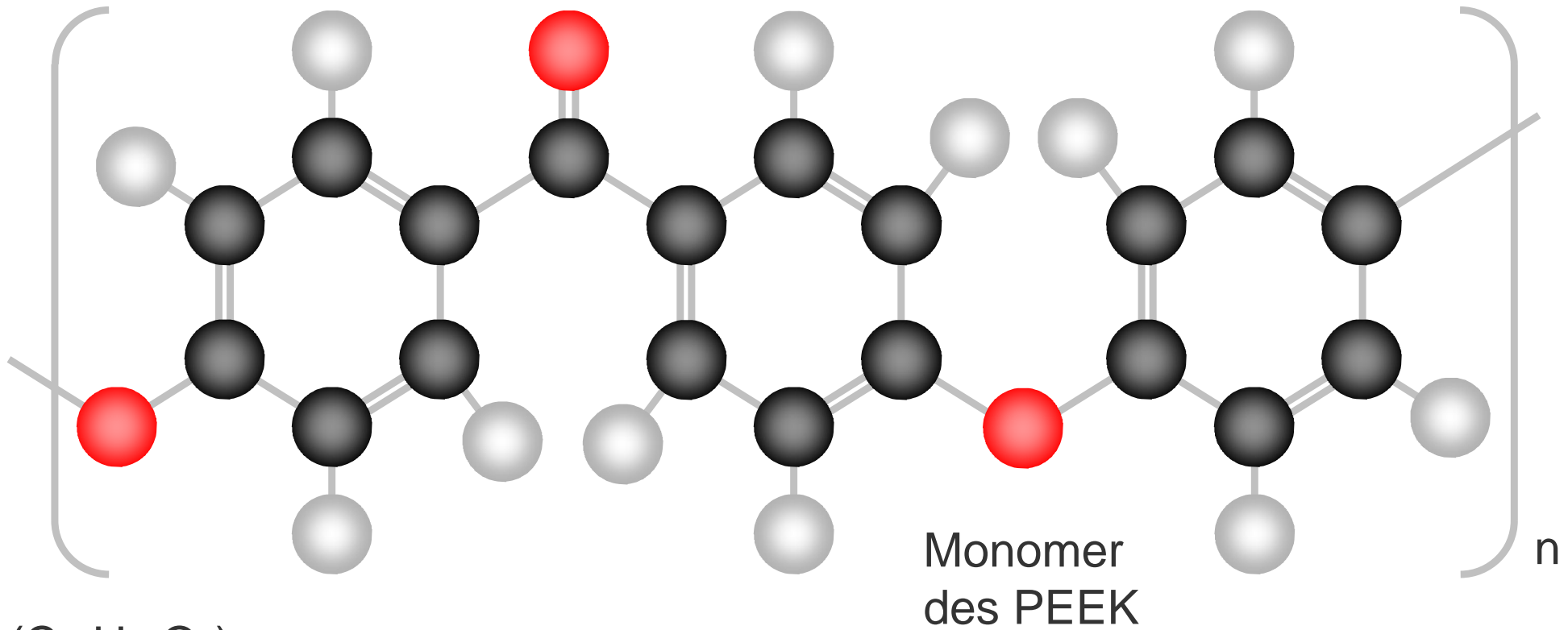
PTFE ist frostbeständig bis  $-270\text{ °C}$ . Die Einsatztemperatur geht bis  $+260\text{ °C}$ .

Bei Temperaturen über  $360\text{ °C}$  ausgasen hochtoxischer Phyrolyseprodukte ( $COF_2$ ), die beim Menschen zum "Polymehrfieber" führen. **Das Einatmen größerer Mengen ist tödlich. Eigenständige chemische Stoffgruppe für Leiterplattenbasismaterialien.**

 Fluor  Kohlenstoff



# Polyetheretherketon



**Polyetheretherketon**

PEEK

KetaSpire

Gatone

Victrex

Polyetheretherketon ist ein beigefarbener und hochtemperaturbeständiger thermoplastischer Kunststoff. Die Schmelztemperatur beträgt 335° C. PEEK ist beständig gegen viele organische und anorganische Chemikalien. Unbeständig ist es gegen UV-Strahlung, konzentrierte Salpetersäure, allgemein saure oxidierende Bedingungen und gegen einige Halogenkohlenwasserstoffe.

PEEK löst sich in konzentrierter Schwefelsäure bei Raumtemperatur vollständig auf.

● Kohlenstoff ● Sauerstoff ● Wasserstoff





## ***Endoberflächen***

---



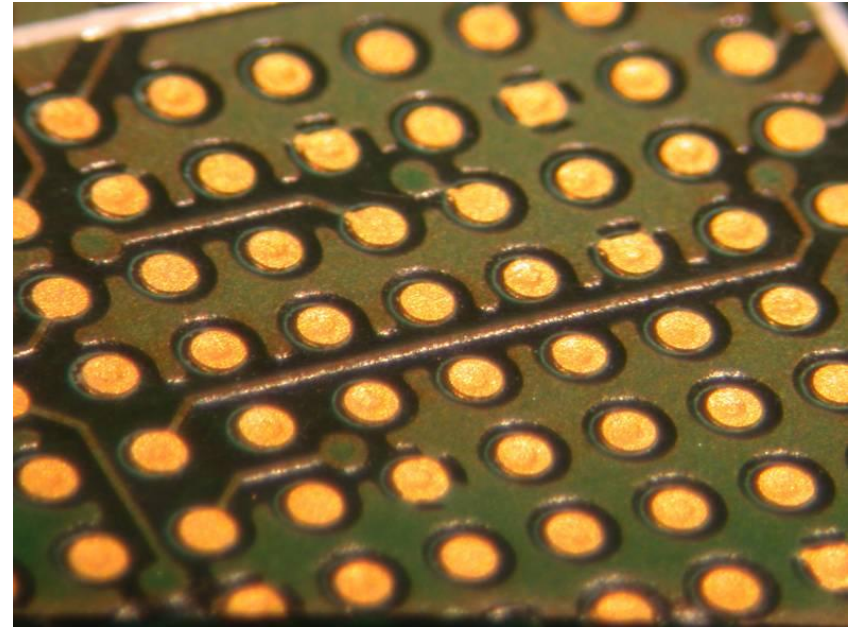
## Endoberfläche

Die Leiterplatte stellt die Verbindungen zwischen den Anschlußpins der Bauteilkomponenten her. Die Bauteile müssen mit der Oberfläche fest verbunden sein. Mögliche Verbindungstechnologien sind das Löten, das Bonden, das Kleben und das Einpressen.

Zur „Oberfläche“ zählen nicht nur SMD-Padflächen sondern auch die Restringe und die Hülsenoberfläche der THT-Bauteilbohrungen. Der galvanische Aufbau der Oberfläche beeinflusst die Strombelastbarkeit und die Qualität der Signalübertragung.

Die Endoberfläche schützt bis zum Bestücken und Löten der Leiterplatte die Lötflächen vor Korrosion.

Die Dauer des Schutzes orientiert sich am Oberflächentyp und reicht von wenigen Wochen (...OSP) bis zu einem Jahr (...HAL, chemisch Gold), eine fachgerechte Lagerung vorausgesetzt.



In den letzten Jahren ist die Anzahl wählbarer Endoberflächen auf zirka 20 angestiegen.



# Endoberfläche : Übersicht

Endoberflächen	Verbindungstechnik		
	Löten	Bonden	Kleben
■ Bleizinn	✓	✗	✗
Bondgold (chemisch)	✓	Golddraht	✓
Bondgold (galvanisch)	✓	Golddraht	✓
■ OSP	✓	✗	✗
■ Gold (chemisch) / ENIG	✓	Aluminiumdraht	✓
■ Gold (galvanisch)	✓	Aluminiumdraht	✓
■ Silber (chemisch) / ASIG	✓	Aluminiumdraht	✓
Hot-Air-Leveling (bleifrei)	✓	✗	✗
■ Hot-Air-Leveling (verbleit)	✓	✗	✗
Kupfer	✓	✗	✗
Nickel (galvanisch, chemisch)	✓	✗	✗
■ Zinn (chemisch)	✓	✗	✓

■ Empfehlenswert für SMD    ■ Nicht-RoHs-konform

## Regel

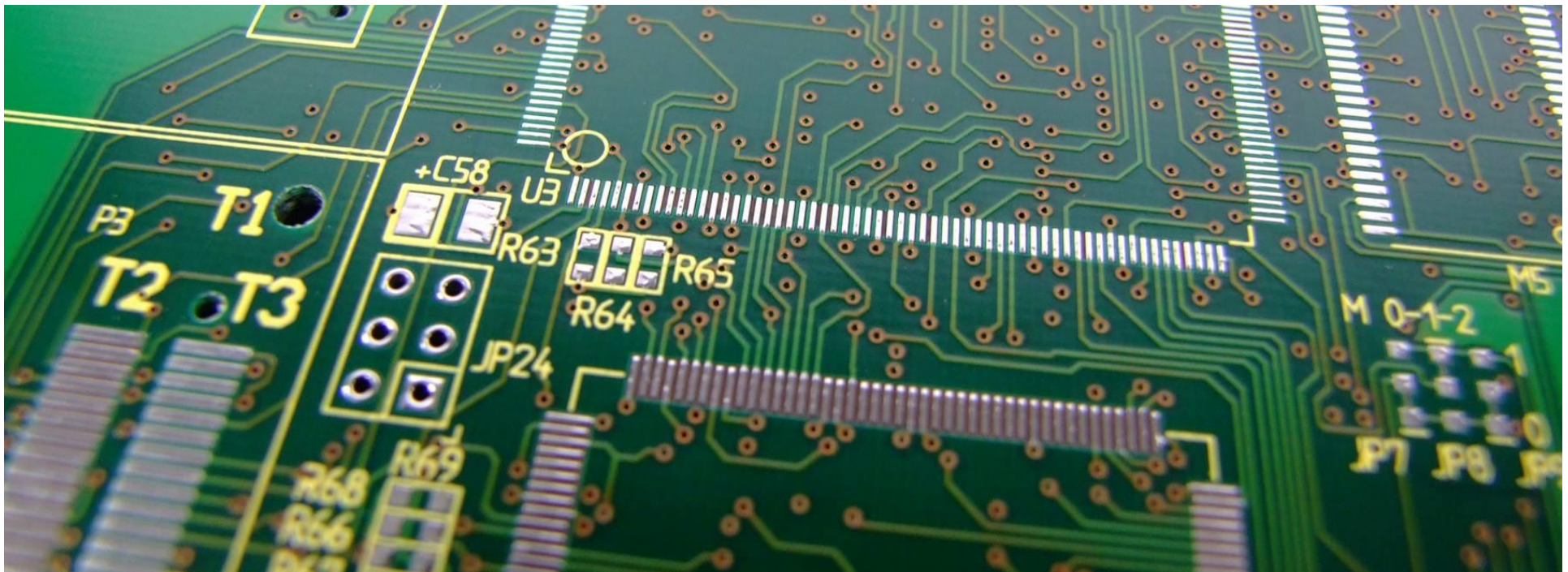
Die Wahl der Oberfläche muß sich an der Anwendung orientieren.





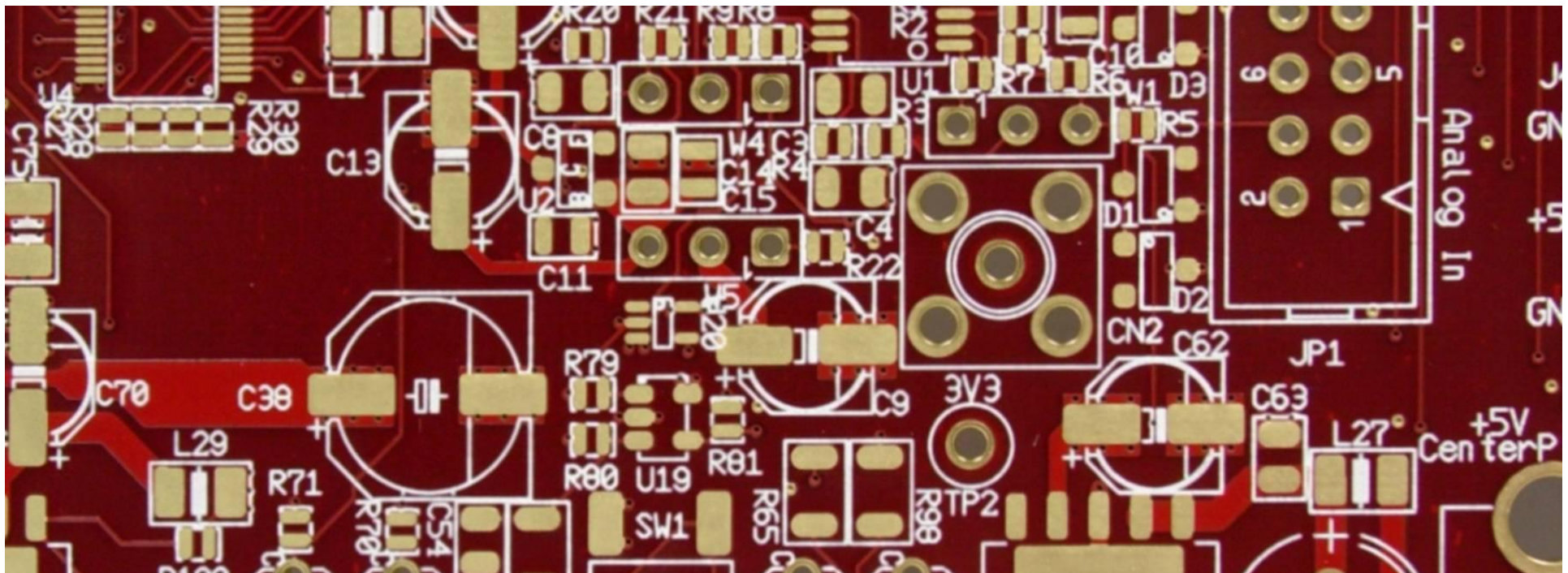
## Endoberfläche : Hot Air Leveling

2.Bezeichnung	HAL, Heißluftverzinnung, Sn
Erscheinungsbild	silberfarben, matt - leicht glänzend
Schichtdicke	Zinn 0.50-40.0µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	ungleichmäßig, uneben, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung



## Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Gold

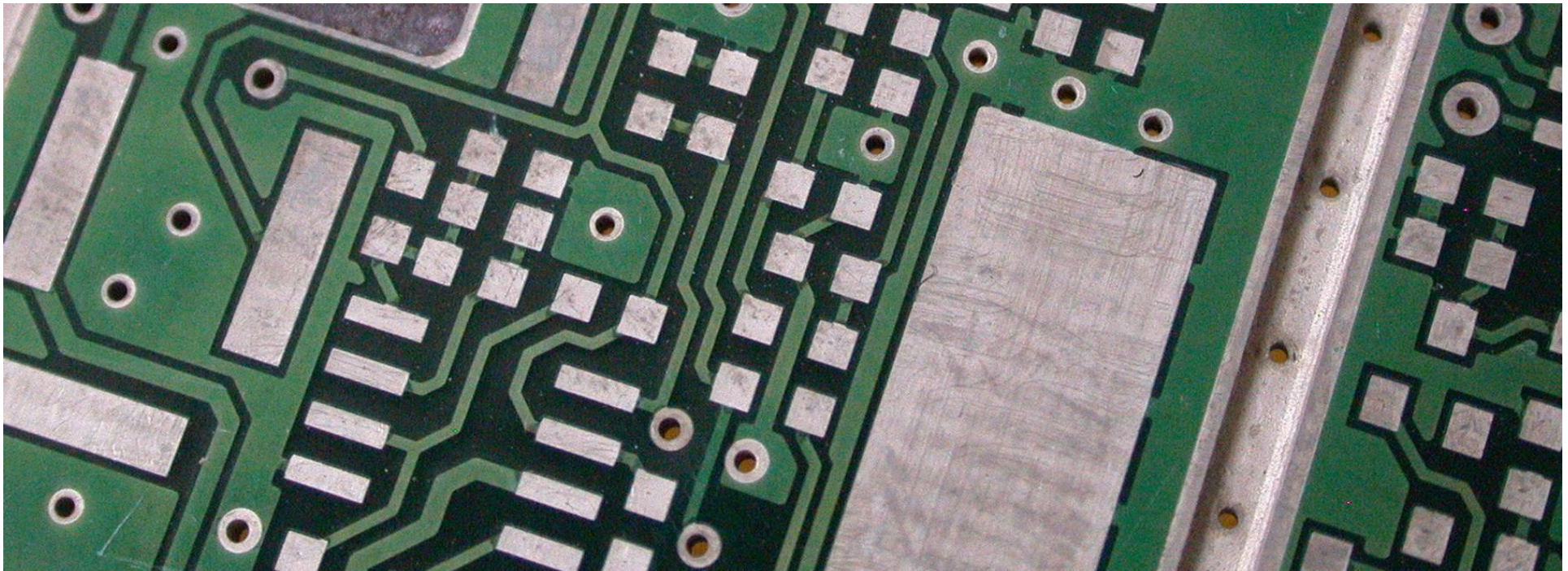
2.Bezeichnung	ENIG (electroless nickel immersion gold), NiAu			
Erscheinungsbild	goldfarben, matt			
Schichtdicke	Nickel	4.00-6.00µm	4.00-6.00µm	4.00-6.00µm
	Gold	0.05-0.06µm	0.07-0.08µm	0.09-0.12µm
Oberflächenstruktur	plan, weich	Die Goldbeschichtung ist mit unterschiedlichen Dicken verfügbar		
Verarbeitbarkeit	12 Monate			
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD	<input checked="" type="checkbox"/> Finepitch	<input checked="" type="checkbox"/> BGA	<input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung			





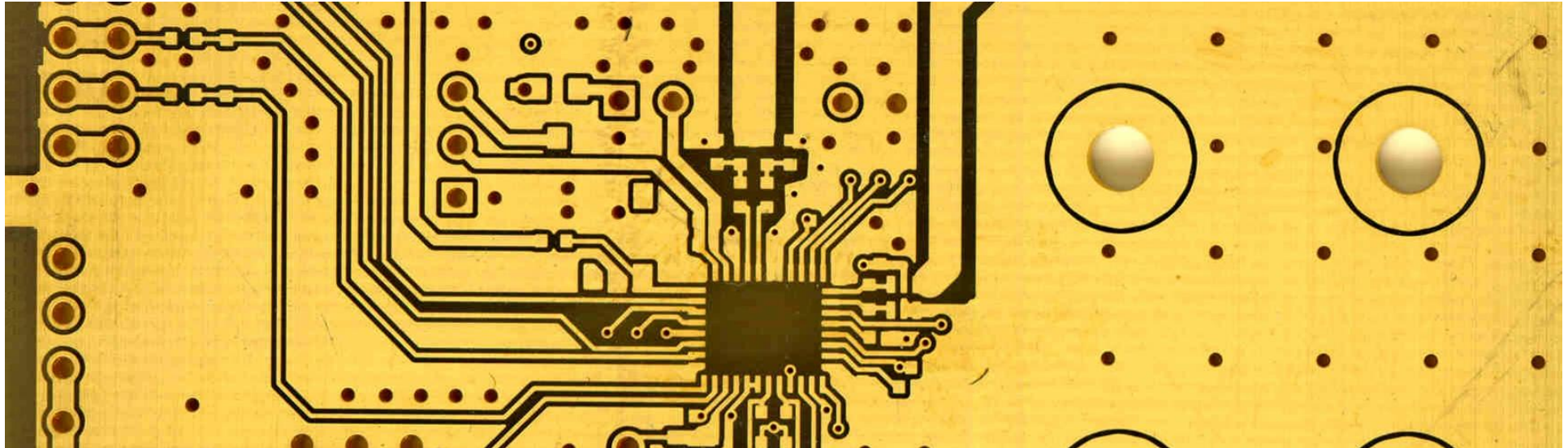
## Endoberfläche : Chemisch Zinn

2.Bezeichnung	Immersion Tin, IT, Sn
Erscheinungsbild	silberfarben, matt
Schichtdicke	Zinn 0.80-1.20µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	3 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung



## Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Palladium-Gold

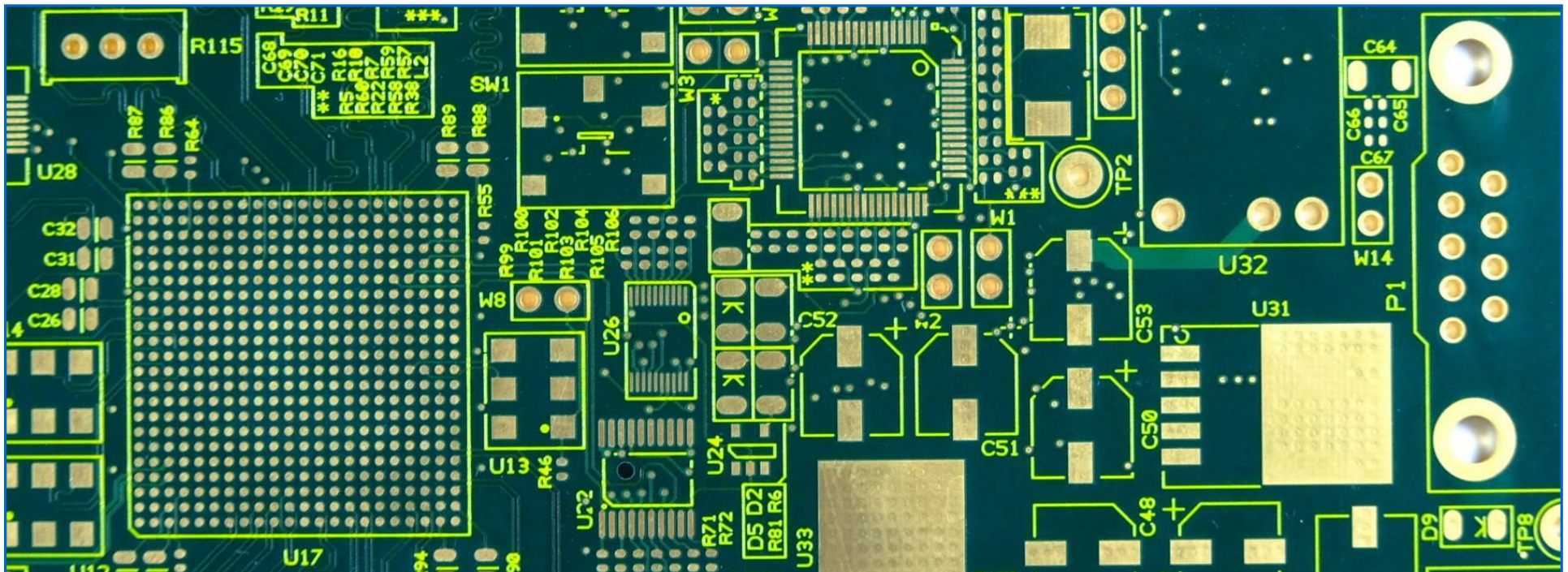
2.Bezeichnung	ENEPIG (electroless nickel electroless palladium immersion gold), NiPdAu			
Erscheinungsbild	goldfarben, matt			
Schichtdicke	Nickel	5.00-8.00 $\mu\text{m}$	5.00-8.00 $\mu\text{m}$	
	Palladium	0.05-0.10 $\mu\text{m}$	0.12-0.18 $\mu\text{m}$	
	Gold	0.02-0.04 $\mu\text{m}$	0.04-0.06 $\mu\text{m}$	
Oberflächenstruktur	plan, mittelhart	Die Goldbeschichtung ist mit unterschiedlichen Dicken verfügbar		
Verarbeitbarkeit	12 Monate			
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD	<input checked="" type="checkbox"/> Finepitch	<input checked="" type="checkbox"/> BGA	<input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung			





# Endoberfläche : Chemisch-Palladium-Gold

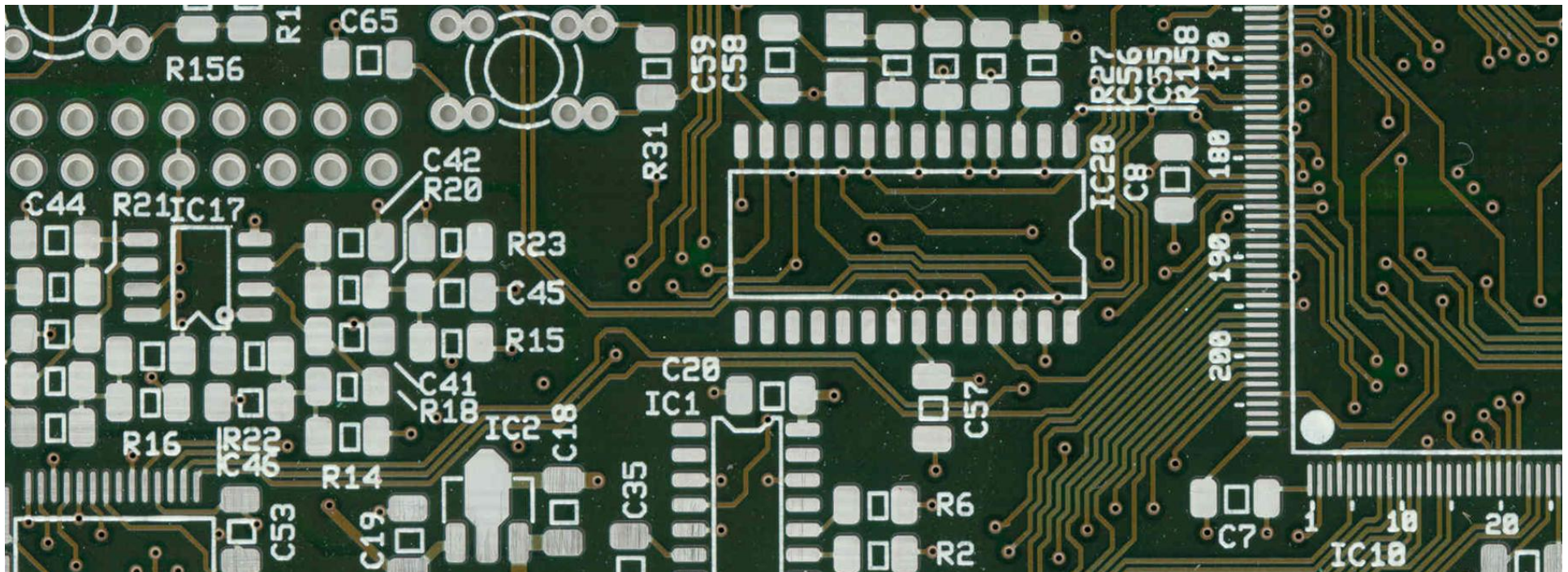
2.Bezeichnung	Immersion Palladium-Gold, PdAu		
Erscheinungsbild	goldfarben, matt		
Schichtdicke	Palladium-Phosphor	0.01-1.00µm	
	Gold	0.05-0.06µm	
Oberflächenstruktur	plan, weich		
Verarbeitbarkeit	12 Monate		
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD	<input checked="" type="checkbox"/> Finepitch	<input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung		





## Endoberfläche : Chemisch-Silber

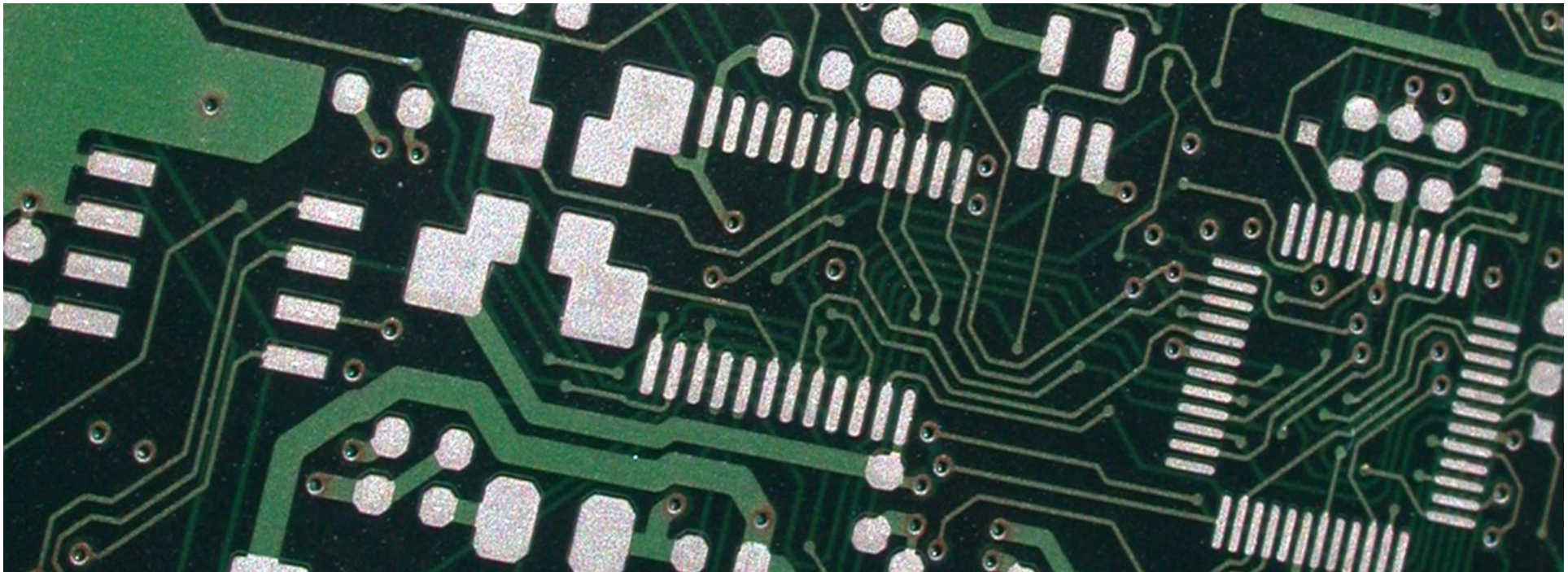
2.Bezeichnung	Immersion Silver, Ag
Erscheinungsbild	grau-silberfarben, matt
Schichtdicke	Silber 0.15-0.45µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung, Einpressen





## Endoberfläche : Chemisch-Silber-Gold

2.Bezeichnung	ASIG (autocatalytic silver immersion gold), AgAu
Erscheinungsbild	grau-silberfarben, matt
Schichtdicke	Silber 0.13-0.25µm Gold 0.02-0.03µm
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung, Einpressen





# *Lötverbindungen*

---





# Lote

## Legierungen

Lote sind metallische Legierungen, deren Kombinationen sehr vielfältig sein können. Im europäischen Umfeld sind üblicherweise Legierungen aus Zinn (Sn), Silber (Ag) und Kupfer (Cu) im Einsatz.

Typisch sind die **Lote SAC305** (96.5% Zinn, 3.0% Silber, 0.5% Kupfer) oder **SAC105** (98.5% Zinn, 1.0% Silber, 0.5% Kupfer). In Fernost können andere Lotlegierungen zum Einsatz kommen.

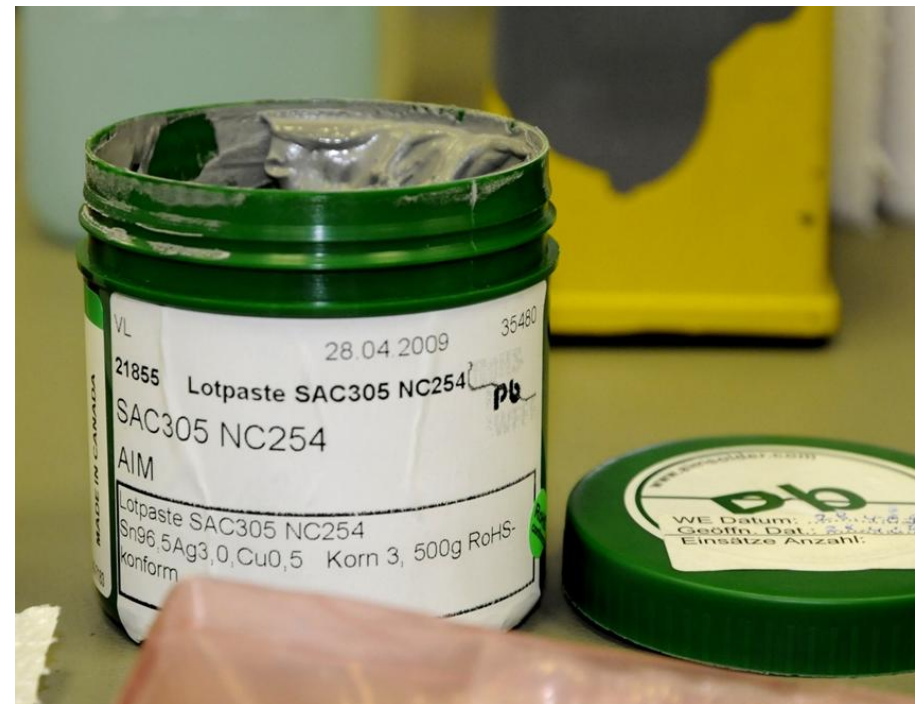
Lote für SMD-Baugruppen bestehen im Wesentlichen aus einer Metalllegierung und einem klebrigen Fluxer.

Der **Fluxer** katalysiert den Lötmechanismus und verhindert vor allem die Oxidation der Lötverbindung im Moment des Aufschmelzens.

Der klebrige Fluxer fixiert die Komponente nach dem Bestücken auf der Leiterplatte.

Lotpaste SAC305

Bildquelle Rainer Taube

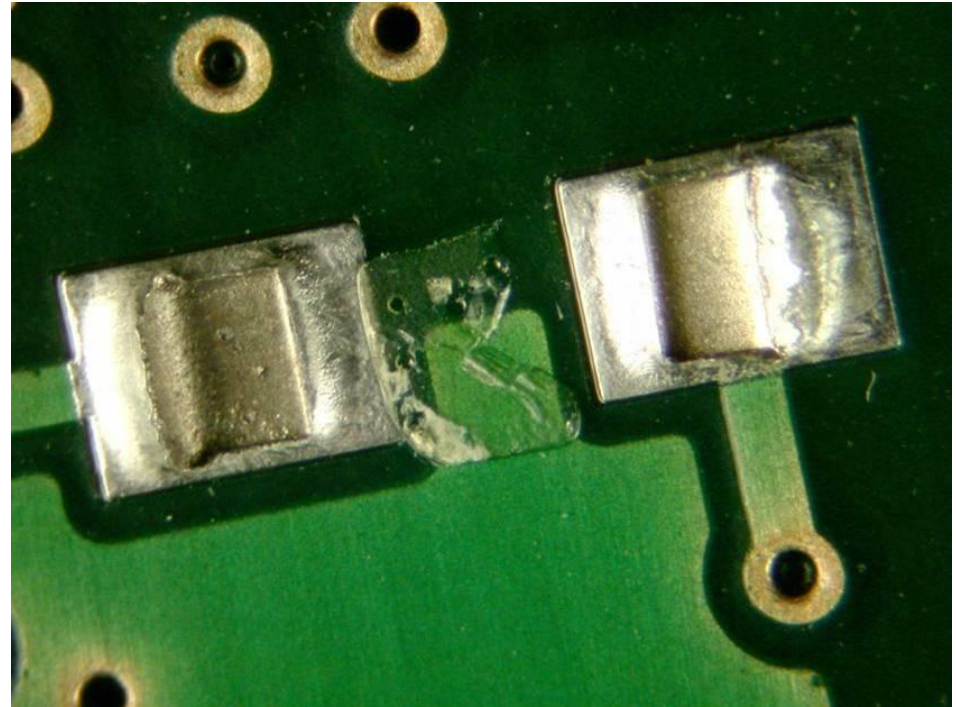
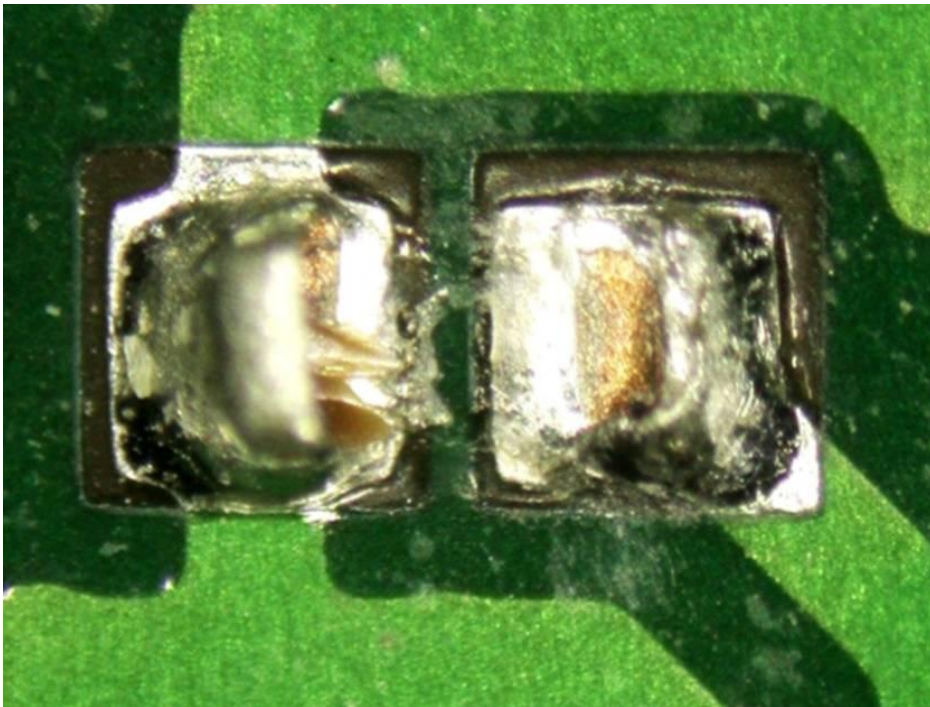


## Metallische Bauteilkontakte

Die Anschlußkontakte vieler elektromechanischer Bauteile (...Dioden, Kondensatoren, Widerstände, ICs, Stecker, Buchsen) sind mit Zinn beschichtet, damit die Lötverbindung zuverlässig entstehen kann. Alternative Anschlußkontakte sind eine Vergoldung (...Quarze, Hochleistungs-LEDs) oder Kupfer (...BTCs).

Bestehen Anschlußkontakte aus Metallen, die das Lot nicht annehmen, oder die verschmutzt oder oxidiert sind, dann entstehen instabile Lötverbindungen. Die Bauteile können bei Erschütterung abfallen.

Instabile Lötverbindung





***Impedanz***

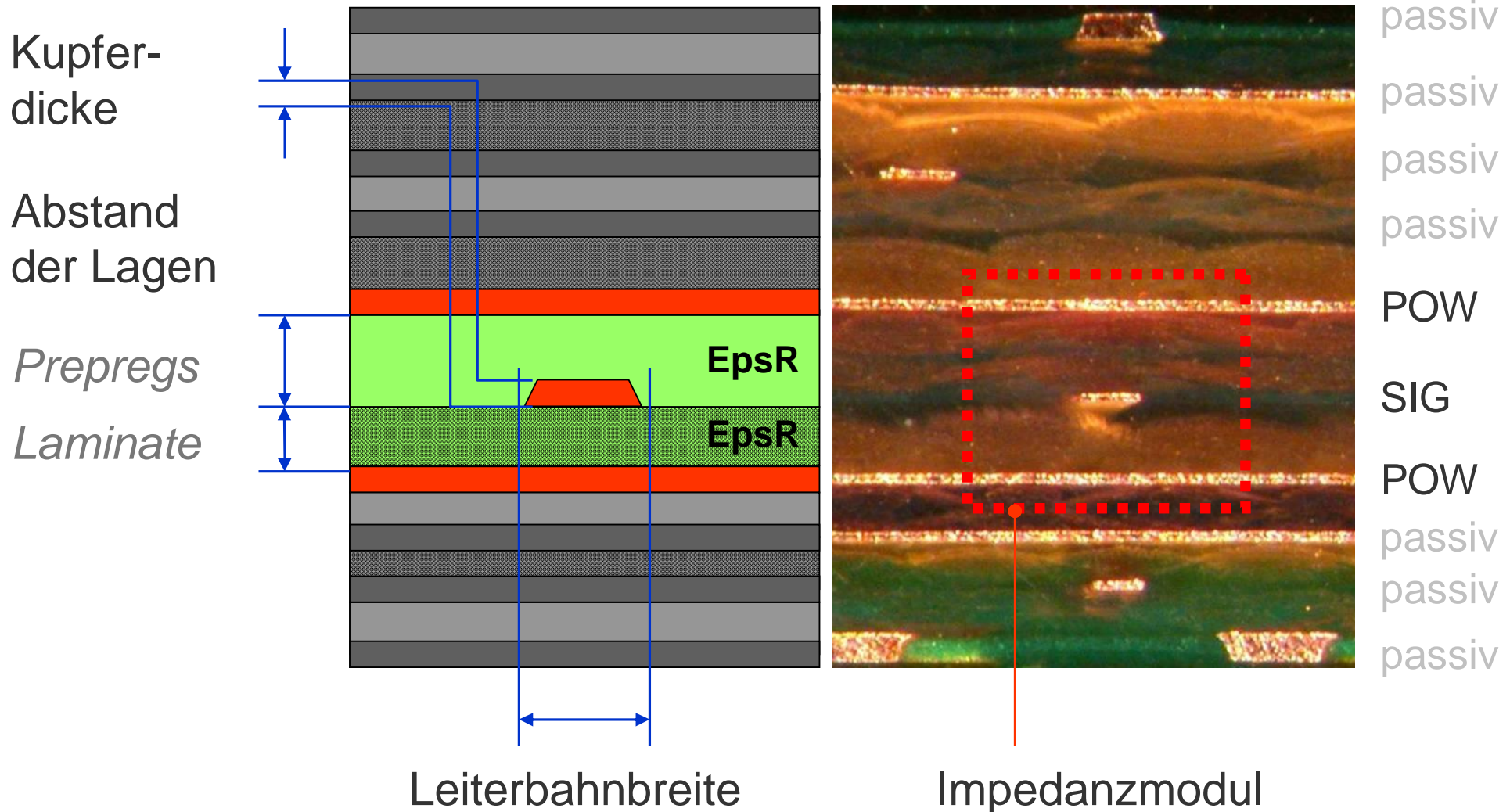
---





# Impedanzmodul „Single Ended Stripline“ : Geometrien

Die Funktion und die Qualität eines Impedanzmoduls werden durch die Leiterbahnbreite, die Kupferdicke, den Lagenabstand und den Epsilon-R-Wert des Basismaterials festgelegt. Materialien und Layer außerhalb des jeweiligen Impedanzmoduls sind passiv und bleiben ohne Einfluß.

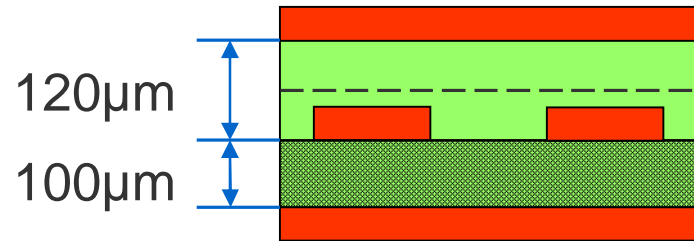




# Impedanzmodul : Differential Stripline

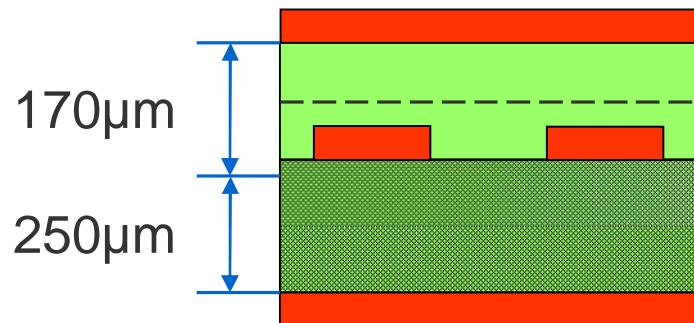
Konfektionierte Moduln vom Typ "Differential Stripline".

Material FR4 Tg135  
 Epsilon-R 4.3  
 Prepregs 2 x 1080 SR



Leiter- breite	Leiter- abstand	Kupferdicke		
		5µm	17µm	35µm
300µm	100µm	46.6 Ω	43.1 Ω	38.4 Ω
300µm	200µm	48.7 Ω	45.3 Ω	40.7 Ω
200µm	100µm	60.8 Ω	55.6 Ω	49.1 Ω
200µm	200µm	64.3 Ω	59.4 Ω	53.0 Ω
100µm	100µm	87.8 Ω	78.7 Ω	68.4 Ω
100µm	150µm	92.8 Ω	83.4 Ω	73.6 Ω

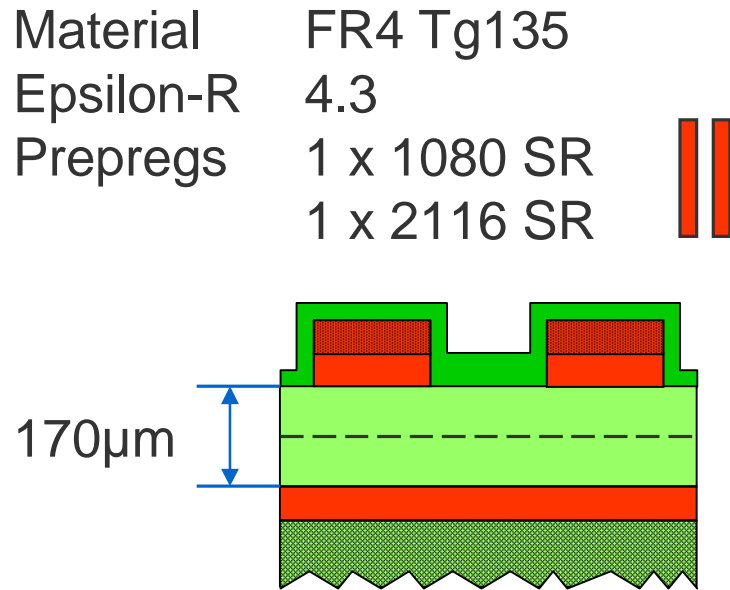
Material FR4 Tg135  
 Epsilon-R 4.3  
 Prepregs 1 x 1080 SR  
 1 x 2116 SR



Leiter- breite	Leiter- abstand	Kupferdicke		
		5µm	17µm	35µm
300µm	100µm	63.7 Ω	58.9 Ω	53.0 Ω
300µm	200µm	70.4 Ω	65.9 Ω	60.0 Ω
200µm	100µm	77.3 Ω	71.0 Ω	63.4 Ω
200µm	200µm	87.3 Ω	81.2 Ω	73.6 Ω
100µm	100µm	101.2 Ω	91.2 Ω	80.2 Ω
100µm	150µm	111.1 Ω	101.2 Ω	90.1 Ω

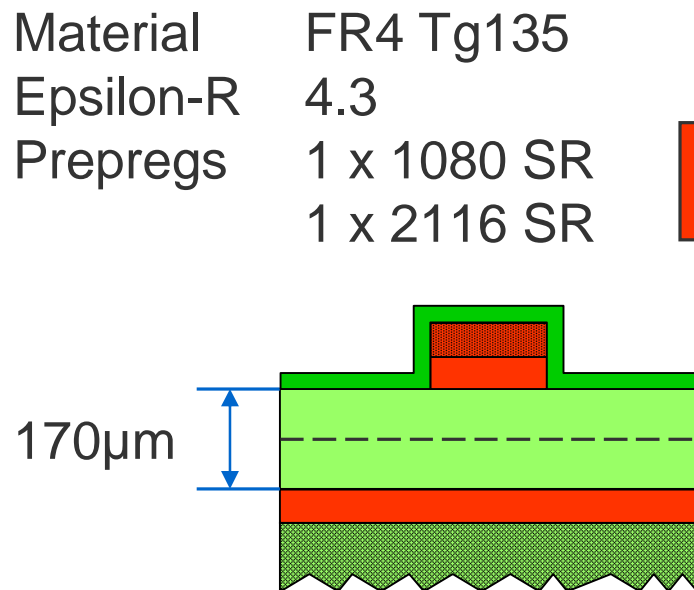


# Impedanzmodul : Surface Coated Microstrip



## Differential Surface Coated Microstrip

Leiterbreite	Leiterabstand	Kupferdicke (incl. DK)		
		30µm	42µm	60µm
300µm	100µm	69.6 Ω	67.1 Ω	64.0 Ω
300µm	200µm	81.1 Ω	79.1 Ω	76.7 Ω
200µm	100µm	81.4 Ω	78.0 Ω	73.8 Ω
200µm	200µm	97.1 Ω	94.3 Ω	90.8 Ω
100µm	100µm	100.3 Ω	95.1 Ω	88.7 Ω
100µm	150µm	114.5 Ω	109.6 Ω	103.6 Ω



## Single Ended Surface Coated Microstrip

Leiterbreite	Kupferdicke (incl. DK)		
	30µm	42µm	60µm
300µm	47.5 Ω	46.8 Ω	46.0 Ω
250µm	52.1 Ω	51.3 Ω	50.4 Ω
200µm	57.8 Ω	56.8 Ω	55.6 Ω
150µm	65.1 Ω	63.9 Ω	62.3 Ω
125µm	69.7 Ω	68.3 Ω	66.4 Ω
100µm	75.2 Ω	73.4 Ω	71.2 Ω



# Impedanzmodul : Single Ended Coated Microstrip

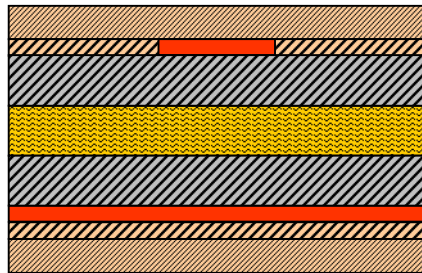
## Beispiel (Impedanz : Single Ended Coated Microstrip)

Ein 75 $\mu\text{m}$ -Polyimidmaterial ( $\sim 1 \times 25\mu\text{m}$  Kapton plus 2x 25 $\mu\text{m}$  Acrylkleber) hat eine doppelseitige Abdeckung mit einem 25 $\mu\text{m}$ -Coverlay ( $\sim 12.7\mu\text{m}$  Kapton plus 12.7 $\mu\text{m}$  Acrylkleber).

Bei einer Leiterbahnbreite von 140 $\mu\text{m}$  und einer Kupferdicke von 17 $\mu\text{m}$  ergibt sich eine rechnerische Impedanz von 50.0  $\Omega$ .

Material Polyimid+Acryl  
 Typ FR8515  
 Epsilon-R  $\sim 3.5$  effektiv  
 Coverlay Polyimid

25 $\mu\text{m}$  Coverlay  
 25 $\mu\text{m}$  Acryl  
 25 $\mu\text{m}$  Polyimid  
 25 $\mu\text{m}$  Acryl  
 25 $\mu\text{m}$  Coverlay



Leiterbreite	Kupferdicke		
	5 $\mu\text{m}$	17 $\mu\text{m}$	35 $\mu\text{m}$
300 $\mu\text{m}$	32.6 $\Omega$	32.1 $\Omega$	31.2 $\Omega$
200 $\mu\text{m}$	42.6 $\Omega$	41.7 $\Omega$	40.0 $\Omega$
150 $\mu\text{m}$	50.5 $\Omega$	49.1 $\Omega$	46.8 $\Omega$
120 $\mu\text{m}$	57.0 $\Omega$	55.2 $\Omega$	52.2 $\Omega$
100 $\mu\text{m}$	62.5 $\Omega$	60.3 $\Omega$	
80 $\mu\text{m}$	69.2 $\Omega$		

**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.





# *Signalgeschwindigkeit*

---





# Signalgeschwindigkeit : Physik und Leiterplattentechnologie

## Hinweis (Signalgeschwindigkeit)

Die Signalgeschwindigkeit ist abhängig von den dielektrischen Eigenschaften des Basismaterials.

## Definition (Signalgeschwindigkeit)

Für die Signalgeschwindigkeit  $v_{(\text{sig})}$  gilt :

$$v_{(\text{sig})} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

## Hinweis (Permittivität)

Die Variable "c" (...vom lateinischen *celeritas*) steht für die *Ausbreitungsgeschwindigkeit* elektromagnetischer Wellen und hat im Vakuum einen Wert von  $3 \cdot 10^{11} \text{ mm/s} \sim 3 \cdot 10^2 \text{ mm/ns} \sim 30 \text{ cm/ns}$ .

Mit der Variablen " $\epsilon_r$ " wird die *relative Dielektrizitätskonstante* oder auch die *relative Permittivität* (...vom lateinischen *permittere* ~ durchlassen) des Basismaterials bezeichnet.

Die *Speicherkapazität* eines Basismaterials ist direkt proportional zu seiner relativen Permittivität.



# 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.

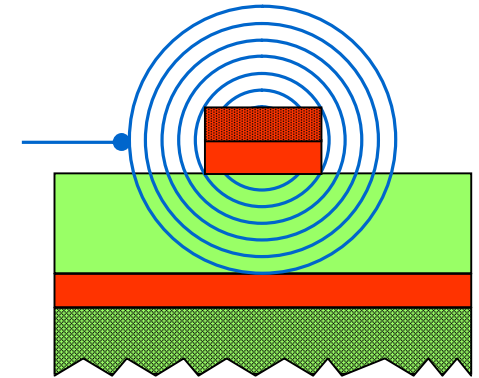
Die relative Permittivität muß sich an der effektiven Permittivität bzw. der effektiven Dielektrizitätseigenschaft orientieren, die sich aus den Geometrien der Lagenaufbaumoduln ergibt.

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

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

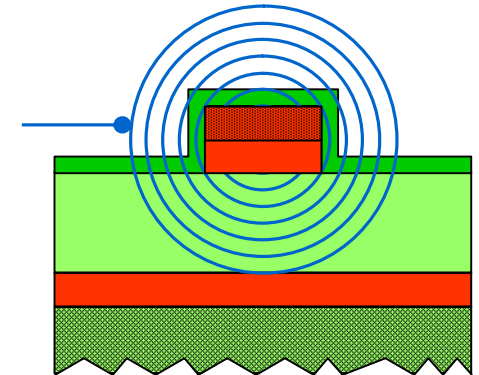
$$17.96 \quad [\text{cm/ns}]$$

$$\epsilon_{r_{\text{eff}}} = 2.8$$



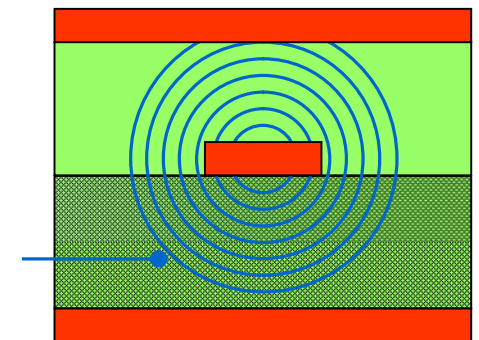
$$\epsilon_{r_{\text{eff}}} = 3.8$$

$$15.38 \quad [\text{cm/ns}]$$



$$\epsilon_{r_{\text{eff}}} = 4.1$$

$$14.85 \quad [\text{cm/ns}]$$



# 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 sowie Coverlay und Polyimid der Fa. DuPont.

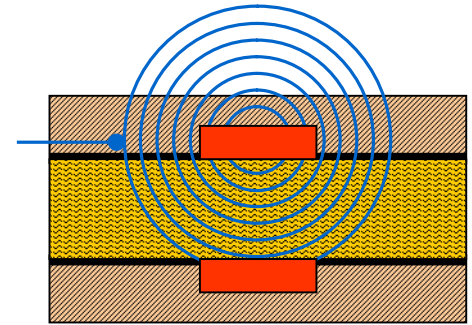
Die relative Permittivität orientiert sich an den dielektrischen Eigenschaften vom FR4, Polyimid und Coverlay.

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

$$\begin{aligned}V_{\text{sig (FR4)}} &= \frac{30}{\sqrt{3.8}} \quad [\text{cm/ns}] \\ &= \frac{30}{1.95} \quad [\text{cm/ns}] \\ &= \underline{15.38} \quad [\text{cm/ns}]\end{aligned}$$

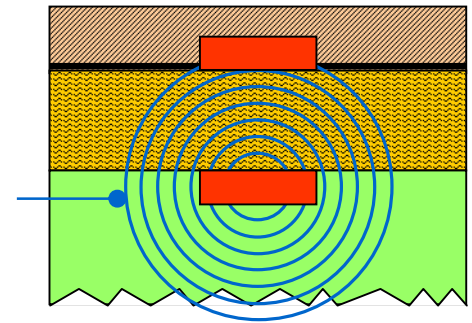
$$16.02 \quad [\text{cm/ns}]$$

$$\epsilon_{r_{\text{eff}}} = 3.5$$



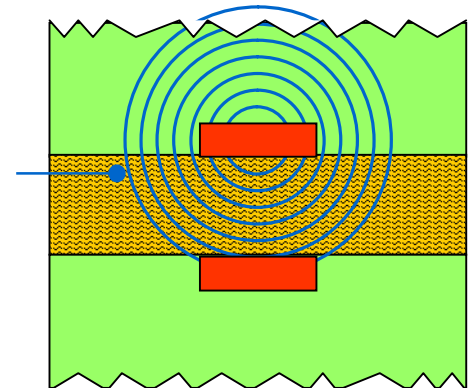
$$\epsilon_{r_{\text{eff}}} = 3.8$$

$$15.38 \quad [\text{cm/ns}]$$



$$\epsilon_{r_{\text{eff}}} = 3.8$$

$$15.38 \quad [\text{cm/ns}]$$



## Propagation Delay

Wenn ein Signal auf einer Leiterbahn (~ Transmission Line) übertragen werden soll, dann muß der Einfluß des Basismaterials beachtet werden.

Epsilon-R	[cm/ns]	[ns/cm]	Hersteller / Materialbeispiel
1.00	29.98	0.0334	unbekannt / Luft
2.20	20.21	0.0495	Rogers / D5880
2.94	17.46	0.0573	Rogers / D6002
3.68	15.63	0.0640	Rogers / Ro4350
4.10	14.81	0.0675	NanYa / NP-155f (~ FR4)
4.40	14.29	0.0700	Isola / Duraver P97 (~ PD)
4.40	14.29	0.0700	Isola / Duraver 114 (~ FR4)
6.20	12.04	0.0831	Rogers / TMM6
10.00	9.48	0.1055	Rogers / TMM10i

**Beispiel** Bei einer Permittivität (~ Epsilon-R) von 4.1 legt ein Signal in 1 ns eine Weglänge von 14.81 cm zurück.

Für eine Weglänge von 1 cm benötigt ein Signal 0.0675 ns.







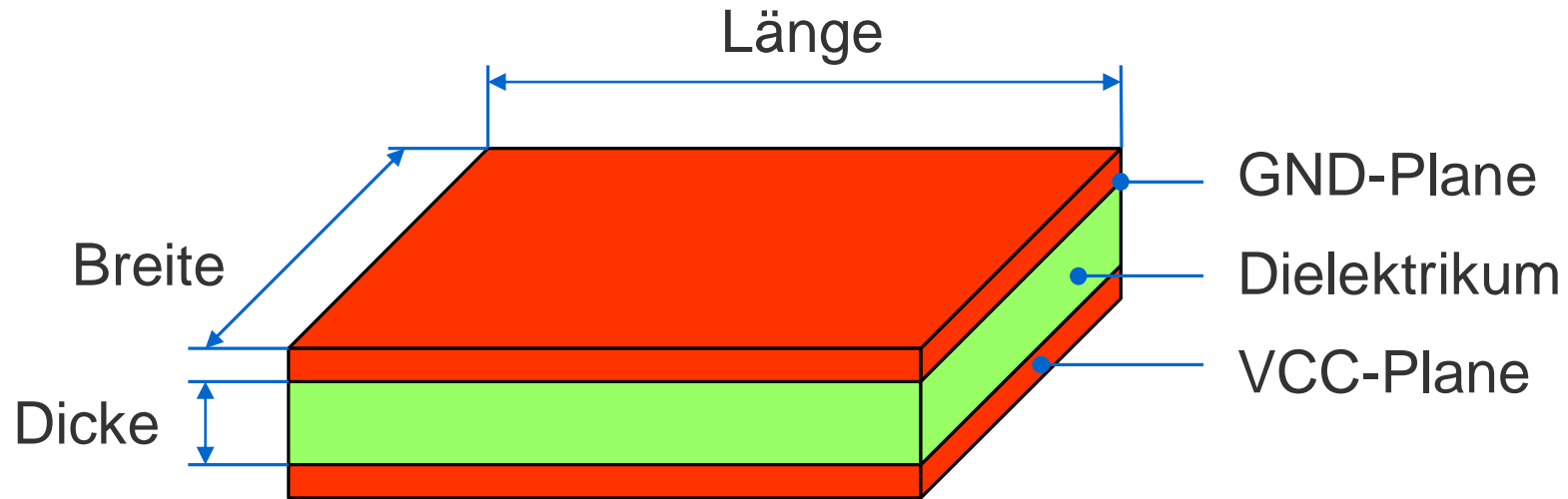
# *Kapazitive Stromversorgung*

---



## Kapazität zwischen Powerplanes

Die kapazitiven Eigenschaften von VCC- und GND-Powerplanes werden vornehmlich durch die Größe der Potentialflächen und ihren Abstand zueinander bestimmt.



$\epsilon_0$  ist die *Elektrische Feldkonstante* mit  $8.854 \cdot 10^{-12} \left[ \frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$

$\epsilon_r$  ist das *effektive Dielektrikum* des Basismaterials.

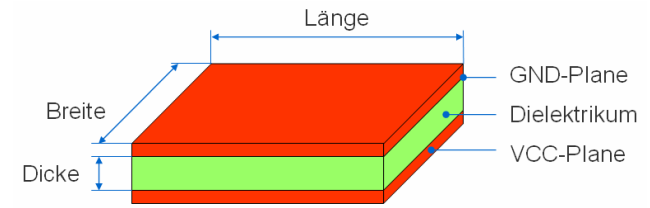
Die **Berechnung der Flächenkapazität C** ergibt sich aus dem Ansatz :

$$C = \epsilon_0 \left[ \frac{\text{F}}{\text{m}} \right] \cdot \epsilon_r \cdot \frac{\text{Länge} \cdot \text{Breite} \left[ \text{mm}^2 \right]}{\text{Dicke} \left[ \mu\text{m} \right]}$$



# Kapazität zwischen Powerplanes

**Regel** (Einheit der Flächenkapazität)



Für die Berechnung der Flächenkapazität läßt sich die Formel vereinfachen. Für die Ermittlung der Einheit ergibt sich :

$$\left[ \frac{10^{-12} \cdot \text{F} \cdot \text{mm}^2}{\text{m} \cdot \mu\text{m}} \right] = \left[ \frac{10^{-12} \cdot \text{F} \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\text{m} \cdot 10^{-6} \text{ m}} \right] = 1 \text{ [pF]} = \underline{\underline{0.001 \text{ [nF]}}}$$

Wenn die Größe der Fläche in Millimeter und die Dicke des Dielektrikums in Mikrometer eingegeben wird, dann ist die Flächenkapazität C :

$$C = 8.854 \cdot \text{Dielektrikum} \cdot \frac{\text{Länge} \cdot \text{Breite} \cdot 0.001}{\text{Dicke}} \text{ [nF]}$$

*Länge und Breite der Powerplane in mm*

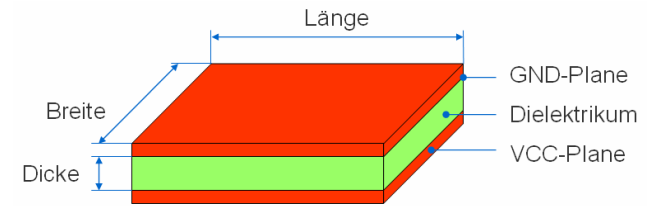
*Effektives Dielektrikum des Materials zwischen den Powerplanes*

*Dicke des Dielektrikums in μm*



# Kapazität zwischen Powerplanes

Für die Berechnung der realen Flächenkapazität auf der Powerplane eines Multilayers muß der Faktor  $(C_u)$  in dem Ansatz für die Berechnung der idealen Flächenkapazität ergänzt werden.



**Regel** (Reale Flächenkapazität)

$$C = 8.854 \cdot \text{Dielektrikum} \cdot \text{Faktor}_{(C_u)} \cdot \frac{\text{Länge} \cdot \text{Breite} \cdot 0.001}{\text{Dicke}} \quad [\text{nF}]$$

**Beispiel** (Reale Flächenkapazität)

Gegeben sind folgende Werte.

4.4 ist das effektive  $\epsilon_r$  des Dielektrikums

90 % ist die reale Belegung der Powerplane mit Kupfer

60  $\mu\text{m}$  ist die Dicke des Dielektrikums zwischen VCC und GND

120 x 180 mm sind die Länge und Breite der Powerplane

Dann ist die reale Flächenkapazität :

$$C = 8.854 \cdot 4.4 \cdot 0.9 \cdot \frac{120 \cdot 180 \cdot 0.001}{60} = 12.622 \quad [\text{nF}]$$







## ***Fazit***

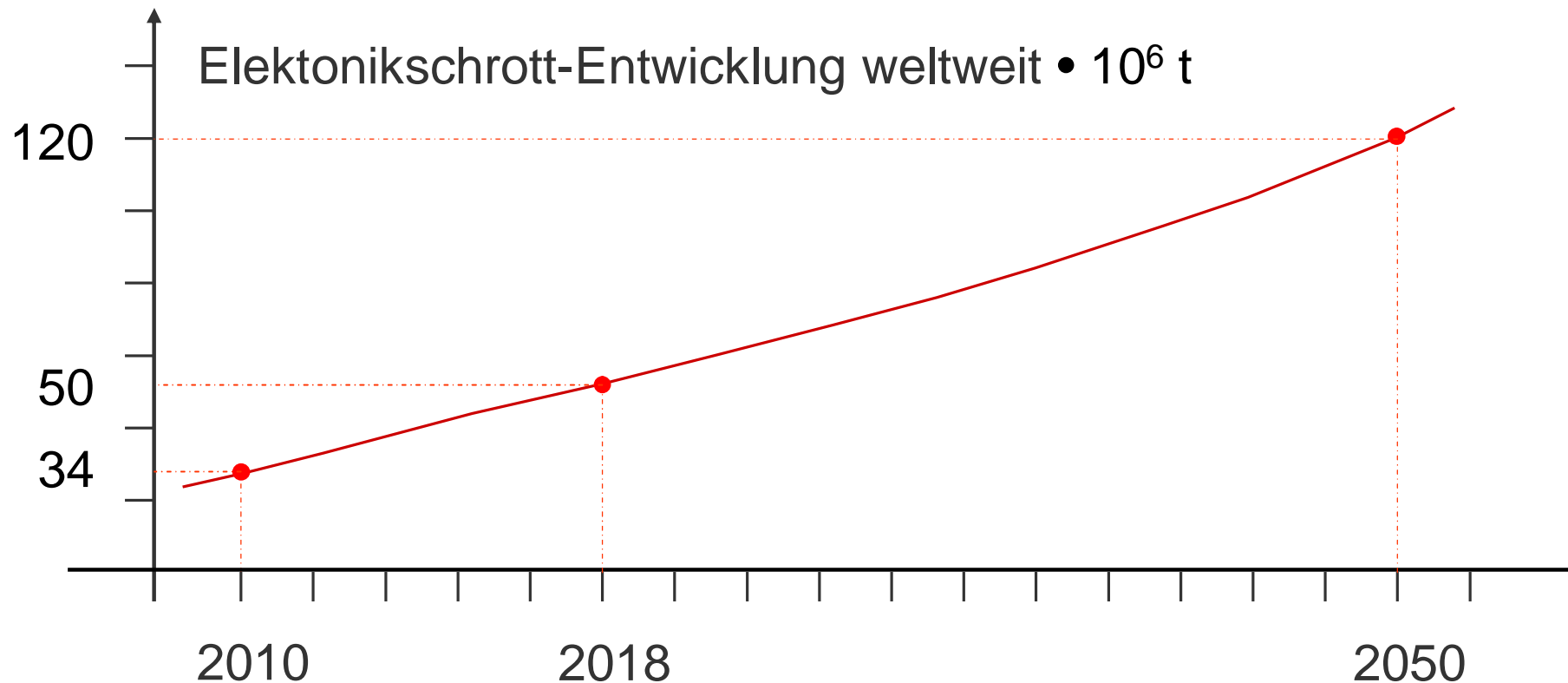
---

## Elektronikschrottentwicklung

Die Entwicklung und die Produktion elektronischer Baugruppen muß in den kommenden Jahren kontinuierlich zunehmen. Das betrifft nicht nur bestehende Produkte sondern auch Neuentwicklungen in bisher nicht integrierten Industriebereichen, klassisch ist die eMobilität.

Für das Jahr 2018 wurden weltweit 50 Millionen Tonnen Schrott "produziert" und "strategisch" weltweit verteilt.

*Aber : Ein weltweites brauchbares Recyclingkonzept fehlt noch.*



Referenz : UN Internet via statista.com 04'2023

## Fazit

Bisher waren unsere wichtigsten Fachbegriffe signal integrity - power integrity - Impedanz - Kapazität - Dielektrikum und vieles mehr.

Wir lernen dazu : Molekül - Monomer - Oligomer - Isomer - Polymer und vieles mehr.

Die Antwort auf "Physik ODER Chemie" ? kann nur sein :  
"Physik UND Chemie" !

**Alles wird wenigstens "besser", wenn nicht sogar "gut", wenn wir die Chemie als unseren Partner akzeptieren.**



## Referentinnen und Referenten

Dr. Johannes Adam  
Hüseyin Anac  
Elke Bojarski  
Dirk Deiters  
Uwe Dörr  
David Dudek  
Gerhard Eigelsreiter  
Christop Garlichs  
Andreas Kraus  
Prof. Dr. Thomas Klindt  
Uwe Maaß  
Axel Meyer  
Thomas Mückl  
Dirk Müller  
Prof. Dr. Felix Müller-Gliesmann  
Rüdiger Pauls  
Hermann Reischer  
Florian Roick  
Martin Sachs  
Albert Schweizer

## Referentinnen und Referenten

Matthias Sester  
Dirk Stans  
Inna Stumpf  
Landulf Skoda  
Christian Tau  
Jörg Trodler  
Markus Wölfel  
Jennifer Vincenz

## Organisation und Planung

Elisabeth Dietz  
Maria Beyer-Fistrich  
Helena Stahl  
*...so schnell ist vorbei nicht vorbei...*  
Johann Wiesböck

# Danke

**...alles Gute für Sie, und auf ein  
Wiedersehen in nächsten Jahr...**







# *Anhang* *Endoberflächen*

---



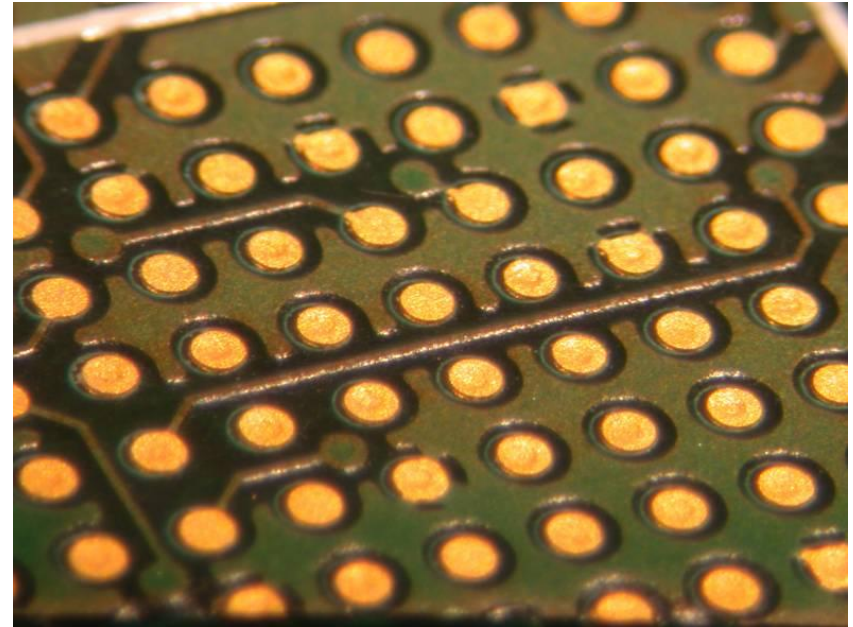
## Endoberfläche

Die Leiterplatte stellt die Verbindungen zwischen den Anschlußpins der Bauteilkomponenten her. Die Bauteile müssen mit der Oberfläche fest verbunden sein. Mögliche Verbindungstechnologien sind das Löten, das Bonden, das Kleben und das Einpressen.

Zur „Oberfläche“ zählen nicht nur SMD-Padflächen sondern auch die Restringe und die Hülsenoberfläche der THT-Bauteilbohrungen. Der galvanische Aufbau der Oberfläche beeinflusst die Strombelastbarkeit und die Qualität der Signalübertragung.

Die Endoberfläche schützt bis zum Bestücken und Löten der Leiterplatte die Lötflächen vor Korrosion.

Die Dauer des Schutzes orientiert sich am Oberflächentyp und reicht von wenigen Wochen (...OSP) bis zu einem Jahr (...HAL, chemisch Gold), eine fachgerechte Lagerung vorausgesetzt.



In den letzten Jahren ist die Anzahl wählbarer Endoberflächen auf zirka 20 angestiegen.



# Endoberfläche : Übersicht

Endoberflächen	Verbindungstechnik		
	Löten	Bonden	Kleben
■ Bleizinn	✓	✗	✗
Bondgold (chemisch)	✓	Golddraht	✓
Bondgold (galvanisch)	✓	Golddraht	✓
■ OSP	✓	✗	✗
■ Gold (chemisch) / ENIG	✓	Aluminiumdraht	✓
■ Gold (galvanisch)	✓	Aluminiumdraht	✓
■ Silber (chemisch) / ASIG	✓	Aluminiumdraht	✓
Hot-Air-Leveling (bleifrei)	✓	✗	✗
■ Hot-Air-Leveling (verbleit)	✓	✗	✗
Kupfer	✓	✗	✗
Nickel (galvanisch, chemisch)	✓	✗	✗
■ Zinn (chemisch)	✓	✗	✓

■ Empfehlenswert für SMD    ■ Nicht-RoHs-konform

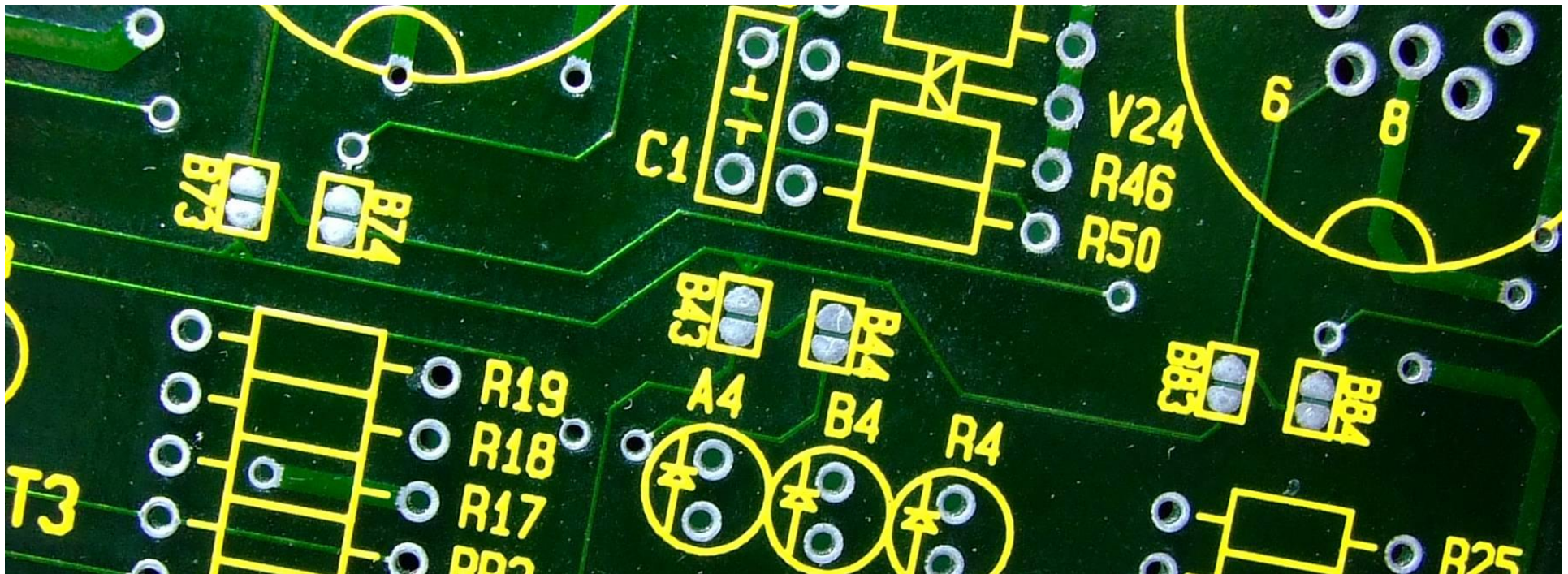
## Regel

Die Wahl der Oberfläche muß sich an der Anwendung orientieren.



## Endoberfläche : Bleizinn umschmelzen

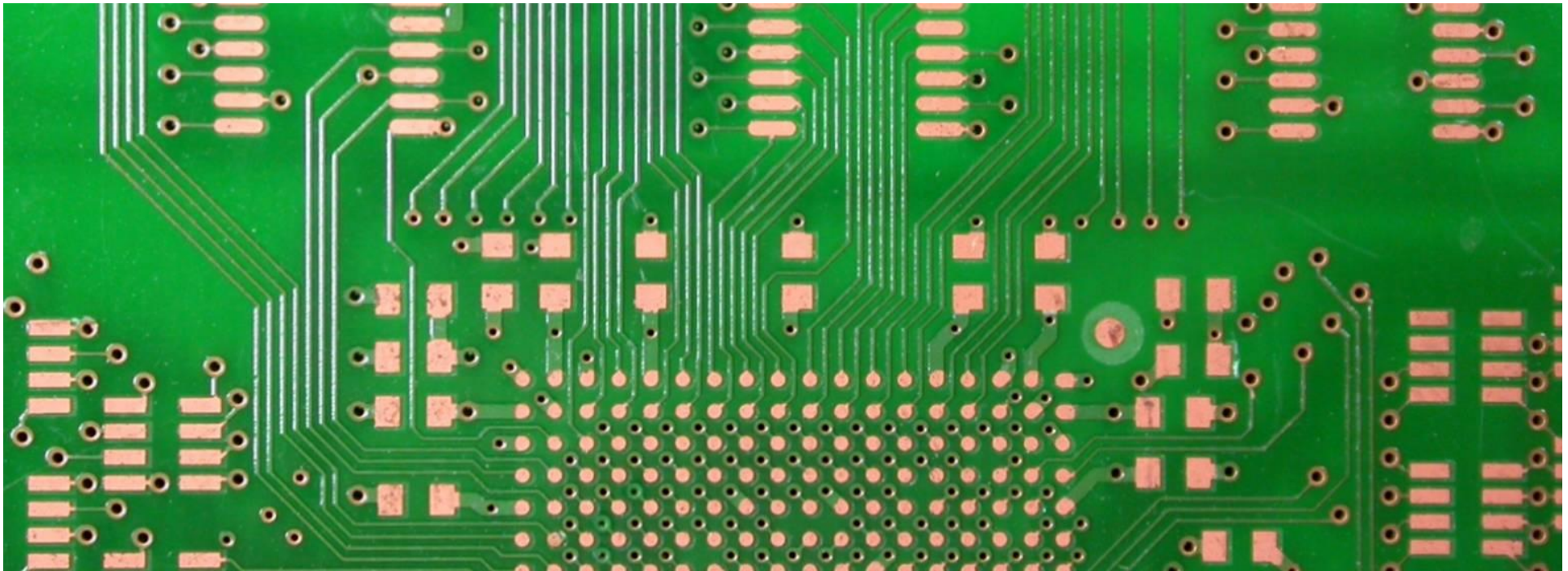
2.Bezeichnung	PbSn
Erscheinungsbild	silberfarben, glänzend, erhaben
Schichtdicke	PbSn 10.00-40.00µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	rundlich, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	...wegen des Pb-Gehaltes nicht mehr zulässig





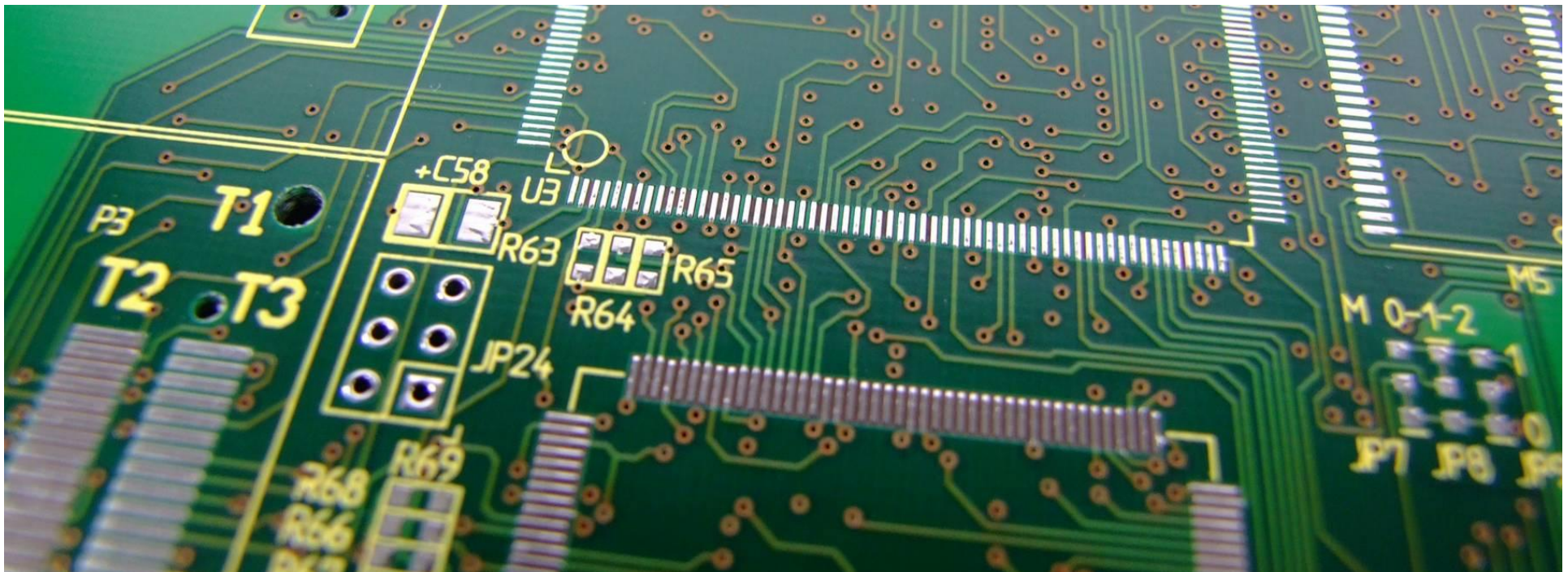
## Endoberfläche : OSP

2.Bezeichnung	Organic Surface Protection, Entec+, Gliccoat
Erscheinungsbild	kupferfarben-transparent, matt
Schichtdicke	OSP 0.20-0.50µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	4 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung



## Endoberfläche : Hot Air Leveling

2.Bezeichnung	HAL, Heißluftverzinnung, Sn
Erscheinungsbild	silberfarben, matt - leicht glänzend
Schichtdicke	Zinn 0.50-40.0µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	ungleichmäßig, uneben, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung

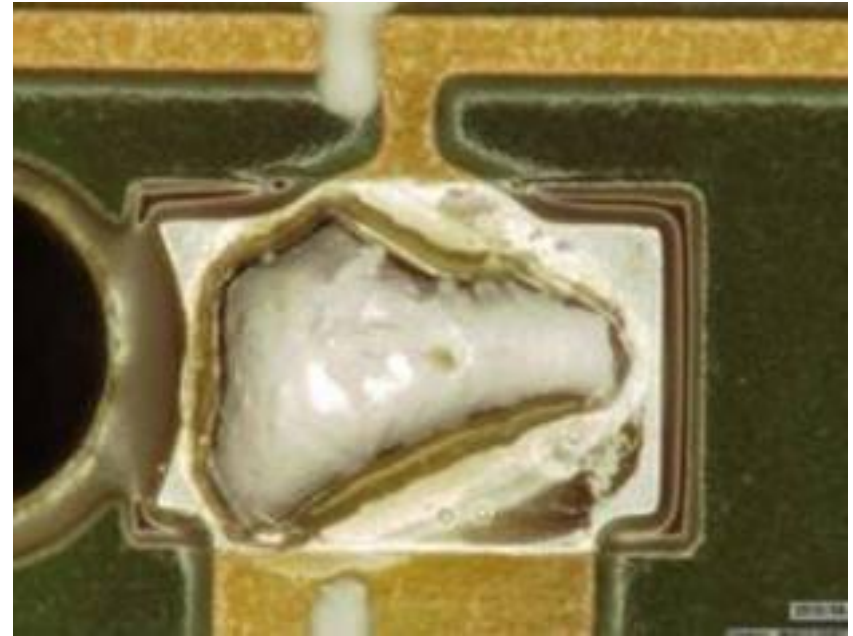




## Endoberfläche : Hot Air Leveling

### Benetzung

- ❌ Das Lot verfließt nicht gleichmäßig auf der Oberfläche der Leiterplatte. Ursache kann ein nicht geeignetes Lot oder eine kontaminierte Leiterplattenoberfläche sein oder eine zu niedrige Peaktemperatur oder eine zu kurze Lötzeit.



Bildquelle 2x Rainer Taube

### Benetzung

- ✅ Das Lot verfließt gleichmäßig auf der Lötfläche. Die IC-Anschlüsse sind an der Basis gut benetzt.
- ❌ Das Volumen der aufgetragenen Lotpaste reicht nicht aus, um an den Flanken der IC-Anschlüsse einen Lotmeniskus auszuprägen.



## Endoberfläche : Hot Air Leveling

Die Beschichtung der Leiterplattenoberfläche erfolgt mit gelöstem Zinn bei einer Temperatur von zirka 230 °C in einer vertikalen Tauchanlage oder in einer horizontalen Durchlaufanlage.

### Vorteile

HAL gilt allgemein unter Baugruppenproduzenten als eine der am besten lötbaren Oberflächen. HAL kann in der bleifreien Version („entsprechend der RoHS-Anforderung) mit einem Lot SnCu+ (Ni) verarbeitet werden.

### Nachteile

Durch das vollständige und abrupte Eintauchen der Leiterplatte ist die Temperaturbelastung der Leiterplatte enorm. Der Energieverbrauch ist hoch. Die Schichtdicke ist ungleichmäßig. Die Kantenbedeckung kann unzulässig sein. Benetzungsprobleme sind möglich. Durch das erforderliche Abblasen kann die Endoberfläche bis auf die intermetallische Phase CuSn reduziert werden.

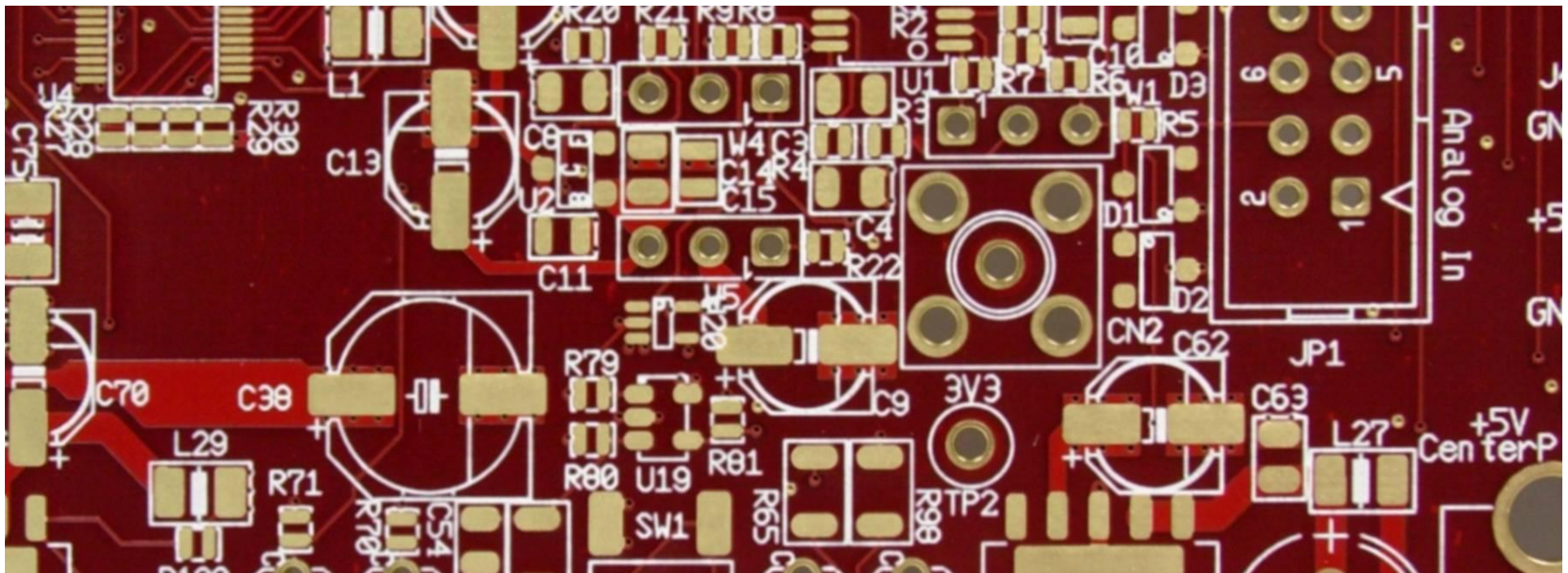
Wegen der hohen und relativ langen Temperaturbelastung ist diese Endoberfläche für flexible und starrflexible Leiterplatten ungeeignet. Das aufzubringende Lot ist zu viskos, um Viadurchmesser  $\leq 250\mu\text{m}$  noch zuverlässig zu durchfluten und die Viahülse zu schützen





## Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Gold

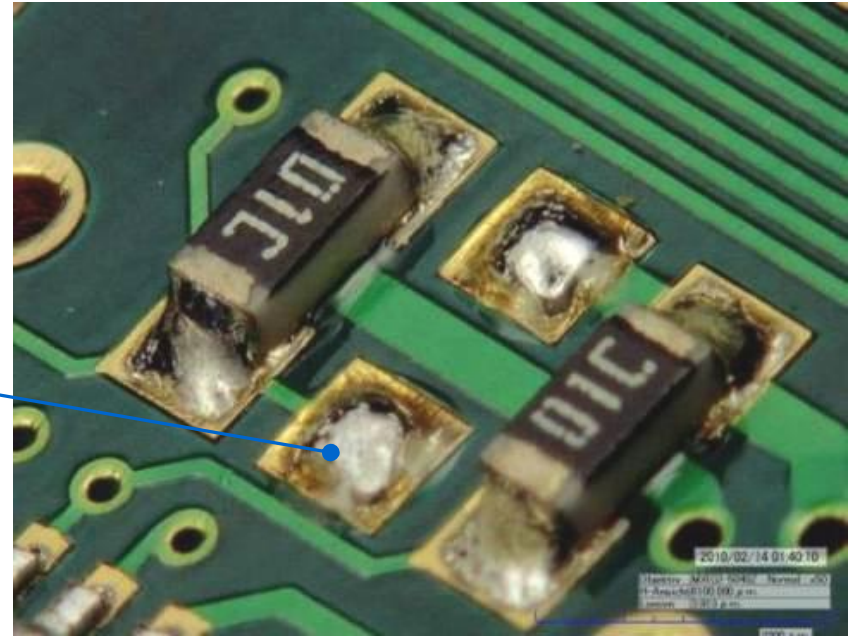
2.Bezeichnung	ENIG (electroless nickel immersion gold), NiAu			
Erscheinungsbild	goldfarben, matt			
Schichtdicke	Nickel	4.00-6.00µm	4.00-6.00µm	4.00-6.00µm
	Gold	0.05-0.06µm	0.07-0.08µm	0.09-0.12µm
Oberflächenstruktur	plan, weich	Die Goldbeschichtung ist mit unterschiedlichen Dicken verfügbar		
Verarbeitbarkeit	12 Monate			
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD	<input checked="" type="checkbox"/> Finepitch	<input checked="" type="checkbox"/> BGA	<input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung			



# Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Gold

## Benetzung

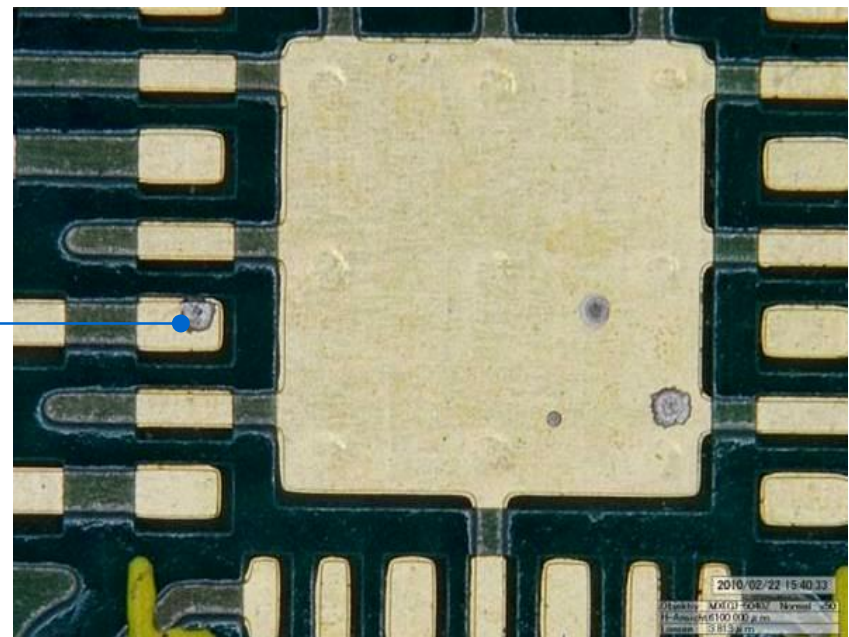
- ❌ Das Lot verfließt nicht gleichmäßig auf der Oberfläche der Leiterplatte. Ursache kann ein nicht geeignetes Lot oder eine kontaminierte Leiterplattenoberfläche sein oder eine zu niedrige Peaktemperatur oder eine zu kurze Lötzeit.



Bildquelle 2x Rainer Taube

## Oberfläche

- ❌ Die Goldoberfläche ist durch Fehlstellen massiv beschädigt. Die Abscheidung der chemischen Goldschicht ist nicht erfolgt. Eine Bestückung der Leiterplatte ist nichtzulässig.



## Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Gold

Die Nickel- und Goldbeschichtung erfolgt durch eine selbstbegrenzende atomare Austauschreaktion.

### Vorteile

ENIG hat eine gute Lagerfähigkeit von bis zu 2 Jahren und länger. Entscheidend ist die Lagerung der Leiterplatten in geeigneter Verpackung und Trockenbeuteln. Die Luftfeuchtigkeit und die Raumtemperatur sollten den Bedingungen normaler Produktionsräume genügen.

Die Oberfläche ist plan, die Schichtdicke gleichmäßig. Ein mehrfaches Löten ist möglich. ENIG empfiehlt sich damit für Baugruppen mit doppelseitiger Bestückung und inklusive Einpressen und Repair von Komponenten über die Lebenszeit (~ Life time cycle) der Baugruppe.

### Nachteile

ENIG ist relativ teuer. Das Löten erfolgt nicht auf dem Kupfer sondern auf der Sperrschicht, dem Nickel. Es besteht das Risiko des "Black Pads" und der Versprödung der Lötstelle (~ Gold Embrittlement) durch  $\text{AuSn}_2$ ,  $\text{AuSn}_4$ . Es kann zu organischen Verunreinigungen der Oberfläche kommen. Extrem schnelle Signale (~ > 7Gb/sec) können durch das Nickel im Kontaktübergang gedämpft werden.

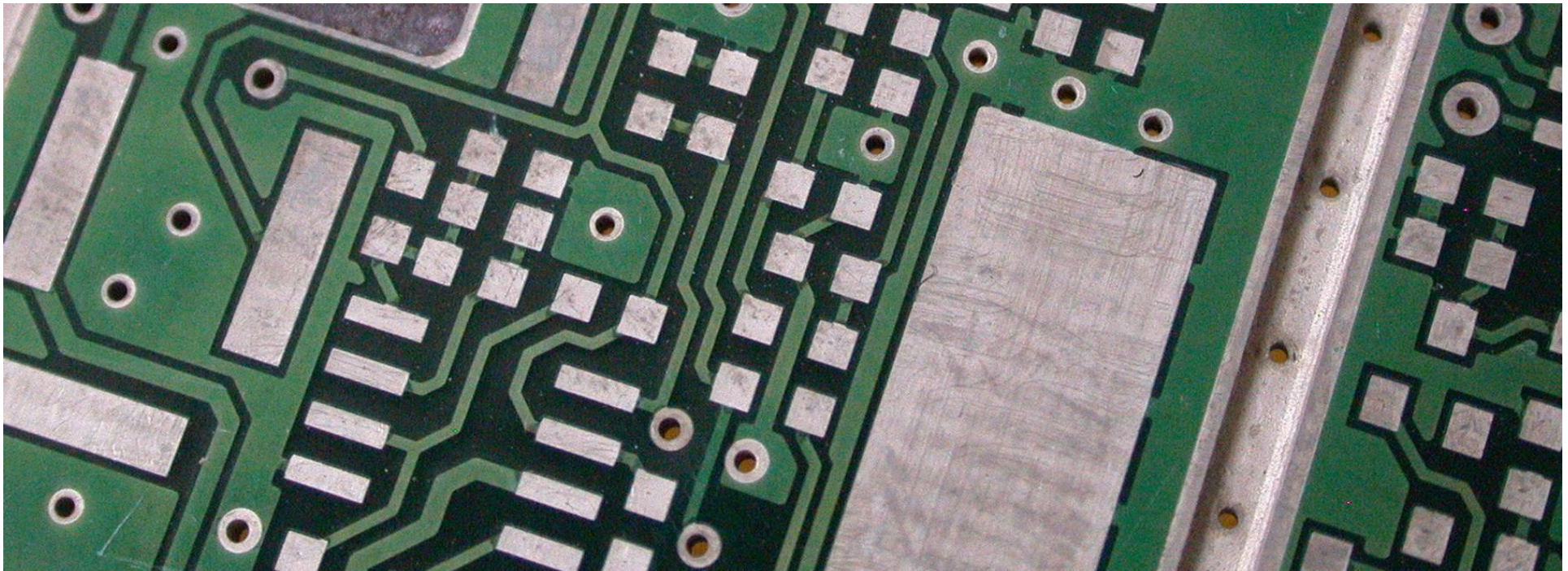
Textquelle Rainer Taube





## Endoberfläche : Chemisch Zinn

2.Bezeichnung	Immersion Tin, IT, Sn
Erscheinungsbild	silberfarben, matt
Schichtdicke	Zinn 0.80-1.20µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	3 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung





## Endoberfläche : Chemisch Zinn

### Kontamination

- ❌ Die Oberfläche erscheint fleckig. Grund kann eine Kontamination sein und/oder eine korrosive/oxidative Veränderung der Zinnschicht. Ebenfalls ist ein Niederschlag durch unsachgemäße Lagerung denkbar.

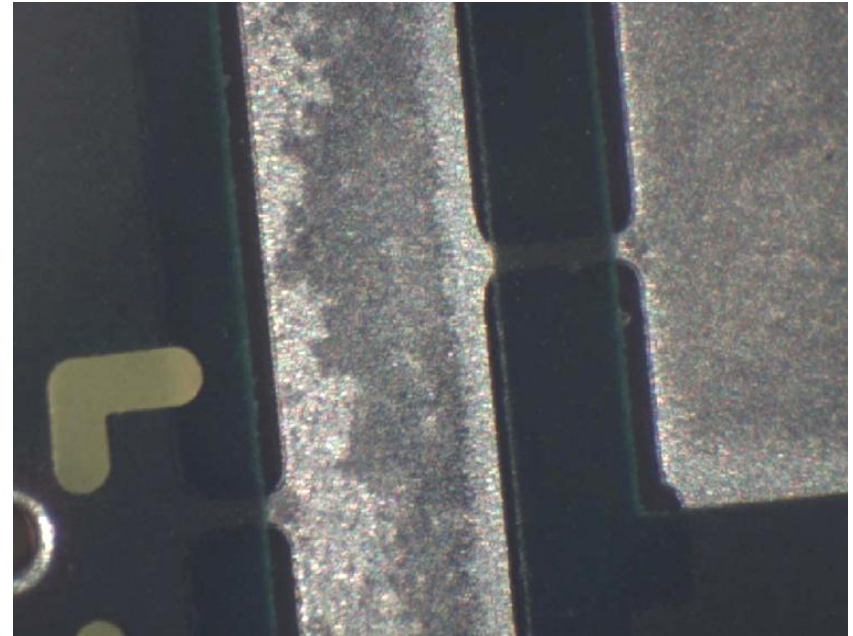


Bild Rainer Taube

### Oberfläche

- ✅ Die Oberfläche erscheint gleichmäßig. Es sind keine Flecken zu erkennen. Die Zinnschicht ist frei von mechanischen Beschädigungen (Kratzer, Eindruck von Prüfnadeln).



## Endoberfläche : Chemisch Zinn

Die Beschichtung einer Leiterplattenoberfläche mit chemisch Zinn erfolgt durch eine selbstbegrenzende atomare Austauschreaktion.

Die erforderliche Dicke der Zinnschicht sollte bei 1.0 bis 1.2 $\mu\text{m}$  liegen. Das ist u.a. abhängig von der Anzahl der vorgesehenen Lötprozesse. Die auf der Leiterplatte abgeschiedene lötbare Dicke der Zinnschicht wird durch eine intermetallische Phase reduziert. Die entscheidenden Einflußfaktoren sind dabei die Temperatur und die Zeit.

### Beispiel (Zinnreduzierung)

Bei 155 °C wird die Zinndicke in 1 Stunde um 80nm reduziert.

Bei 120 °C wird die Zinndicke in 1 Stunde um 50nm reduziert.

Bei 120 °C wird die Zinndicke in 2 Stunden um 100nm reduziert.

Jeder thermische Eintrag nach Prozessierung der Oberfläche "Chemisch Zinn" ist bereits mit Blick auf die Baugruppenproduktion zu bewerten.

Jeder Reflowlötprozeß reduziert die Reinzinnschicht um die Hälfte.

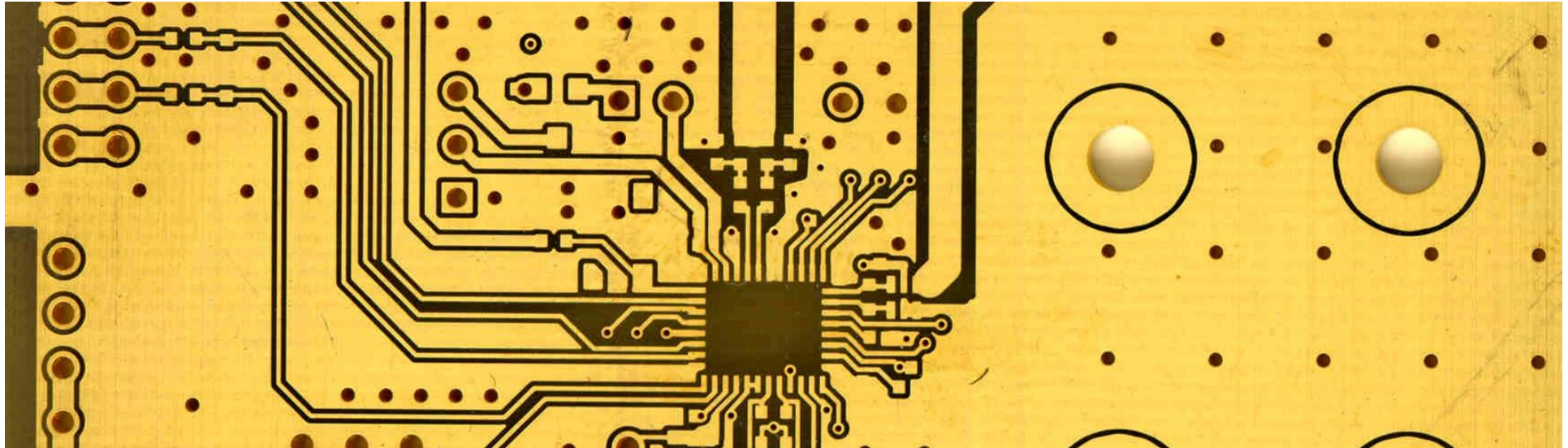
Die Lötqualität wird kritisch, wenn die Zinnschichtdicke  $< 0.3\text{nm}$  ist.

Bei Mehrfachlötungen (...inklusive Repair = 1x Auslöten und 1x Einlöten) ist chemisch Zinn deshalb keine empfehlenswerte Endoberfläche.



## Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Palladium-Gold

2.Bezeichnung	ENEPIG (electroless nickel electroless palladium immersion gold), NiPdAu			
Erscheinungsbild	goldfarben, matt			
Schichtdicke	Nickel	5.00-8.00 $\mu\text{m}$	5.00-8.00 $\mu\text{m}$	
	Palladium	0.05-0.10 $\mu\text{m}$	0.12-0.18 $\mu\text{m}$	
	Gold	0.02-0.04 $\mu\text{m}$	0.04-0.06 $\mu\text{m}$	
Oberflächenstruktur	plan, mittelhart	Die Goldbeschichtung ist mit unterschiedlichen Dicken verfügbar		
Verarbeitbarkeit	12 Monate			
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD	<input checked="" type="checkbox"/> Finepitch	<input checked="" type="checkbox"/> BGA	<input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung			



## Endoberfläche : Chemisch-Nickel-Palladium-Gold

Chemisch-Nickel-Palladium-Gold wird in einer selbstbegrenzenden atomaren Austauschreaktion aufgebracht. Die möglichen Schichtdicken liegen in einem Bereich von 20 bis 100nm Gold, bei 100 bis 500nm Palladium und bei 3 bis 6µm Nickel.

### Vorteile

Die Oberfläche hat eine sehr gute Bondfähigkeit, sowohl für Aluminium- als auch für Golddrahtbonden. Der Auftrag der Schichtdicke erfolgt sehr gleichmäßig. Die Oberfläche ist plan, auch mehrfach gut lötbar und durch das Palladium relativ hart. Kein Black-Pad-Risiko, weil das Palladium für die Nickelschicht als Oxidationsschutz wirkt. Wegen der dünnen Goldschicht kein Verspröden der Lötstelle.

### Nachteile

Durch den komplexen Aufbau der Edelmetallschichten ist die Oberfläche relativ teuer. Das Löten erfolgt auf dem Nickel. Lot(zinn) und Nickel bilden eine intermetallische Phase (NiSn). Palladium und Gold gehen dabei mit dem Lot in Lösung.

Wenig geeignet für extrem schnelle Signale > 7Gb/sec, weil das Nickel die Signalgeschwindigkeit reduziert.



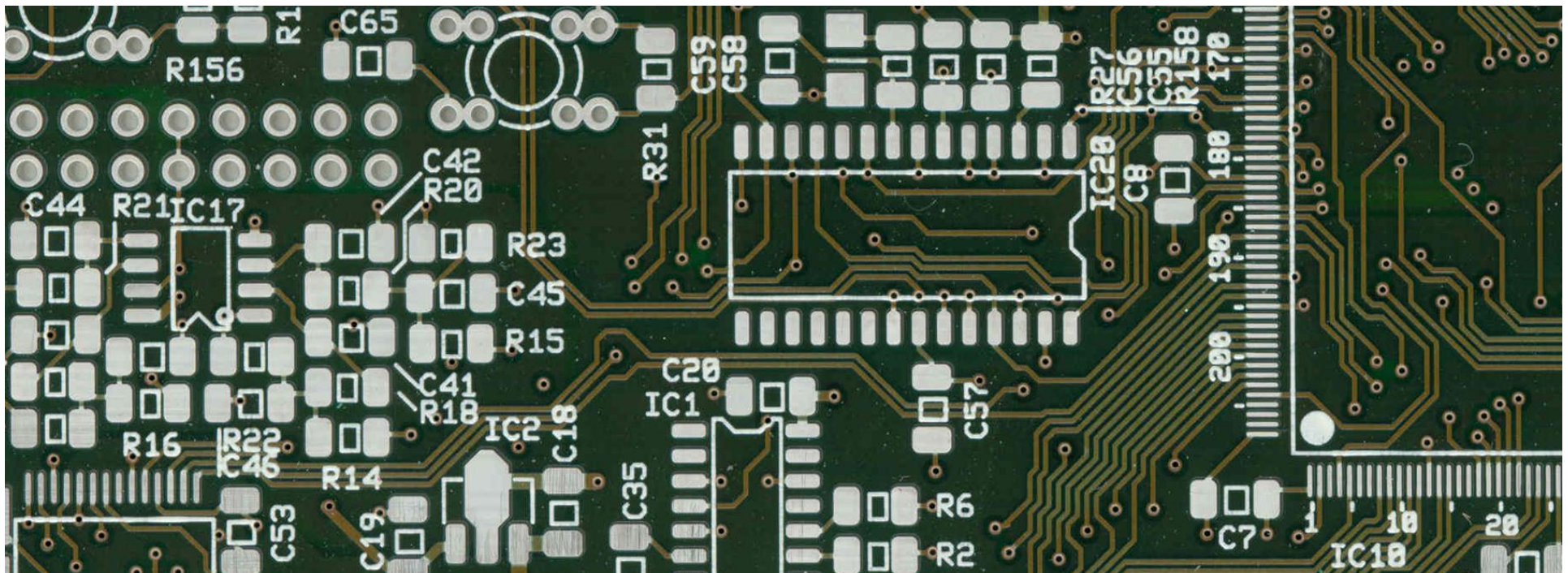






## Endoberfläche : Chemisch-Silber

2.Bezeichnung	Immersion Silver, Ag
Erscheinungsbild	grau-silberfarben, matt
Schichtdicke	Silber 0.15-0.45µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung, Einpressen



## Endoberfläche : Chemisch-Silber

Die Oberflächenbeschichtung mit Chemisch Silber ist eine selbstbegrenzende atomare Austauschreaktion mit einer Schichtdicke von 0.1 bis 0.4µm mit einer abschließenden dünnen organischen Schutzschicht.

### Vorteile

Silber (Ag) bildet mit Kupfer (Cu) keine intermetallische Phase. Die Oberfläche ist sehr gut lötlbar, da Silberoxid nur bis ca. 120 °C temperaturbeständig ist und dann im Lötprozeß aufgebrochen/aufgelöst wird.

Das Herstellungsverfahren ist relativ einfach und preisgünstig. Der Prozeß läuft bei niedrigen Temperaturen ab, so daß wenig Belastungen auf die Leiterplatte wirken.

Die Oberfläche ist sehr gut für Highspeed-Anwendungen geeignet.

### Nachteile/Risiken

Chemisch Silber ist empfindlich gegen eine aggressive Atmosphäre, die Chloride und/oder Sulfide enthält. Eine Kontamination ist auch durch chlorid- oder sulfidhaltiges Verpackungsmaterial möglich.

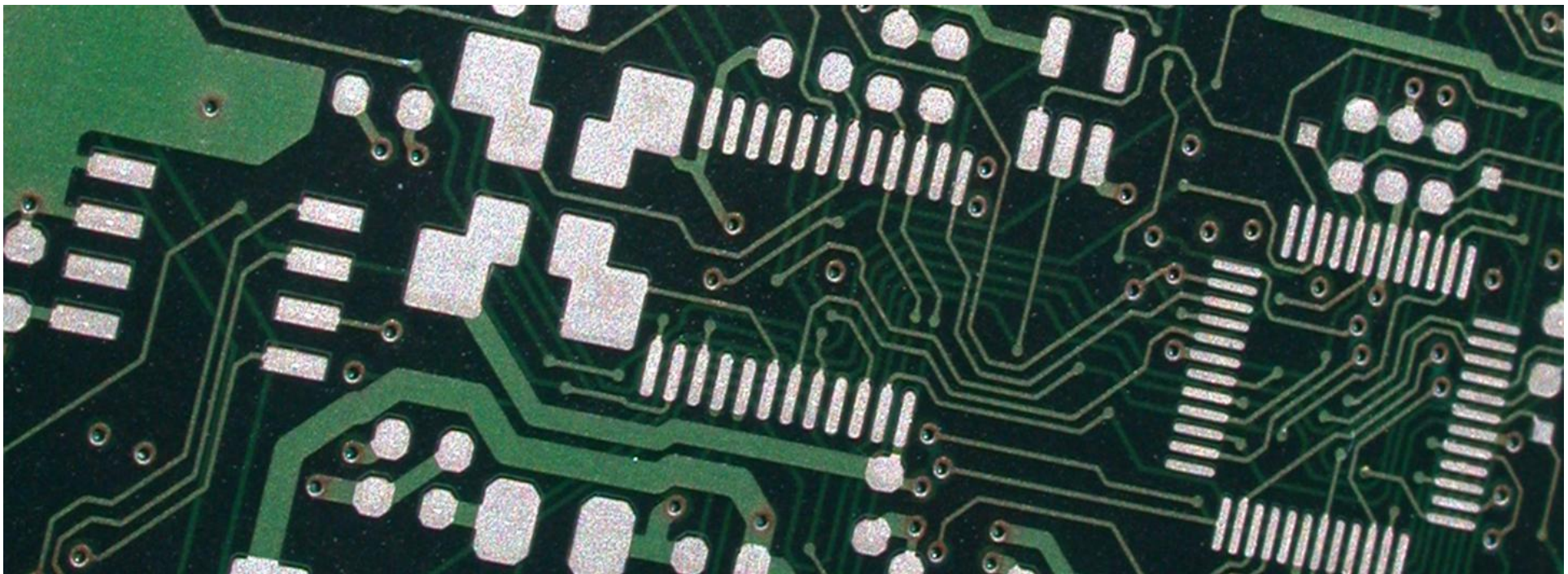
Nach der Fertigung von Baugruppen mit Chemisch Silber ist ein Anlaufen der Oberfläche nach der Baugruppenfertigung möglich. Das ist zwar ein optischer aber kein funktionaler Mangel.





## Endoberfläche : Chemisch-Silber-Gold

2.Bezeichnung	ASIG (autocatalytic silver immersion gold), AgAu
Erscheinungsbild	grau-silberfarben, matt
Schichtdicke	Silber 0.13-0.25 $\mu$ m Gold 0.02-0.03 $\mu$ m
Oberflächenstruktur	plan, weich
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input checked="" type="checkbox"/> Finepitch <input checked="" type="checkbox"/> BGA <input checked="" type="checkbox"/> BTC
Eignung	SMD- und THD-(Misch)Bestückung, Einpressen





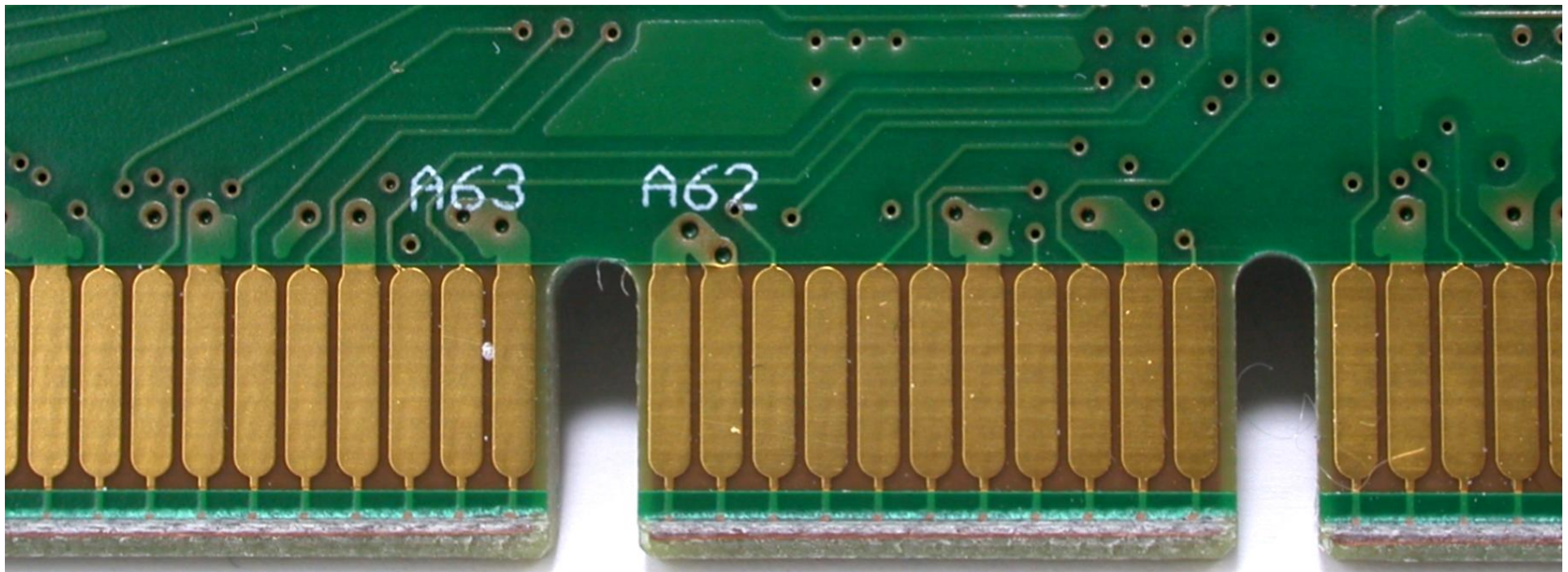
## Endoberfläche : Chemisch Nickel

2.Bezeichnung	Immersion Nickel, Ni
Erscheinungsbild	silberfarben, matt
Schichtdicke	Nickel 4.00-6.00µm ...direkt auf Kupfer
Oberflächenstruktur	plan, hart
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input type="checkbox"/> Finepitch <input type="checkbox"/> BGA <input type="checkbox"/> BTC
Eignung	Mechanische Kontaktabnahme, Zweitoberfläche



## Endoberfläche : Galvanisch Gold

2.Bezeichnung	Galvanic Gold
Erscheinungsbild	goldfarben, matt - leicht glänzend
Schichtdicke	Nickel 4.00-6.00µm Gold 1.00-1.50µm
Oberflächenstruktur	plan, hart
Verarbeitbarkeit	12 Monate
Bestückung	<input checked="" type="checkbox"/> THD <input type="checkbox"/> Finepitch <input type="checkbox"/> BGA <input type="checkbox"/> BTC
Eignung	PC-Stecker, Direktkontakt, Zweitoberfläche





# *Anhang* *Chemie in der Produktion*

---





## Fotolaminat entwickeln + strippen

Fotosensitives Laminat wird für die Übertragung des Leiterbildes auf die Leiterplatte genutzt. Durch die UV-Belichtung polymerisiert das Material, was einem Aushärten gleichkommt. Das nicht belichtete Fotolaminat wird im Zuge des chemischen Entwicklungsprozesses aufgelöst und durch Spülen entfernt.

### *Chemie*

---

Natriumcarbonat

Nach dem Ätzen des nicht mehr benötigten Kupfers wird das nun nicht mehr benötigte polymerisierte Fotolaminat abgelöst und durch Spülen entfernt.

### *Chemie*

---

Kaliumhydroxid  
2-Aminoethanol





## Kupfer ätzen

Durch den Ätzprozeß wird das für die individuelle Leiterplatte nicht benötigte Kupfer von der Leiterplattenoberfläche entfernt.

Das Ätzen erfolgt in einer Durchlaufanlage. Der Produktionszuschnitt wird über ein Rollentransportsystem durch die Anlage gefahren.

Das Ätzmedium wird von oben und unten aufgesprüht. Die Temperatur des Ätzmediums, die Geschwindigkeit des Transports, die mechanische Auslegung des Sprühsystems und die Wartung der Anlage bestimmen die Qualität des Ergebnisses.

Im Prinzip ist das Ätzmedium ein Lösungsmittel für das zu entfernende Metall, hier also das Kupfer.

*Chemie*

Ammoniumsulfat



## Zinn stripping

Mit dem Zinnstripper wird das chemische Zinn, das als Ätzresist gedient hat, von der Oberfläche der Leiterplatte/des Produktionszuschnittes entfernt.

Dazu wird der Zuschnitt durch eine Anlage gefahren, in der die Oberfläche mit der Chemie für das Auflösen des chemischen Zinns besprüht wird. Zur Neutralisierung und zur Reinigung des Produktionszuschnittes findet vor dem Auslauf noch ein Spülen statt.

Die eingesetzte Chemie ist letztlich ein Lösungsmittel für das zu entfernende Zinn, wobei das Kupfer des Leiterbildes möglichst nicht angelöst wird.

*Chemie*

---

Salpetersäure





## Desmear

Die meisten Basismaterialien für Leiterplatten sind Polymere, die sich ähnlich wie Plastik verhalten. Mit dem Bohren schmelzen, wie bei FR4, die Harze und stabilisierenden Glasgewebe auf. Das Einbringen der Kontaktierung und insbesondere das Ankontaktieren der inneren Lagen eines Multilayers wird nur nach einem vorgeschalteten Desmearprozeß in einem Galvanoautomaten möglich sein.

Im Prinzip geht beim Desmear das geschmolzene Glas-Harz-Gefüge mittels eines Ätzprozesses in Lösung und wird dann ausgespült.

### *Chemie*

---

Quellen	R-N-Metyl-2-Pyrrolidon
Spülen	Wasser
Desmear	Natriumpermanganat
Spülen	Wasser
Neutralisieren	Schwefelsäure
Spülen	Wasser
Trocknen	Luft



## Kontaktieren

Das Kontaktieren der Bohrungen auf Leiterplatten ist der aufwendigste chemische Prozeßschritt in der Leiterplattenfertigung. Die Analytik der Bäder und die Sauberkeit an der Galvanik bestimmen die Qualität.

Den Ausschlag gibt die Abstimmung der Chemie über den gesamten Durchlauf. Eine Verschleppung von Chemie über unbeteiligte Bäder wäre katastrophal.

### *Chemie*

---

Entfetten	Schwefelsäure Tenside
Spülen	Wasser
Beizen	Schwefelsäure Natriumpersulfat $\text{CuSO}_4$ -5-hydrat
Spülen	Wasser
Dekapieren (Kupfer)	Schwefelsäure
Galvanisch Kupfer	Schwefelsäure $\text{CuSO}_4$ -5-hydrat Chlorid (Ent-)Netzmittel
Spülen	Wasser
Trocknen	Luft







# *Anhang* *Volumina und Gewichte*

---



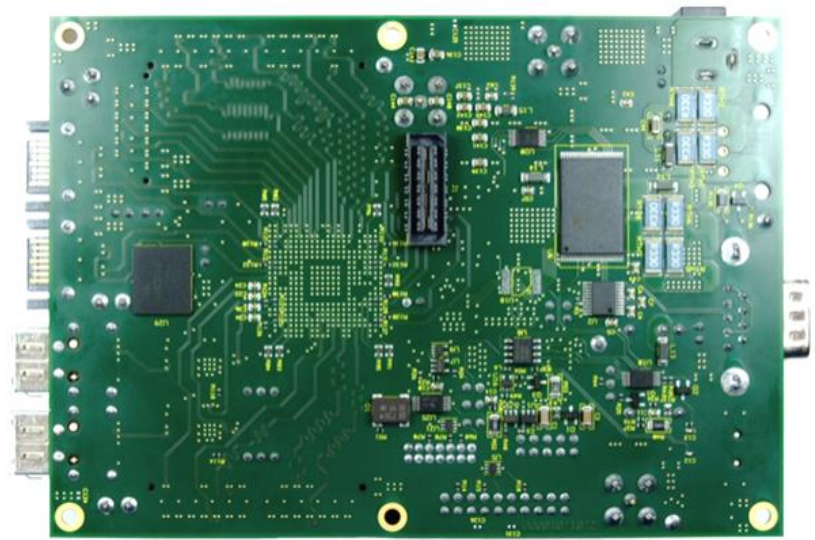
# Metallgewichte und -volumina für Endoberflächen

Die Endoberfläche des Leiterbildes wird nur auf den Flächen abgeschieden, die von Lötstopplack freigestellt sind.

## Beispiel

Die Leiterplatte LP2010 hat ein Maß von 100x140mm. Auf dem Toplayer werden 21.18% mit Endoberfläche bedeckt, auf dem Bottomlayer 11.9%. Für chemische Oberflächen ergeben sich diese Metallgewichte und -volumina :

		cm <sup>3</sup>	gr
ENIG	Nickel	0.02778	0.24756
	chem. Gold	0.00028	0.03627
ASIG	Silber	0.00060	0.00632
	Gold	0.000092	0.00178
Silber	Silber	0.00139	0.01458
Zinn	chem. Zinn	0.00436	0.02167



Bottom Oberfläche 11.9 %



Top Oberfläche 21.18 %



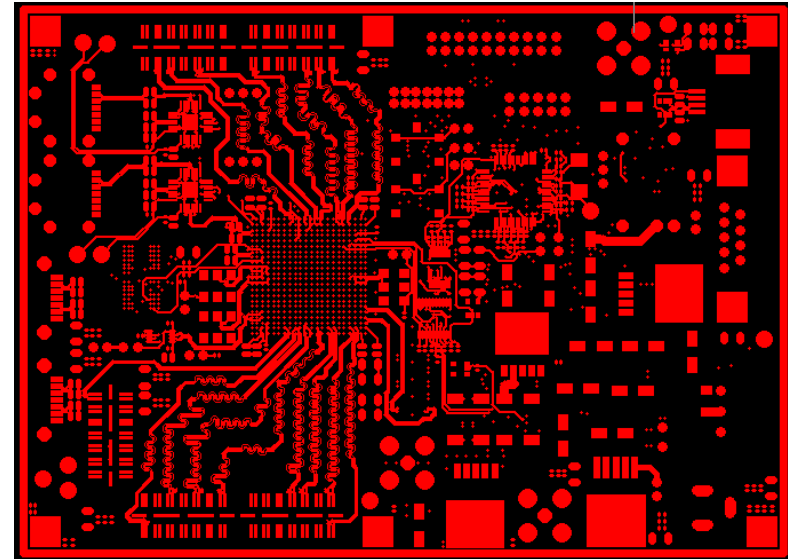
# Metallgewichte und -volumina für Leiterbilder

Die Dichte von Leiterbildern richtet sich nach der zu lösenden Aufgabe. Für die klassische digitale Schaltung können Signal- und Powerplanes unterschieden werden. Die Kupferdicke für Signalplanes auf Top und Bottom liegt bei 37µm oder 42µm, für Signalplanes auf Innenlagen bei 17µm bei einer Belegung von 35% Cu.

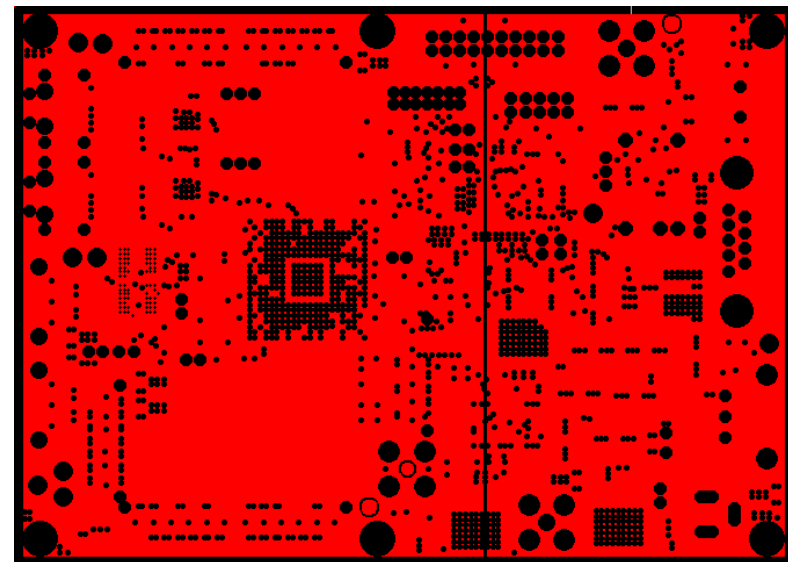
Powerplanes haben auf Innenlagen üblicherweise Kupferdicken von 17, 35 oder 70µm bei einer Belegung von 90%.

	µm Cu	cm <sup>3</sup>	gr
Signal	17	0.0833	0.743
	37	0.1813	1.6172
	42	0.2058	1.8357
Power	17	0.2142	1.9106
	35	0.4410	3.9337
	70	0.8820	7.8674

Gerberdaten LP2010



Signalplane ca. 35% Cu

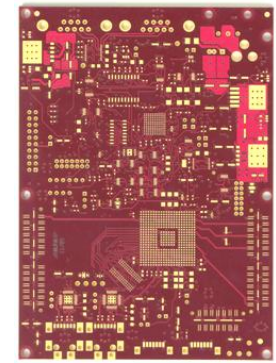


Powerplane ca. 90% Cu



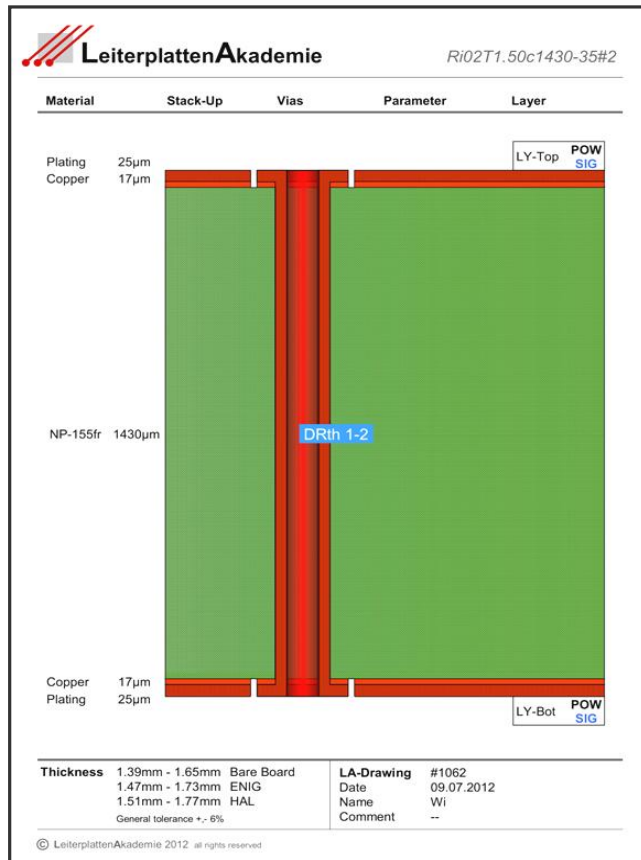
# Metallgewichte und -volumina bei Leiterplatten

Wenn Leiterplatten geschreddert/zermahlen werden, dann orientiert sich der Kupfergehalt an der Aufgabe der Baugruppe und an der Lagenanzahl. Als Referenz für das Maß der Leiterplatte ist 100 x 100mm gesetzt.



Volumen<sub>(Cu)</sub> 0.378cm<sup>3</sup>  
 Gewicht<sub>(Cu)</sub> 3.372gr

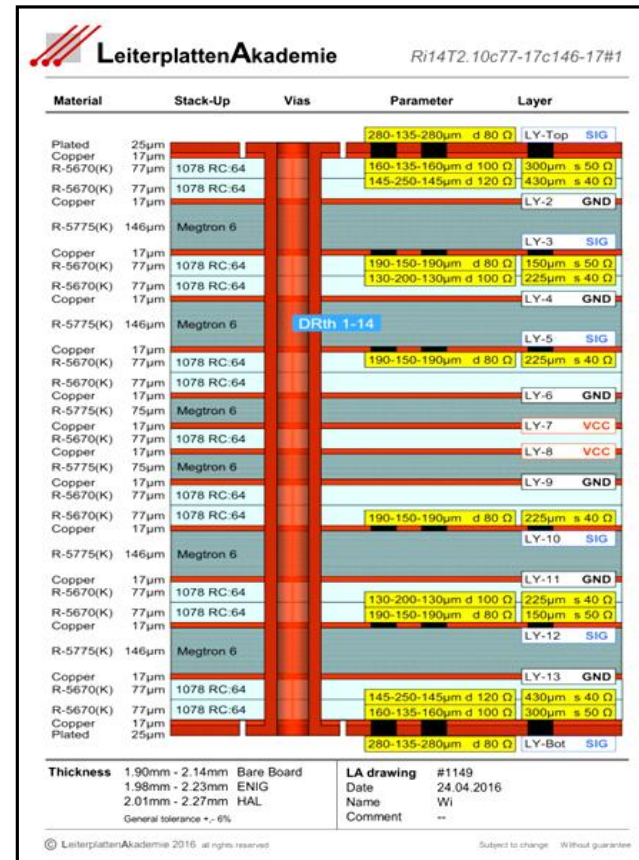
Volumen<sub>(Cu)</sub> 1.824cm<sup>3</sup>  
 Gewicht<sub>(Cu)</sub> 15.27gr



1 x Top  
 42µm Cu  
 45%

1 x Bot  
 42µm Cu  
 45%

doppelseitige Leiterplatte



1 x Top  
 42µm Cu  
 35%

1 x Bot  
 42µm Cu  
 35%

8 x Pow  
 17µm Cu  
 95 %

4 x Sig  
 17µm Cu  
 35%

14-Lagen Multilayer





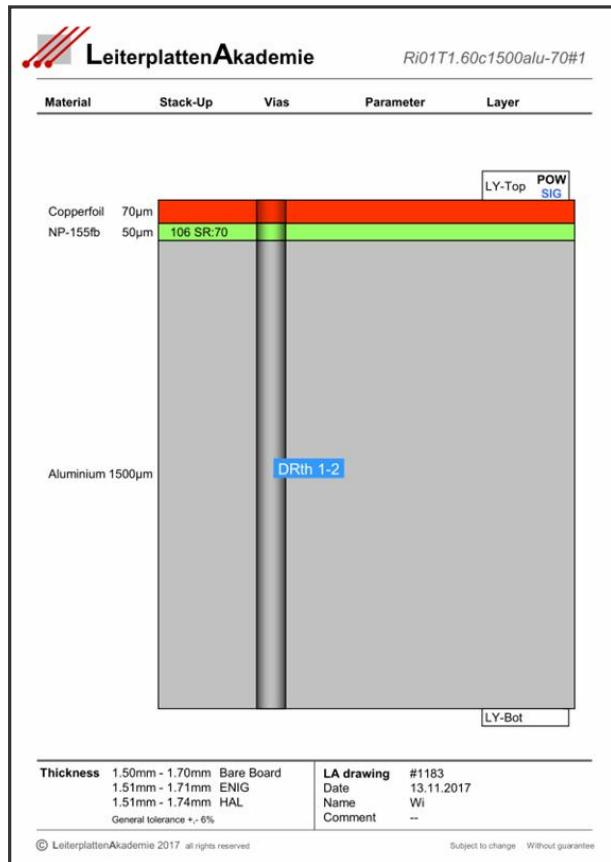
# Metallgewichte und -volumina bei Leiterplatten



Im Automotivebereich werden insbesondere Rückleuchten mit LEDs bestückt. Die extreme Erwärmung erfordert die Kühlung der Leiterplatte durch Cores aus relativ dickem Aluminium oder Kupfer. Als Referenz für das Maß der Leiterplatte ist rund DM 50mm angesetzt.

Volumen<sub>(Al)</sub> 2.945cm<sup>3</sup> (Cu) 0.1374  
 Gewicht<sub>(Al)</sub> 7.952gr (Cu) 1.226

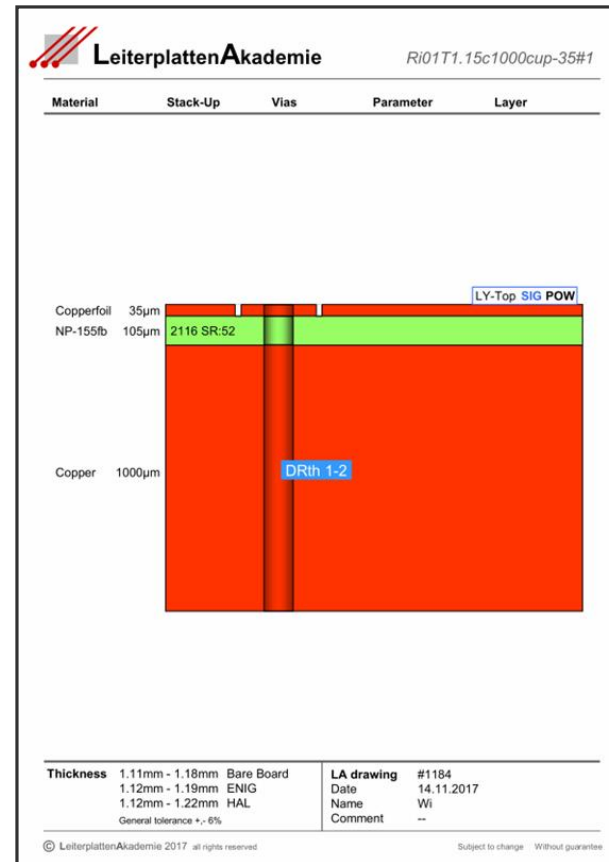
Volumen<sub>(Cu)</sub> 1.9944cm<sup>3</sup>  
 Gewicht<sub>(Cu)</sub> 17.7902gr



1 x Top  
 70µm Cu  
 45%

1 x Core  
 Al 1.5mm  
 95%

einseitige Leiterplatte



1 x Top  
 35µm Cu  
 45%

1 x Core  
 Cu 1.0mm  
 95%

einseitige Leiterplatte



# Glas- und Epoxidgewichte und -volumina bei Leiterplatten



Wenn Leiterplatten geschreddert/zermahlen werden, dann orientiert sich der Gehalt des Glases und des Epoxidharzes am Lagenaufbau der Leiterplatte. Die LP2010 hat das Maß 100 x 140mm.

Leiterplatte 24.5cm<sup>3</sup> 49gr

Volumen<sub>(Glas)</sub> 9.8cm<sup>3</sup>

Gewicht<sub>(Glas)</sub> 24.5gr

Volumen<sub>(Epoxid)</sub> 14.7cm<sup>3</sup>

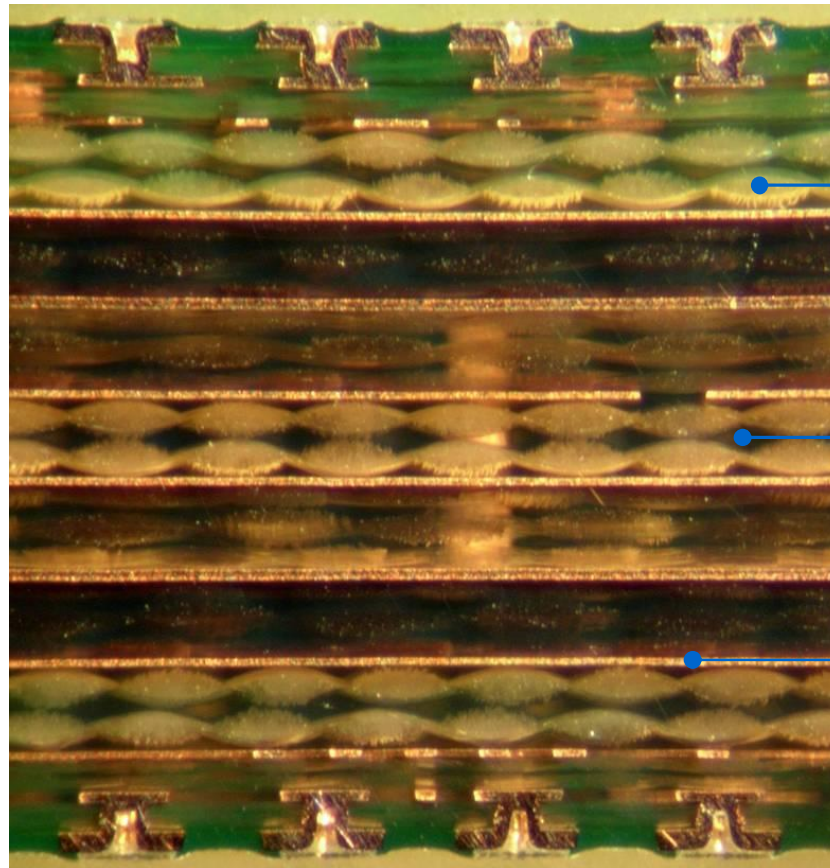
Gewicht<sub>(Epoxid)</sub> 22.05gr

Material	Stack-Up	Vias	Parameter	Layer
Plated	25µm		200-230-200µm d 90 Ω	LY-Top SIG EM
Copperfoil	17µm			
NP-155fb	60µm	1080 SR:64	150-230-150µm d 100 Ω	200µm s 50 Ω
NP-155fb	60µm	1080 SR:64		
Copper	17µm			LY-2 GND
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm	106 SR:70		LY-3 VCC
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm			LY-4 GND
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm	106 SR:70		LY-5 VCC
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm			LY-6 GND
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm	106 SR:70		LY-7 VCC
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm			LY-8 GND
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm	106 SR:70		LY-9 VCC
NP-155fb	50µm			
Copper	17µm			LY-10 GND
NP-155fb	100µm			100µm s 50 Ω
Copper	17µm			
NP-155fb	60µm	1080 SR:64		LY-11 SIG
NP-155fb	60µm	1080 SR:64	DRth 1-16	
Copper	17µm			LY-12 GND
NP-155fb	200µm		100-120-100µm d 100 Ω	
Copper	17µm		120-100-120µm d 90 Ω	LY-13 SIG
NP-155fb	60µm	1080 SR:64		225µm s 50 Ω
Copper	17µm			
NP-155fb	60µm	1080 SR:64		225µm s 50 Ω
Copper	17µm		120-100-120µm d 90 Ω	LY-14 SIG
NP-155fb	200µm		100-120-100µm d 100 Ω	
Copper	17µm	1080 SR:64		LY-15 GND
NP-155fb	60µm	1080 SR:64		
NP-155fb	60µm	1080 SR:64	150-230-150µm d 100 Ω	200µm s 50 Ω
Copperfoil	17µm			
Plated	25µm		200-230-200µm d 90 Ω	LY-Bot SIG

<b>Thickness</b>	1.60mm - 1.80mm Bare Board	<b>LA drawing</b>	#1213
	1.62mm - 1.83mm ENIG	<b>Date</b>	24.01.2019
	1.66mm - 1.87mm HAL	<b>Name</b>	Wi
	General tolerance +/- 6%	<b>Comment</b>	--

© LeiterplattenAkademie 2019. all rights reserved. Subject to change. Without guarantee.



Prepreg

Epoxid

Cu-Layer

Lagenaufbau LP2010

Schliff durch einen FR4-Multilayer



# Bauteile abscheren

## Abscheren

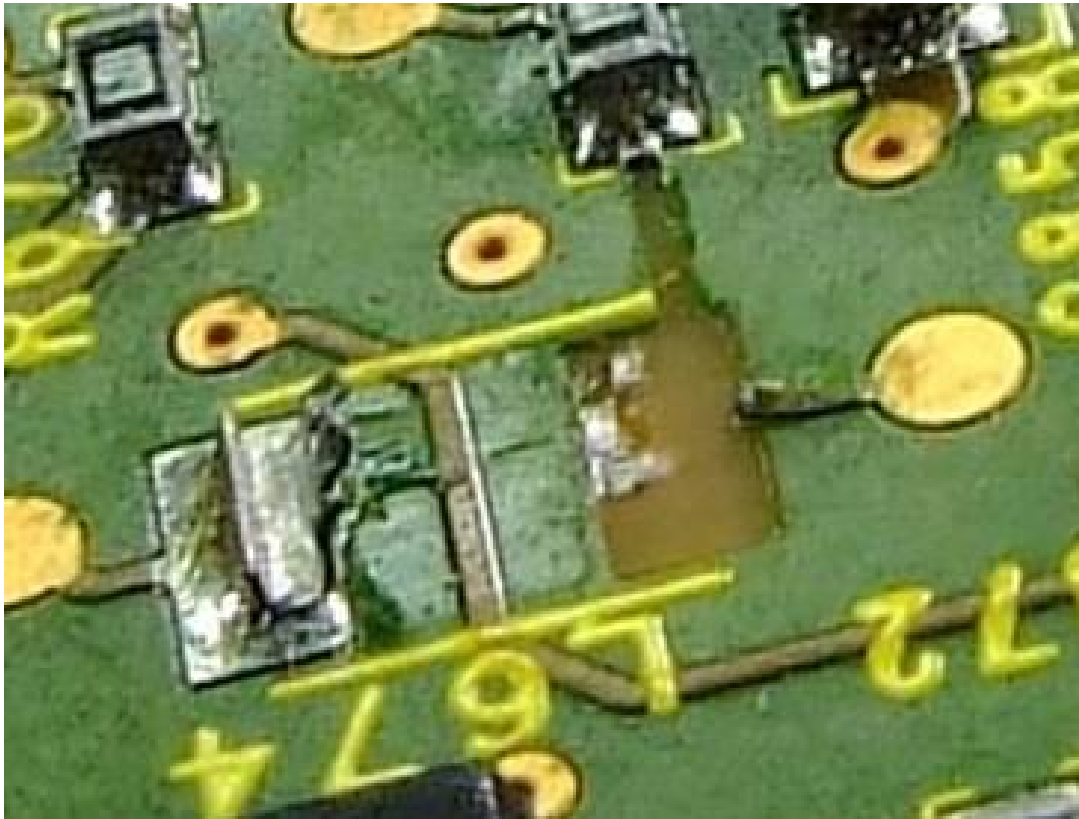
Die Kraft, die benötigt wird, um Bauteile von der Oberfläche einer Leiterplatte zu entfernen, hängt von der Stabilität der Lötverbindung und/oder der Klebkraft des Kupfers auf dem Dielektrikum ab.

Das Lot und die Legierung des Bauteilanschlusses sollen eine formschlüssige Verbindung eingehen. Aber nicht immer sind die Legierungen der Bauteilanschlüsse identisch und bekannt.

Die Klebkraft des Kupfers hängt vom Tg-Wert des Basismaterials ab ...wenn es sich um FR4 handelt.

Die Klebkraft beträgt 1.2N/mm für Tg135 und 0.78N/mm für Tg150.

Die Informationen zur Lötlegierung und zur Materialqualität *sollten* in der Spezifikation gelistet sein.





## Lotpastenvolumina

Lote sind metallische Legierungen, deren Kombinationen sehr vielfältig sein können. Im europäischen Umfeld sind üblicherweise Legierungen aus Zinn (Sn), Silber (Ag) und Kupfer (Cu) im Einsatz.

Typisch sind die **Lote** SAC305 (96.5% Zinn, 3.0% Silber, 0.5% Kupfer) oder SAC105 (98.5% Zinn, 1.0% Silber, 0.5% Kupfer). In Fernost können andere Lotlegierungen zum Einsatz kommen.

Beim schreddern/zermalen von Baugruppen sind diese Metalle Bestand des Schrotts. Das Volumen hängt von der Bauform der Bauteile ab. Mit

ihrer Miniaturisierung reduziert sich das Volumen des Lotes.

Beispiel SAC305 (LP2010)

75µm Schablone 1.96 cm<sup>3</sup>

100µm Schablone 2.61cm<sup>3</sup>

eine

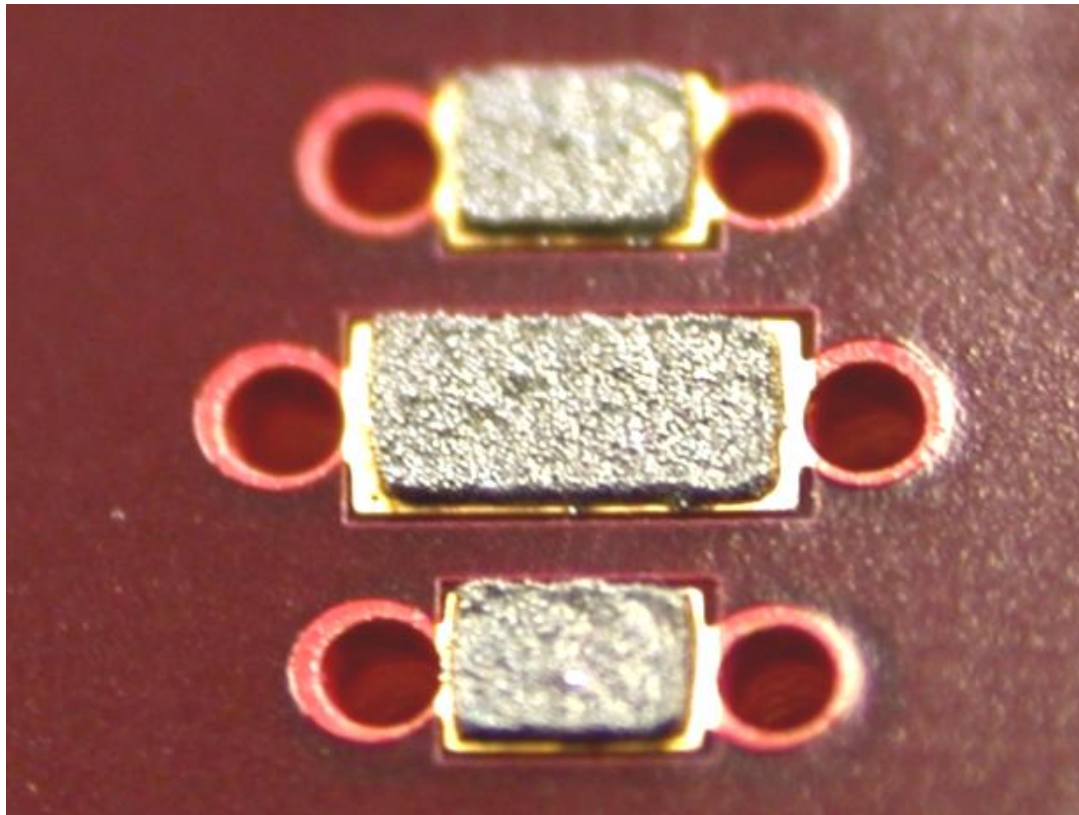
120µm Schablone 3.13 cm<sup>3</sup>

bedruckt die Leiterplatte mit

22.412 gr Zinn

0.698 gr Silber

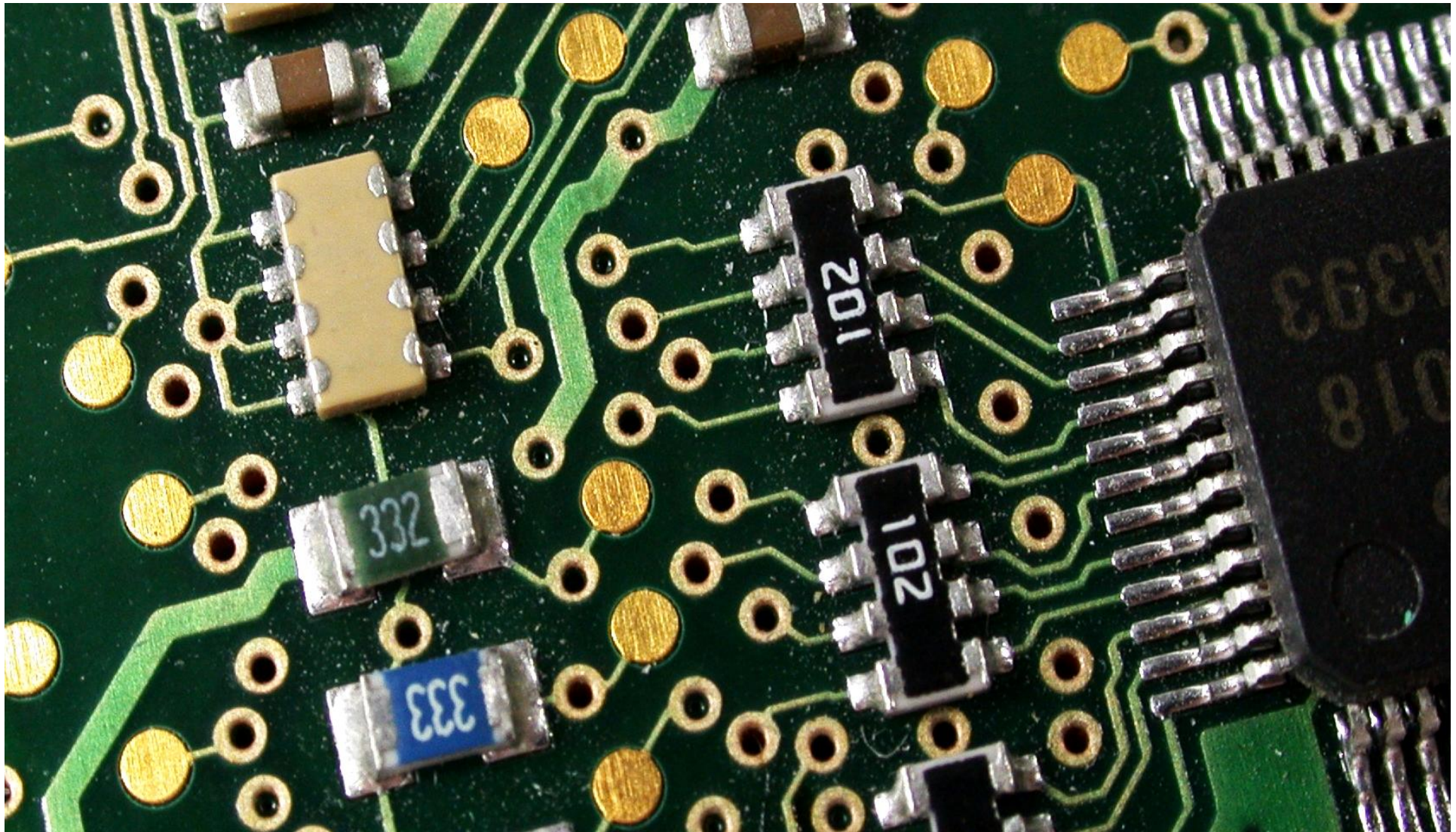
0.116 gr Kupfer





## Lotpastenvolumina und Endoberfläche

Wenn Lote aufschmelzen entsteht eine Legierung aus dem Lot und der Endoberfläche der Leiterplatte. Bei einer Oberfläche Nickel-Gold und einem Lot SAC305 besteht die Legierung aus Gold-Zinn-Silber-Kupfer. Das Nickel bleibt plan auf der Leiterplatte und geht nicht in Lösung.



*Informationen zur*  
*LA - LeiterplattenAkademie GmbH*



**LeiterplattenAkademie**





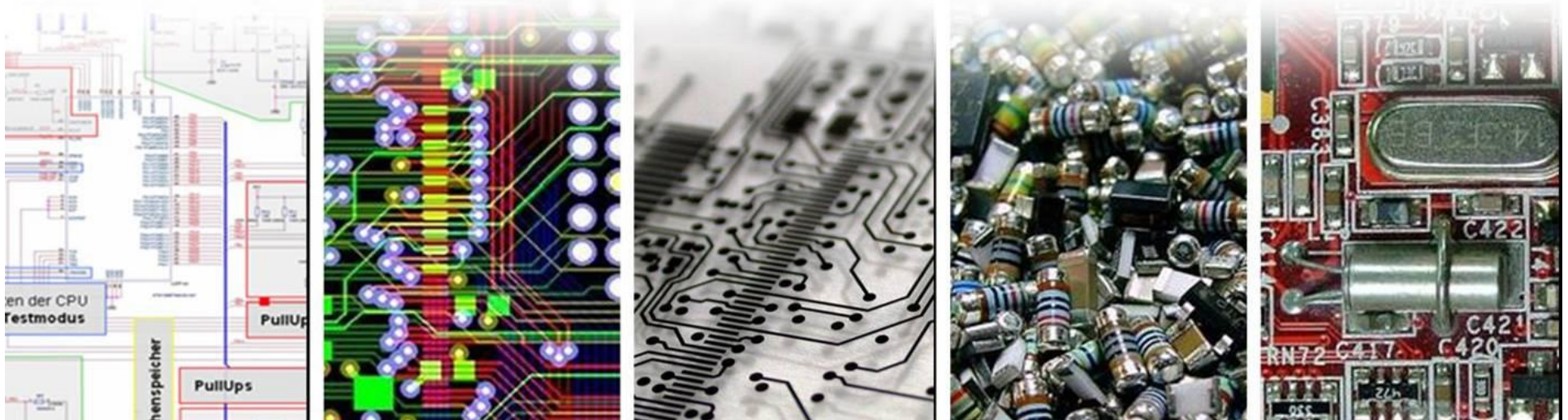
# Die LA - LeiterplattenAkademie GmbH

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



# 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 Baugruppentechologie.

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.







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

## **Kontakt**

LA - LeiterplattenAkademie GmbH  
Krefelder Straße 18  
D-10555 Berlin

[www.leiterplattenakademie.de](http://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](mailto:info@leiterplattenakademie.de)

### *eMail*

[awi@leiterplattenakademie.de](mailto:awi@leiterplattenakademie.de)

