

25. + 26. Juni 2024 in Würzburg

Arnold Wiemers

*Recycling elektromechanischer Baugruppen.
Wunsch oder Wirklichkeit ?*



LeiterplattenAkademie





Folie

Vorwort	3
Elekroschrottentwicklung	6
Juristisches Umfeld	11
Verbaute Rohstoffe/Chemie	14
Recyclingverfahren	20
Analyseverfahren	29
Leiterplattendokumentation	32
Volumina und Gewichte	36
Leiterplattenvarianten	41
Voraussetzung für Lösungen	45
<i>Anhang</i> : Ankaufpreise	51
<i>Anhang</i> : Bauteileigenschaften	63
<i>Anhang</i> : Bauteile erkennen/zuordnen	77
Informationen zur LeiterplattenAkademie	83





Vorwort

Die elektronische Entwicklung

Elektronikmüll

Elektronische Produkte funktionieren, solange die elektronischen Komponenten und ihr Zusammenspiel funktionieren. Oft ist eine Reparatur nicht möglich oder wegen des Fortschritts von Hard- und Software nicht mehr erwünscht, das Produkt hat seine Zeit überlebt und wird weggeworfen.



Bildquelle scheideanstalt.de



Elektroschrott : Volumina

Als zu recycelnde Rohstoffe werden metallische Ressourcen wie Gold, Palladium, Silber, Kupfer, Eisen, chemische Grundstoffe wie seltene Erden, aber auch hochgradige Giftstoffe wie Blei, Quecksilber, Arsen, Cadmium, Beryllium, gelistet. *Eine detaillierte Zuordnung chemischer Substrate zu diskreten Bauteilen findet sich leider nicht.*

In Europa erzeugen Deutschland 22,2%, Italien 16,6%, England 13,7% und Frankreich 12,4% des Elektronikschrotts. **Deutschland erzeugt mit 770.000 Tonnen das Maximum an Elektroschrott** (Quelle : statista 2010) (...853.000 Tonnen nach anderen Quellen). Der Verbrauch in Europa ist stark unterschiedlich. Auf Platz 5 liegt Schweden als Land mit rund 161.000 Tonnen, aber mit 14.2 kg pro Kopf, auf Platz 1 (...das wiederum relativiert die Einordnung von Statistiken). In der EU ergeben sich 8.7 (...oder nur 4 ?) Millionen Tonnen Elektroschrott pro Jahr. Davon werden (...in Europa) 2.1 Millionen Tonnen recycelt, der Rest wird *entsorgt*.

Teilweise beruht die Entsorgungsstrategie der Europäer auf dem Export gebrauchter (...aber auch defekter) Geräte in (...bevorzugt) Länder der dritten Welt (Nigeria, Ghana, Indien, Südafrika). *Nach dem Basler Übereinkommen ist das illegal, aber angeblich werden die Komponenten, insbesondere Autos, weiterverwendet.*

(Quelle : 2023, statista.com)





Elektroschrottentwicklung

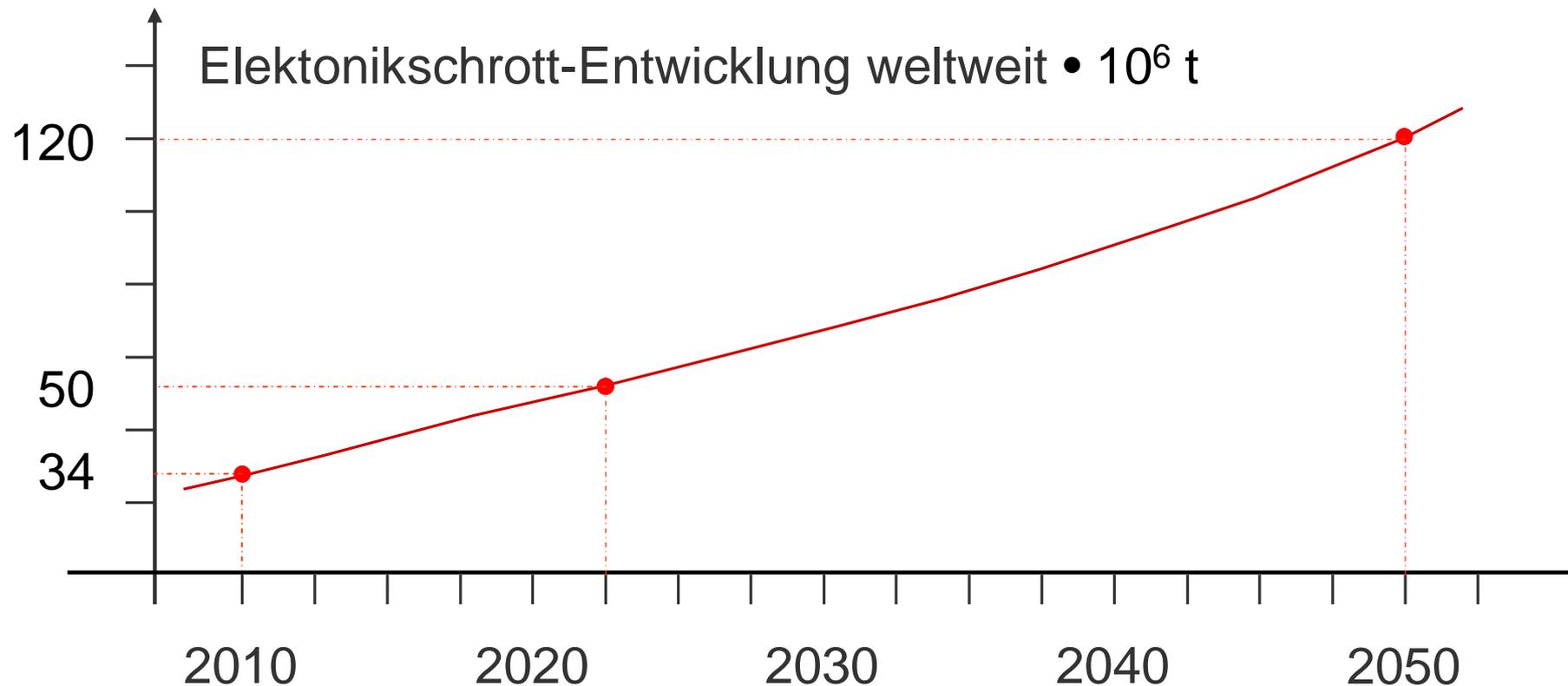


Elektroschrottentwicklung

Die Entwicklung und die Produktion elektronischer Baugruppen wird 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



Elektroschrotttransfer

Illegal transferierter Elektronikschratt weltweit.



Veröffentlichte Graphik : M.Janson statista.com 04'2023

Quelle: World Economic Forum; United Nations University; OECD



Recyclingstrategie

Recycling von Materialien und Baugruppen wird schon länger angestrebt. Als ideale Lösung gilt die Strategie der "**Kreislaufwirtschaft**", also die Werterhaltung durch die Wiederverwertung, die **Vermeidung von Energie und vor allem die Vermeidung von Abfall und damit die Vernichtung von Rohstoffen.**

Die aktuelle Produktionsstrategie der "**Linearwirtschaft**" konzentriert sich darauf, Rohstoffe zu Produkten umzusetzen, die nach Ablauf ihrer Funktion als unbrauchbarer Abfall entsorgt werden. **Letztlich werden dabei auch die eingesetzte Energie und die eingesetzten Rohstoffe entsorgt.**

Die werterhaltende Wiederverwendung von Rohstoffen und Bauteilen erfordert neue Konzepte.

Wenn Bauteile wiederverwertet werden, dann muß die "End of Life"-Vorgabe neu bedacht werden. **Wenn Rohstoffe wiederverwertet werden sollen, dann muß die Regeneration der Rohstoffe verwaltet, gelenkt und gesteuert werden.**

In beiden Fällen müssen organisatorische Strukturen erst weltweit bedacht, juristisch umgesetzt und kontinuierlich überprüft werden.



Elektroschrott in Deutschland

Beispiel : Die Menge an gesammelten Elektroaltgeräten in Deutschland wurde 2019 mit 947.067 Tonnen gelistet, davon werden 835.131 Tonnen privaten Haushalten zugeordnet, was wiederum **10.06 Kilogramm pro Einwohner und Jahr** entspricht (23 kg in anderer Quelle !), die jede Bürgerin/jeder Bürger der BRD *getrennt geordnet* zu entsorgen hat.



Bild- und Textquelle 2023, umweltbundesamt.de





Juristisches Umfeld

RoHS

RoHS (~ "**R**estriction **o**f **h**azardous **S**ubstances") versteht sich erstmal nicht als "Verbot", sondern als Hilfestellung für das Erläutern und Vermeiden und die "Beschränkung gefährlicher Stoffe".

Die RoHS ist ein Konzept, das langfristig dafür sorgen wird, daß umweltschädliche Chemie und Verfahren im Bereich der Leiterplatten- und Baugruppenproduktion vermieden oder letztlich tatsächlich verboten werden.

WEEE (~ "**W**aste of **E**lectrical and **E**lectronic **E**quipment") wird unter der Bezeichnung **2002/96/EG** als EU-Richtlinie geführt und ist gültig seit Januar **2003**. *Aufgabe der WEEE ist, den Herstellern elektronischer Produkte mehr Verantwortung bei der Auswahl und Verarbeitung kritischer Materialien zuzuordnen.*

Gefordert sind effektive Systeme zur getrennten Sammlung entsprechend der **EAG** (~ **E**lektro- und **E**lektronik-**Alt**Geräte).

Die WEEE wurde 2005 in Deutschland umgesetzt in das Elektroggesetz, abgekürzt "**ElektroG**", und in den Jahren 2015 ("ElektroG2") und 2022 ("ElektroG3") überarbeitet und erneuert.



Entsorgung von EAGs

Die Recyclingunternehmen sind nicht frei in der Verarbeitung von EAGs. Sie müssen Regeln des Umweltschutzes nachvollziehbar einhalten.

Zu recycelnde EAGs sollen unbelastet sein von :

- Sperrigen Komponenten (größeren Metallteilen, Rahmen, Rohren,...) und Teilkomponenten (Displays,...)
- Giftigen Bauteilen (Cadmium, Batterien (Blei), Akkus (Lithium),...)
- Schadstoffhaltigen Substraten (quecksilberhaltige Bauteile, giftige Leiterplattenmaterialien,...)
- Radioaktiven Materialien
- Flammhemmenden Biphenylen (TBBA)
- PCB- (~ polychlorierte Biphenylen) oder PCT-haltigen (~ polychlorierte Terphenylen) in (Leistungs-)Kondensatoren

Etliche Substanzen (seit 2000 : PCB, PCT) dürfen nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Vielleicht kann ein Unternehmen das zuordnen, eine Privatperson wohl kaum. *Hier fehlt die Verpflichtung, das Produkt für das Recycling zu dokumentieren.*

Textreferenz (teilweise) Fa. hensel recycling





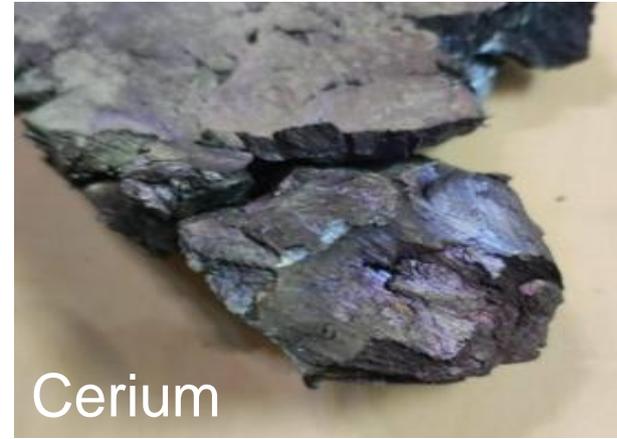
Verbaute Rohstoffe/Chemie

Rohstoffe für Elektronik in einem Fernseher

Rohstoff pro Fernseher [mgr]

Chemie

Rohstoff pro Fernseher [mgr]	Chemie	
Silber	580	Metall
Indium	260	Schwermetall
Gold	140	Metall
Yttrium	110	Seltenerdmetall
Palladium	44	Metall
Europium	8.1	Seltenerdmetall
Lanthan	6.8	Seltenerdmetall
Cerium	4.5	Seltenerdmetall
Terbium	2.3	Seltenerdmetall
Gallium	0.63	Seltenerdmetall
Gadolinium	0.1	Seltenerdmetall
Praesodym	0.1	Seltenerdmetall



Cerium



Yttrium



Terbium

Hinweis : die chemischen Rohstoffe sind in komplexen Verbindungen verbaut,

Gewichte : statista.com

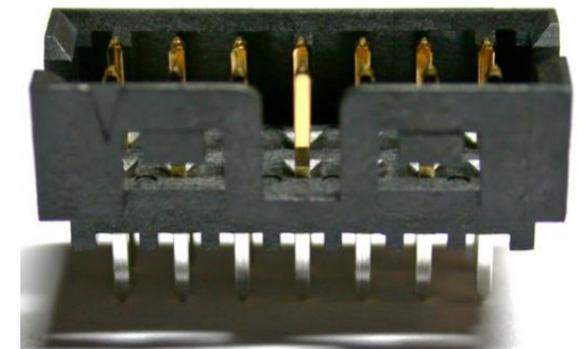
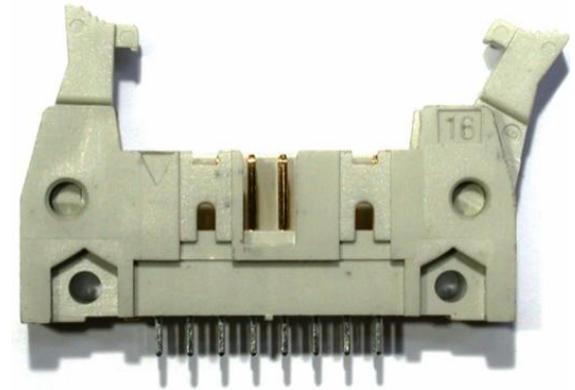
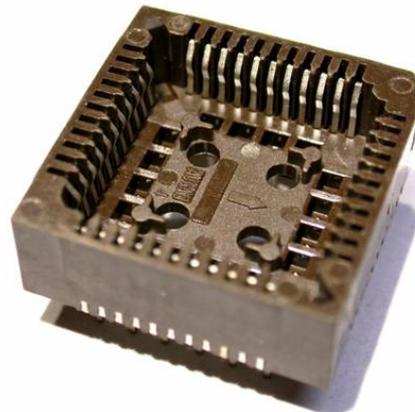
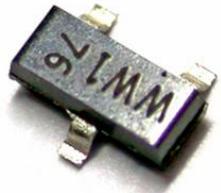
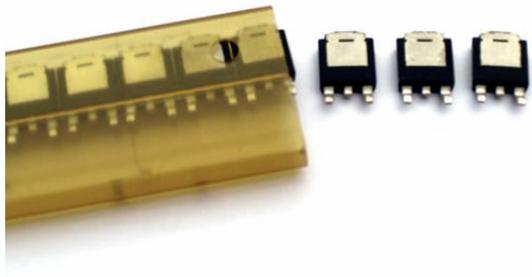
Bilder : wikipedia



Recycling von Kunststoffen

Kunststoffe werden für das Gehäuse elektronischer und/oder mechanischer genutzt aber auch für Verpackungen (z.B: Blister) und die Konstruktion elektronischer Geräte. Nicht alle Kunststoffe sind recycelbar, z.B. Polyethylenterephthalat oder Polyethylen. Für eine effektive Kreislaufwirtschaft muß der Kunststoff eingeschmolzen und neu verpreßt werden. Recycelter Kunststoff kann nicht noch mal recycelt werden. Das eigentliche Problem

ist, daß die Kunststoffe für Gehäuse und Bauteile gar nicht gekennzeichnet sind und deshalb nicht systematisch zugeordnet und aufbereitet werden können.



Elemente : Vorkommen in elektronischen Baugruppen

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

I																		VIII									
1,01 H 																	4,00 He 2										
6,94 Li 3	9,01 Be 4											10,81 B 5	12,01 C 	14,01 N 	16,00 O 	19,00 F 	20,18 Ne 10										
22,99 Na 	24,31 Mg 12 											26,98 Al 	28,09 Si 14 	30,97 P 	32,06 S 	35,45 Cl 	39,95 Ar 18										
39,10 K 	40,08 Ca 20	44,96 Sc 21	47,87 Ti 22	50,94 V 23	52,00 Cr 	54,94 Mn 	55,85 Fe 	58,93 Co 27	58,69 Ni 	63,55 Cu 	65,39 Zn 	69,72 Ga 31 	72,61 Ge 32 	74,92 As 33	78,96 Se 34 	79,90 Br 	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 	107,9 Ag 	112,4 Cd 48	114,8 In 	118,7 Sn 	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 	197,0 Au 	200,6 Hg 80	204,4 Tl 81	207,2 Pb 	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

Halbmetalle
 Edelgase
 Nichtmetalle
 Alkalimetalle
 Erdalkalimetalle
 Metalle
 radioaktiv

Recyclingkonzept

Elektronische Baugruppen lassen sich (...angeblich) zu 75% recyceln.
Aber : effektive Konzepte fehlen.

Eine vollständige Dokumentation der Materialien eines Gerätes (Baugruppe, Leiterplatte, Kunststoffgehäuse) gibt es nicht.

Eine vollständige Dokumentation der eingesetzten Bauteile (Chemische Verbindungen, Metalle, Kunststoffe) gibt es nicht.

Die Zerstörung von Material (schreddern, einschmelzen, chemisch trennen, verbrennen) benötigt Energie. Die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren ist nicht vollständig geprüft und verbindlich vorgegeben.

Angestrebt werden sollte die Kreislaufwirtschaft, also die Wiedernutznahme aussortierter Komponenten.

Es ist jedoch völlig unklar, welche Lebenszeit eine Komponente hat und wie das überprüft werden kann. Kann eine wieder in Betrieb genommene Komponente auch ein zweites/drittes Mal wieder in Betrieb genommen werden ?

Die Forderungen insbesondere der WEEE sind mehr als berechtigt.

Es fehlen aber Richtlinien für Analysen, standardisierte Datenbanken und Software, um ein weltweit funktionierendes Recycling von Elektronik zu ermöglichen.



Recycling Sekundärrohstoffe

Rohstoffe, die recycelt und als Sekundärrohstoffe wieder in Umlauf gebracht werden können, müssen nicht durch Bergbau und/oder Erzgewinnung unter Aufwand von Energie und massivem Eingriff in die Natur gewonnen werden. Es wird angenommen, daß das Recycling von 25 Tonnen Elektroaltgeräten (~ EAGs) den Abbau von 300 Tonnen Erz einspart, um 1 Tonne Kupfer, 10 Tonnen Eisen und wenige Gramm Gold herauszuarbeiten (Quelle Electro Cycling / Internet 2023).



(Erzgebirge Quelle Internet 2023)





Recyclingverfahren



Recyclingverfahren

Baugruppen bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten. Durchschnittlich machen Halbleiterelemente wie Transistoren und Dioden etwa 33%, Kondensatoren 24% und elektrische Widerstände 12% aus. 23% entfallen auf die Leiterplatten sowie 8% auf Schalter und sonstige Bestandteile.

Der Materialmix enthält fast zur Hälfte Glas, Keramik und Oxide, der Rest besteht überwiegend aus Metallen und Kunststoffen. Der **Metallbestand** setzt sich vor allem aus Kupfer und Eisen zusammen, doch auch Nickel, Zink und Zinn messen sich in Prozent, Silber, Gold, Palladium, Germanium und Rhodium hingegen nur in Prozentbruchteilen.

Das **Deponieren** oder **Verbrennen** von Baugruppen setzt nicht nur umweltgefährdende Stoffe frei, auch wiederverwertbare Komponenten und Rohstoffe werden vergeudet.

Noch nicht wirtschaftlich sind die **hydrometallurgische Aufarbeitung** von Baugruppen durch das chemische Herauslösen der Metalle und die **Pyrolyse**, bei der sich unter Hitze die Kunststoffe üblicherweise zersetzen, während Gase, Öle und feste Rückstände verbleiben.



Recyclingverfahren

Schmelzverfahren behandeln komplette, bestückte Leiterplatten. Sie werden in einer **Hammermühle** geschreddert und mit Kupferschrott und Kupfererzen in einem Schachtofen bei 1250° Celsius eingeschmolzen. *Kunststoffe verbrennen* dabei und liefern einen wichtigen Anteil der Prozeßwärme.

Mechanische Verfahren

Die meisten Entsorgungsunternehmen nutzen zur Aufarbeitung mechanische Verfahren. Elektro- und Elektronikgeräte durchlaufen in jedem Fall zunächst eine grobe **manuelle Demontage**, bei der man **schadstoffhaltige Bauteile** von den Leiterplatten entfernt, um sie als **Sonderabfall** zu entsorgen. Es gibt erste Ansätze, auch **Polychlorierte biphenylhaltige Kondensatoren** (...die bis zum Jahre 2000 sämtlich ausgetauscht werden sollen und nicht mehr eingesetzt werden dürfen), sowie quecksilberhaltige Schalter und Batterien zu recyceln.

Entstückung

Bauelemente kann man abscheren. Weil Verbindungsdrähte, (~ oft als Beinchen oder Pins bezeichnet) direkt unterhalb der Bauteile abgeschnitten und somit stark gekürzt werden, sind solche Verfahren nicht dafür geeignet, wiederverwendbare THD-Bauelemente zu gewinnen. 



Recyclingverfahren

▶ Nach der Entstückung, werden das restliche Lot und das Leiterbild mit Schleifscheiben, Bürsten oder Klingen entfernt. Der Abfall enthält Kupfer in hoher Konzentration. Die weitestgehend von Metallen befreite Leiterplatte wird dann in einer **Wälzmühle** zerkleinert.

Komplette Leiterplatten

Die bei entsprechenden Dienstleistungsunternehmen eher gebräuchliche Alternative zur Entstückung ist das mehrstufige Zerkleinern der kompletten, von Schadstoffen befreiten Platinen mit anschließendem Sortieren der Bruchstücke nach physikalischen Merkmalen wie Dichte sowie magnetischen und elektrischen Eigenschaften. Durch das Zerkleinern wird das Stoffgemisch einigermaßen aufgeschlossen. Beim Sortieren sucht man dann frei **vorliegende Bestandteile** möglichst schnell zu entfernen, um nachfolgende **Zerkleinerungsprozesse** zu entlasten.



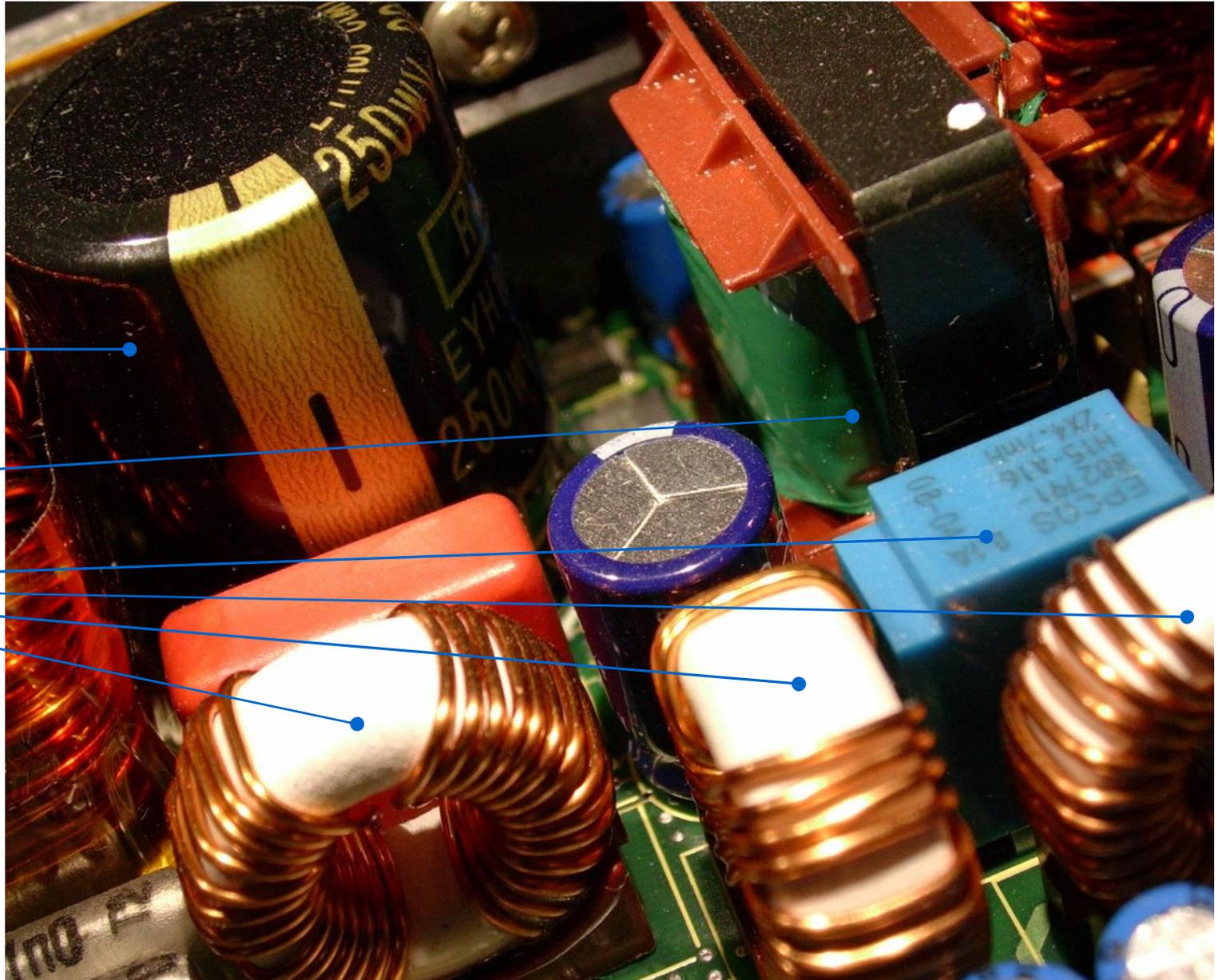
Manuelles Auslöten

Höherwertigere Komponenten können, größere Bauteile *müssen* manuell ausgelötet und entfernt werden. Eine Wiederverwertung ist möglich.

Aluminium-
Elektrolyt-
kondensator

Transformator

Spulen



Vorgaben

Neben den Forderungen der RoHs und der WEEE gibt es Forderungen hinsichtlich der Verwertung (Quelle NABU) :

- *Die Sekundärrohstoffe sind höher zu bewerten (Wer, Wie, Wo ?)*
- *Kritische Kunststoffe und Metalle sind materialspezifisch festzuschreiben (Wie, Wann, von Wem ?)*
- *Um das Recyceln zu aktivieren sollen kritische Komponenten (Batterien, flammgeschützte Kunststoffe, Kondensstoren) angepaßt werden (Wie, Wann, Weltweit, Kriterien ?)*
- *Erheben einer Recyclinggebühr (Wie hoch, durch Wen, Gültigkeitsdauer, Geltung weltweit ?)*
- *Definition von Recyklatquoten für Kunststoffe und Steuerung des Einsatzes der Recyklate (Wer definiert, Weltweit ?)*
- *Der Online-Handel wird zur Rücknahme von EAGs verpflichtet (Wie soll das organisiert, kontrolliert (...und bestraft ?) werden ?)*

Sind diese Vorstellungen wirklich realistisch und umsetzbar ?



Recycling-Volumina

Nach aktuellen Untersuchungen des Öko-Instituts mit Partnern, können aus Anwendungen für die Leistungselektronik die hochwertigen Metalle Gold, Silber, Palladium, Kupfer und Aluminium zu 90% zurückgewonnen werden, wenn die konventionellen Schredderanlagen durch spezialisierte Elektronikrecyclinganlagen ersetzt werden (Anm.: dazu gibt es keine weiteren Erläuterungen). Zur Zeit werden (...angeblich) 75% dieser Metalle nach dem Schreddern verschrottet.

Es wird **geschätzt**, daß aus einer Tonne **Leistungselektronik** durch das Elektrorecycling rund sieben Gramm Gold, 23 Gramm Silber, ein Gramm Palladium und 500 Gramm Zinn zurückgewonnen werden können.

Die chemische Behandlung von Baugruppen aus dem Bereich der Leistungselektronik erhöht zudem den Gewinn an Tantal und Zinn. Die Gesamtbilanz ist mit keinem ökologischen Vorteil verbunden und der Erlös durch rückgewonnene Metalle ist durch die Mehrkosten nicht gedeckt.

Quelle Öko-Institut e.V., Projekt „Elektrofahrzeugrecycling 2020“ mit den Partnern Electrorecycling GmbH, TU Clausthal, Volkswagen AG und PPM Pure Metals GmbH zusammen. Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.



Elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen (< 2000)

In der Zeit von 1975 bis 1998 wurde die Automobiltechnik bereits durch die Entwicklung elektronischer Komponenten und Fahrerassistenzsysteme revolutioniert.

Bevor die elektronischen Komponenten recycelt werden können, ist eine aufwendige, wirtschaftlich unattraktive manuelle Demontage notwendig.

Elektronische Komponenten in Kraftfahrzeugen

Elektrische Fensterheber, Sitze und Seitenspiegel

Klimaanlage • Tempomat • Bordcontroller • Kommunikation • Entertainment • Automatikgetriebe • Multifunktionslenkrad • Gurtstraffer • Airbags • Zentralverriegelung • Servolenkung
• Wegfahrsperre

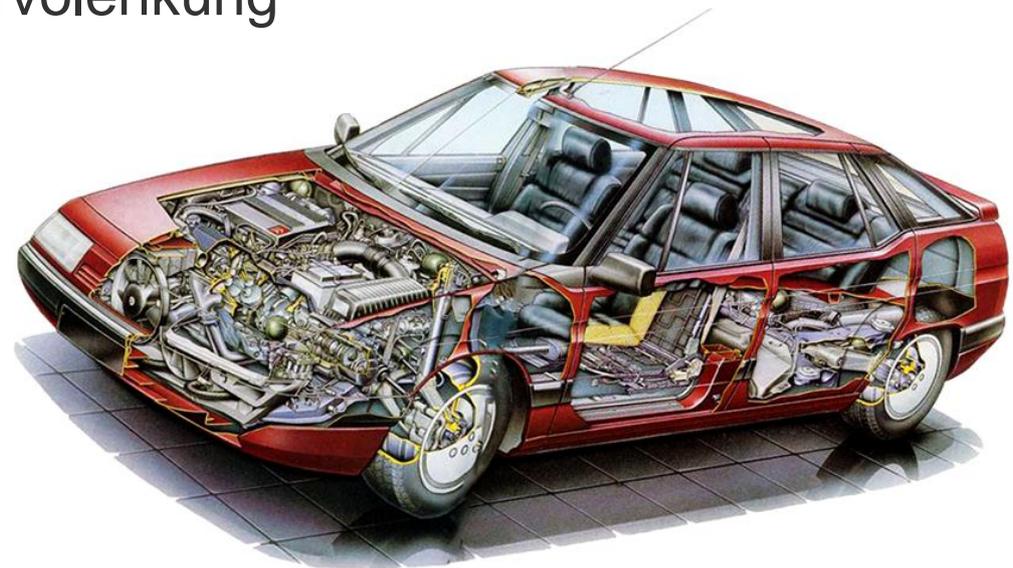
Hydraulische Systeme

Pneumatische Systeme

ABS (Antiblockiersystem)

ARS (Antriebsschlupfregelung)

ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm)



Bildquelle Citroen / Internet 01-2018





Analysebereiche

Recycling : Kosten und Bereiche der Analyse

Dokumentation

Die einzelnen Bestandteile eines elektronischen Gerätes sind zum Zeitpunkt des Recyclings kaum dokumentiert. Und es fehlen neutrale Datenbanken auf internationalem Niveau.

Es besteht hoher Bedarf, das zu ändern. Während der durchgeführten Produktionsprozesse ist eine Rückannotation an den Kunden notwendig, damit er das Recycling oder die Entsorgung auch nach 15 - 20 Jahren korrekt ansteuern kann, denn er ist laut Gesetz dazu verpflichtet.

Im *Detail* müssen bekannt sein :

Leiterplatte der Lagenaufbau, die verbauten Basismaterialien, die Chemie der Lacke für Lötstop-/Bestückungsdruck, Kupferbeschichtungen, chemische Endoberflächen

Bauteile Gehäusematerial, Legierung der Kontaktflächen, chemische Inhaltsstoffe, Montagevarianten wie Löten, Einpressen, Bonden oder Kleben

Baugruppe Chemie der Lote, Fluxer, Chemie der Reinigungsmittel, Chemie der Vergußmassen, Gehäusematerial der elektronischen Geräte



Recycling : Kosten der Analyse

Kostenübernahme

Elektronische Baugruppen (Handys, Autos, Kommunikation, industrielle Maschinen, blinkende Turnschuhe) sind weltweit verteilt. **Wer Elektronik in Umauf bringt, ist per Gesetz für die Entsorgung verantwortlich.**

Außer Betrieb genommene Geräte können wirtschaftlich und logistisch praktisch nicht zum Gerätehersteller zurückgeliefert werden.

Es muß die Option gegeben sein, Elektronik vor Ort im Rahmen eines fachgerechten Recyclings zu "entsorgen". Dazu muß eine aussagefähige Baugruppendokumentation vorliegen und das Recycling muß vorfinanziert sein. Die Vorfinanzierung muß vom Gerätehersteller und/oder vom Käufer übernommen werden.

In der Schweiz gibt es bereits ein Modell, bei dem Hersteller, Händler und Käufer in der Produktverantwortung stehen und die Kosten für das recyceln über den Gerätekaufpreis in die Stiftung **SENS** vorfinanzieren. In der Schweiz ist im Gerätepreis bereits die "vorgezogene Recyclinggebühr" (~ vRG) beim Kauf eines neuen Gerätes im Gerätepreis inbegriffen.





Leiterplattendokumentation



Sondermaterial

Inzwischen gibt es neben dem FR4 Dutzende von Basismaterialien, die spezielle Eigenschaften für spezielle Anwendungen bieten und die unter dem Begriff **Sondermaterial** zusammengefaßt werden.

Erreicht werden die Eigenschaften durch eine Modifikation der Dielektrika (~ Isolationsstoff) und/oder ein verändertes Trägermaterial.

Durch Klebstoffe/**Dielektrika** wie **Cyanatester** oder **Polytetrafluorethylen** und durch Füllstoffe und Trägermaterialien wie **Keramik, Polyimid, PEEK** oder diverse **Hydrocarbonate** (~ Kohlenwasserstoffe) werden besondere Leistungen des Basismaterials erreicht. Insbesondere für hochfrequente oder temperaturbelastete elektronische Baugruppen werden dadurch sehr leistungsfähige Leiterplatten respektive Multilayer ermöglicht.

Die Sondermaterialien liegen nicht in den vielen unterschiedlichen Dicken vor, wie dies vom FR4 her bekannt ist. Für viele Sondermaterialien gibt es keine eigenen Prepregs. Üblicherweise sind Sondermaterialien oft erheblich teurer als FR4.

Wenn die Anwendung das erfordert, dann werden **Hybrid-Multilayer** gebaut, die teils aus Sondermaterial und teils aus FR4 bestehen.



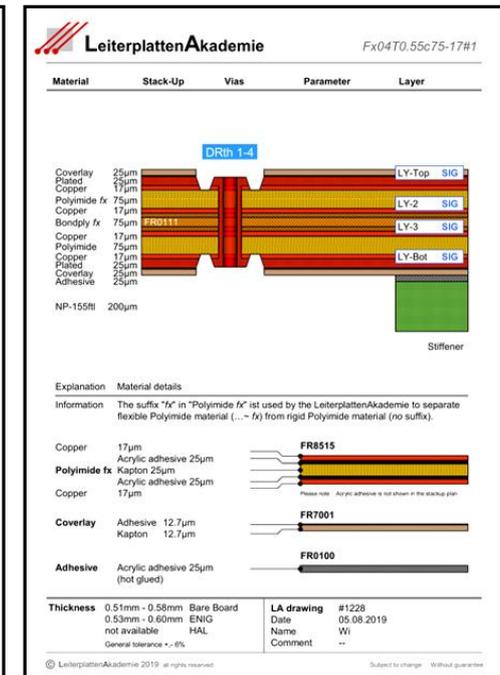
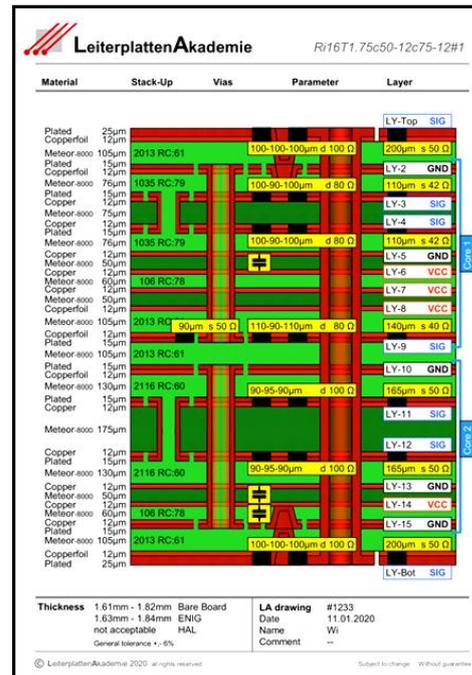
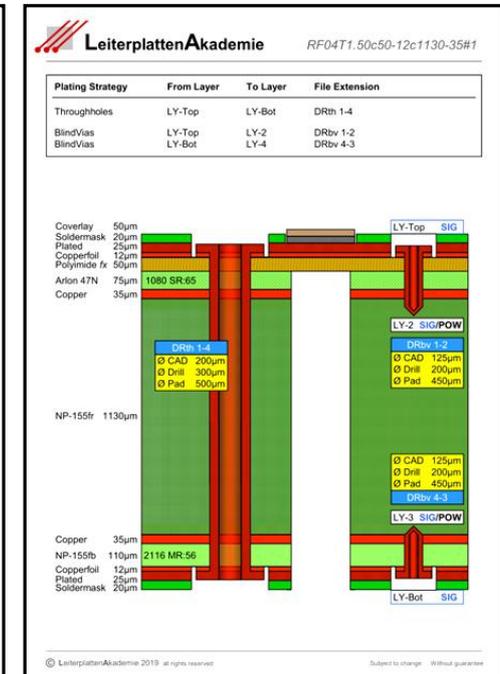
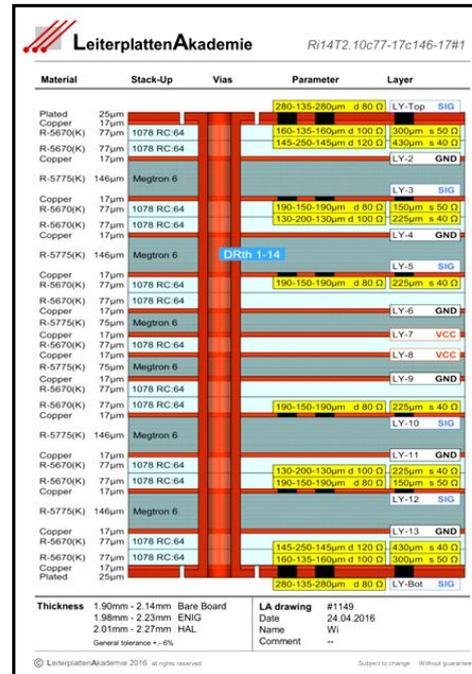
Dokumentation von Leiterplatten

Hinweis (Dokumentation)

Leiterplatten haben eine extrem hohe Individualität. Basismaterial, Lageraufbau und Kontaktierung geben den Ausschlag für die zuverlässige Funktion der Geräte und Maschinen, in denen die Baugruppen eingesetzt werden. Für die Kommunikation zwischen den Partnern CAD, Leiterplatte und Baugruppe ist die Dokumentation der Leiterplatte *sehr* wichtig.

Hinweis (Entsorgung)

Die chemische Konstellation des Basismaterials ist variantenreich. Für die spätere rechtlich vorgeschriebene Entsorgung ist die Dokumentation unverzichtbar.





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 ³	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 %



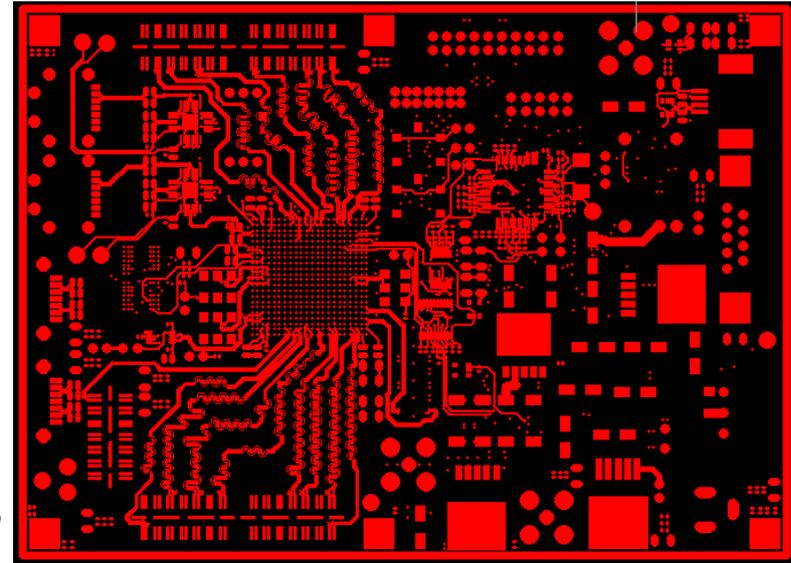
Metallgewichte und -volumina für Leiterbilder

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.

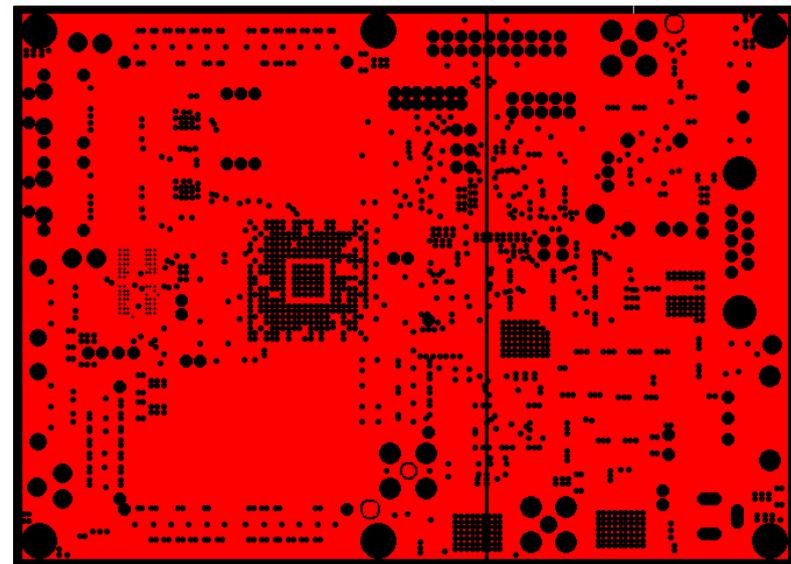
Powerplanes haben auf Innenlagen üblicherweise Kupferdicken von 17, 35 oder 70µm bei einer Belegung von 90%.

	µm Cu	cm ³	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

"Danke" an Gerhard Eigelsreiter



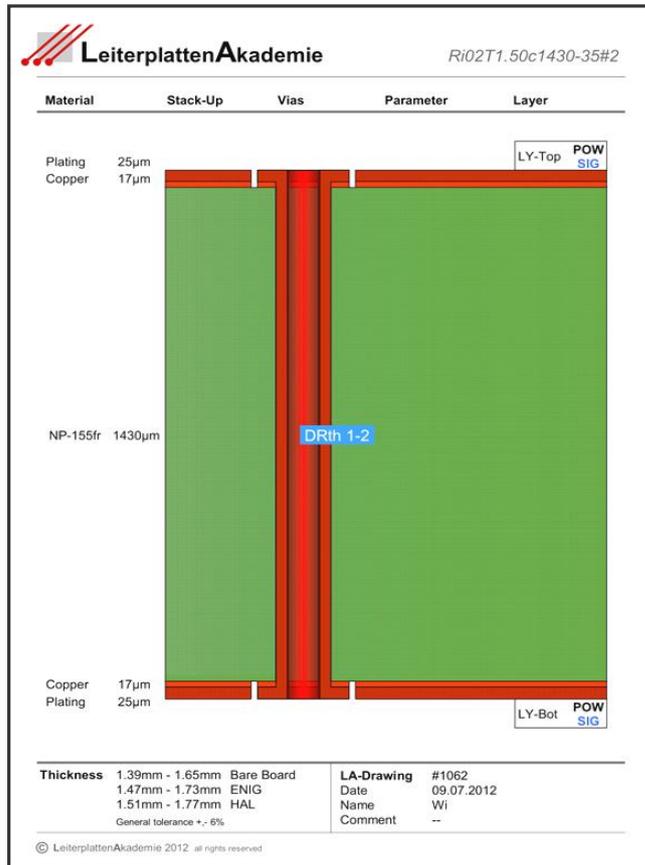
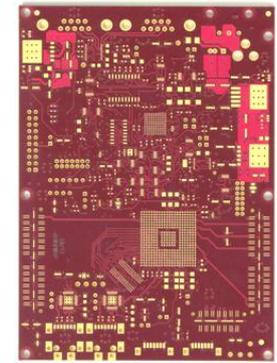
Metallgewichte und -volumina bei Leiterplatten

Wenn Leiterplatten geschreddert/zermahlen werden, dann orientiert sich der Kupfergehalt an der Aufgabe der Baugruppe und an der Lagenanzahl.

Als Referenz ist hier ein Maß von 100 x 100mm gesetzt.

Volumen_(Cu) 0.378cm³
 Gewicht_(Cu) 3.372gr

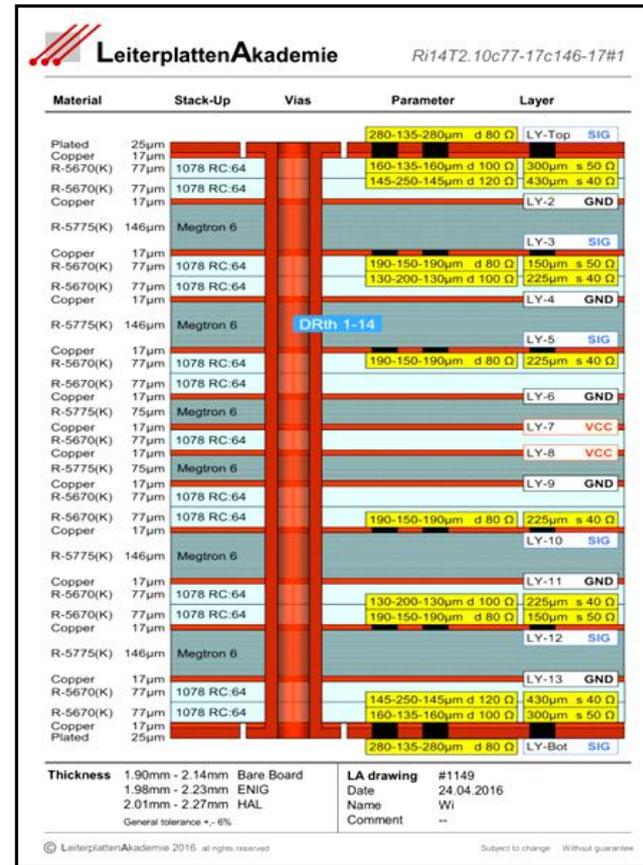
Volumen_(Cu) 1.824cm³
 Gewicht_(Cu) 15.27gr



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%

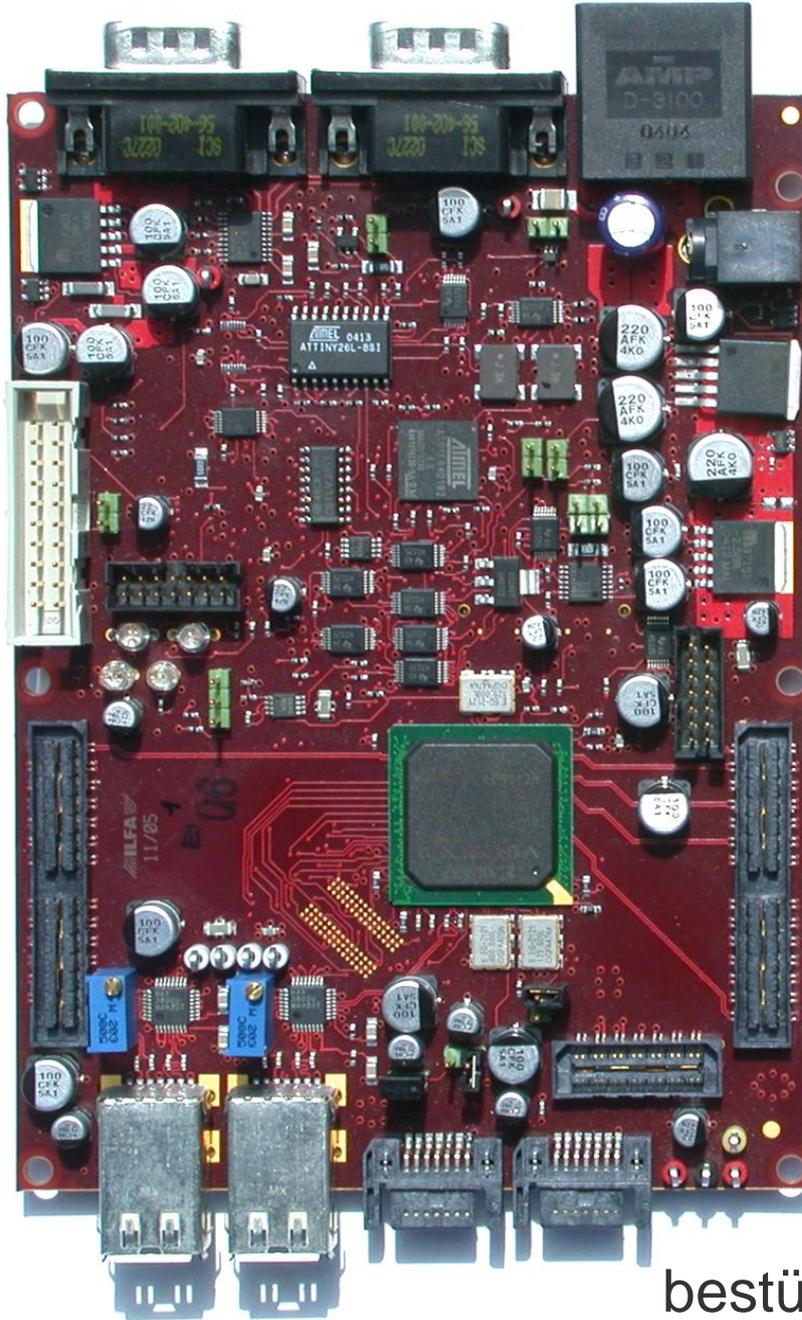
14-Lagen Multilayer



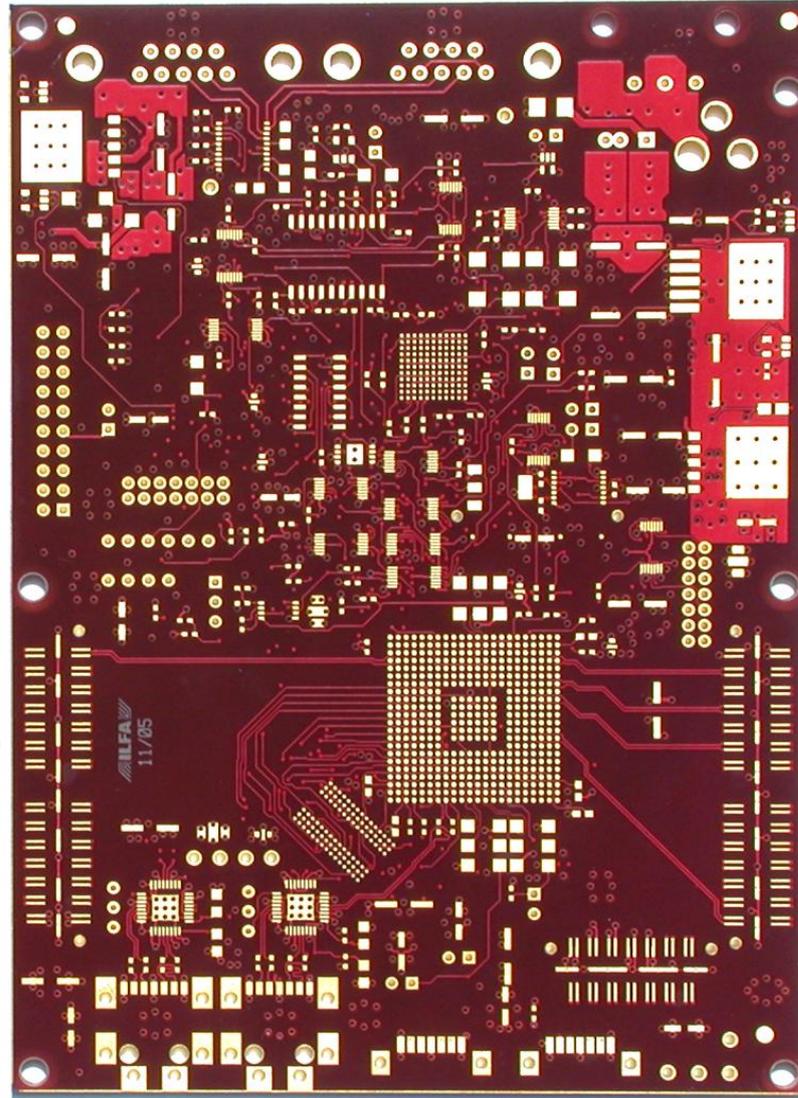
Baugruppengewichte

Baugruppe CPU "Meltemi". 100x140mm. 16-Lagen-Multilayer, FR4.

"Danke" an Gerhard Eigelsreiter



unbestückt 71gr



bestückt 134gr / Bauteilgewicht **63gr**





Leiterplattenvarianten

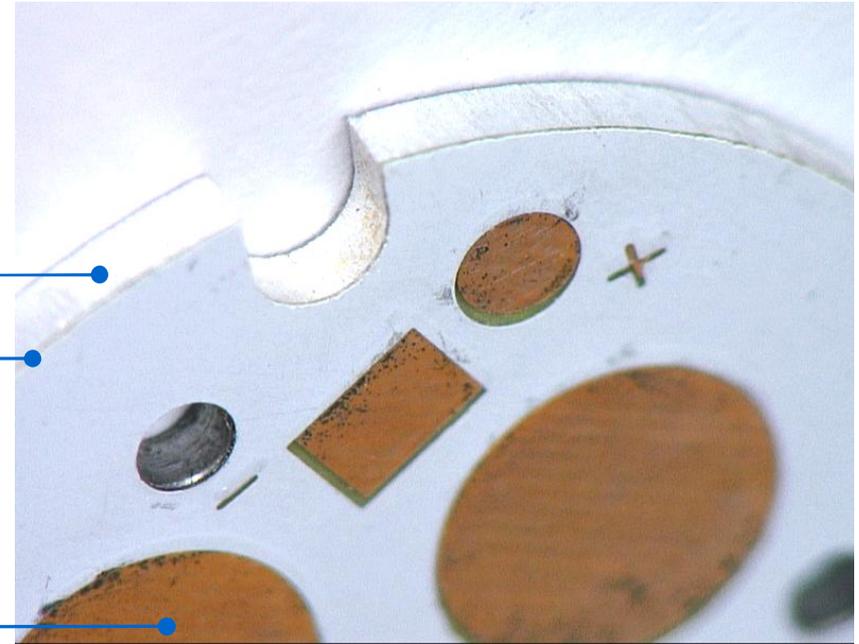


IMS Leiterplatten

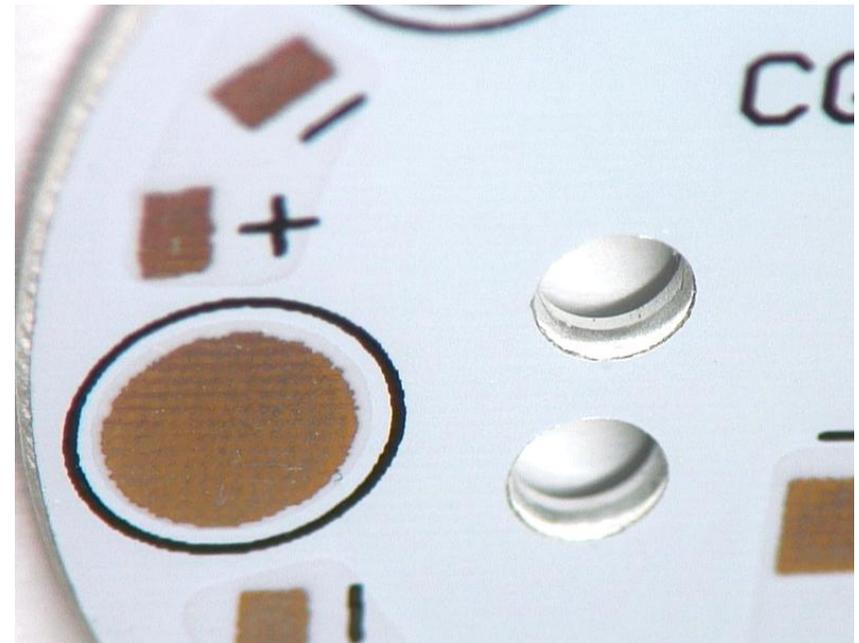
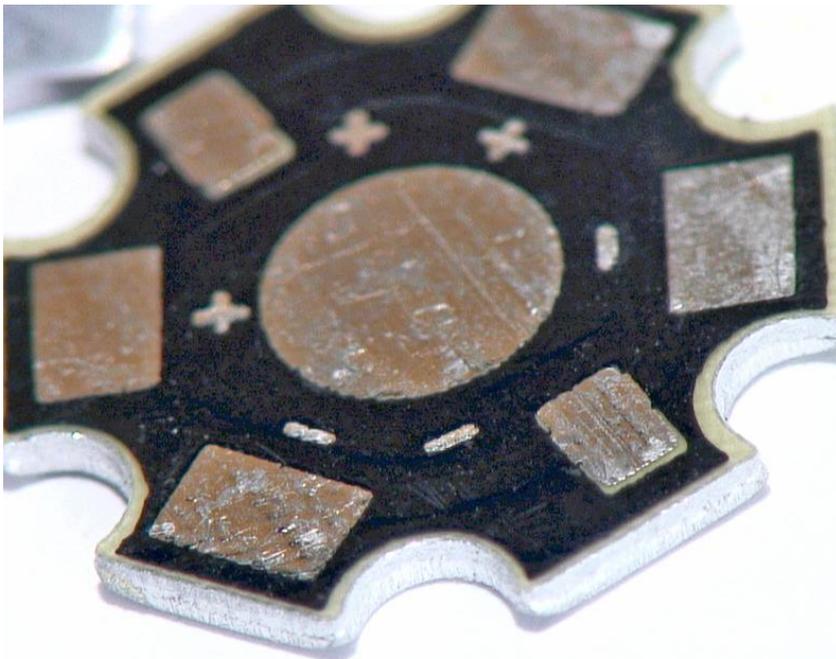
Beispiel (IMS-Leiterplatten)

IMS-Leiterplatten basieren auf einem Metallträger zwischen üblicherweise 0.80mm und 1.00mm Dicke aus Kupfer oder Aluminium.

Mit einem FR4-Prepreg ist die elektrisch leitende Kupferfolie auf das Trägermaterial gepreßt/geklebt. Bevorzugt werden Prepregs mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit eingesetzt.



Quelle Muster aus dem Internet



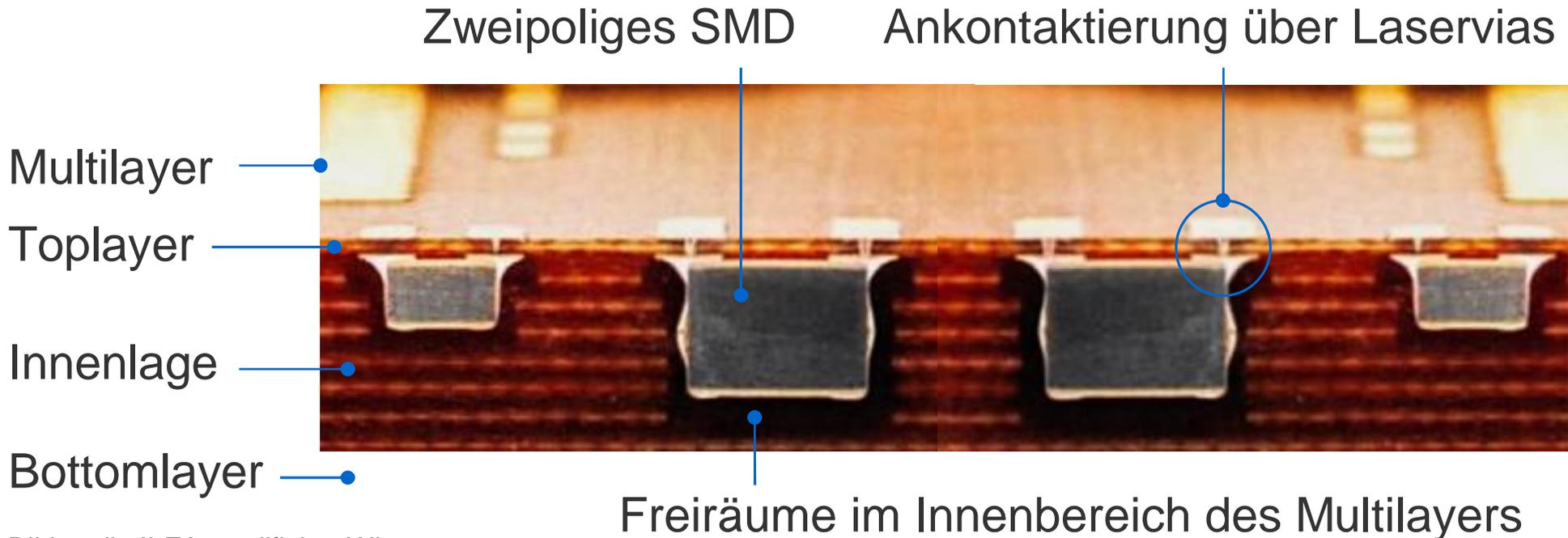
Embedded Components 1

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.





Voraussetzung für Lösungen



Vorgaben für ein Grundkonzept

Aussagen über die technische und wirtschaftliche Recyclingfähigkeit können bereits mit der BauteilAuswahl im Rahmen der Schaltplankonstruktion getroffen werden. Das setzt einen Zugriff auf eine international gepflegte und verfügbare Datenbank voraus.

Dafür fehlen zur Zeit juristisch verbindliche Vereinbarungen.

Diese Aufgabenstellung ist vorausschauend nur politisch lösbar und muß ähnlich der Arbeit an der RoHs langfristig angelegt sein.

Das Recycling elektronischer Baugruppen muß grundsätzlich schon Teil des Konzeptes für die Konstruktion der Baugruppe sein.

Mit der Auswahl der einzusetzenden Bauteile können ihre Recyclingfähigkeit bereits beurteilt werden, der Aufwand, die Technologie und die Kosten für eine Demontage. Ebenfalls kann die Wiederverwendbarkeit, die zu erwartende zuverlässige Funktionsdauer und der wirtschaftliche Erlös beurteilt werden.

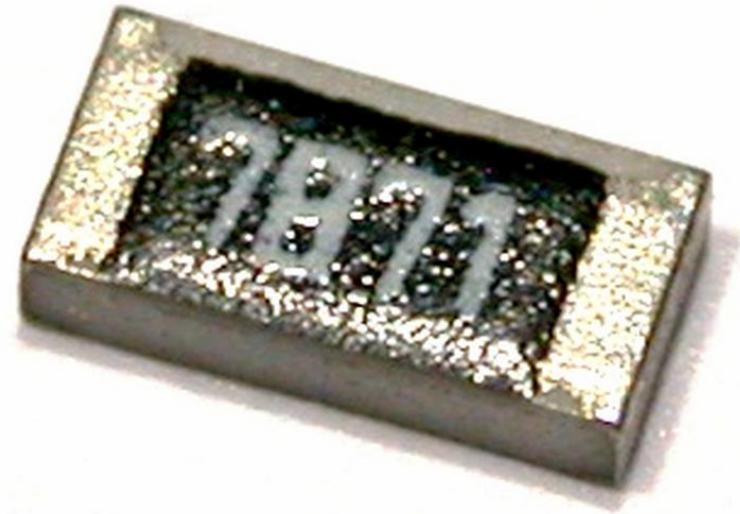
Idealerweise beginnt das Recycling bereits mit der Konstruktion des Schaltplans.



Zukünftige Anforderungen

Mögliches Datenbank-Konzept

Bauteilname	R15
Bauteilfunktion	Widerstand
Bauteilwert	7K87
Bauform	0805
Bauteilposition	X30045Y12340
aktuelles Alter	6 Jahre ?
Material	Plastik, Metall,...
Lebenszeit	26 Jahre ?
wiederverwertbar	ja ?
max. Lebensalter	12 Jahre ?
entstücken	entlöten ?
temperaturbelastbar	120°C ?
Recycling	zulässig ?
Gewicht	20mgr ?
magnetisch	nein ?



Diese Informationen sind in der BOM und im File für die automatische Bestückung der Baugruppen enthalten.

Option

Diese Informationen sollten in einer weltweiten Datenbank zum automatischen Download zur Verfügung stehen.



Zukünftige Anforderungen

Mögliches Datenbank-Konzept

Die automatische Interpretation **logistischer Informationen** ist nur bedingt zu erreichen.

Mögliches Datenbank-Konzept

Bauteilname	R15
Bauteilfunktion	Widerstand
Bauteilwert	7K87
Bauform	0805
Bauteilposition	X30045Y12340
Alter	6 Jahre
Material	Plastik Metall
Lebenszeit	26 Jahre
<u>Wiederverwertbar</u>	ja
Lebensalter	12 Jahre
<u>entstücken</u>	<u>entlöten</u>
Temperaturbelastbar	120°C
Recycling	zulässig
Gewicht	20mgr
Magnetisch	nein

Alter : Ist eine individualisierte weltweite Datenbank denkbar ?

Material : Wird ein Hersteller alle Qualitäten offenlegen (Chemie im Detail, Physik) ?

Lebenszeit : Wie soll das bauteilorientiert verwaltet werden ? Von wem ?

Lebensalter : Wie und wo wird das summiert, wenn recycelte Bauteile recycelt werden ? Ist Mehrfachrecycling für eine Komponente zulässig ?

Für ein automatisiertes Recycling sind chemische und mechanische Trennverfahren obligatorisch (z.B.: ist eine magnetische Aussortierung möglich ?).





...meine Freundinnen, meine Freunde
und ich vertrauen auf Euch...

Danke



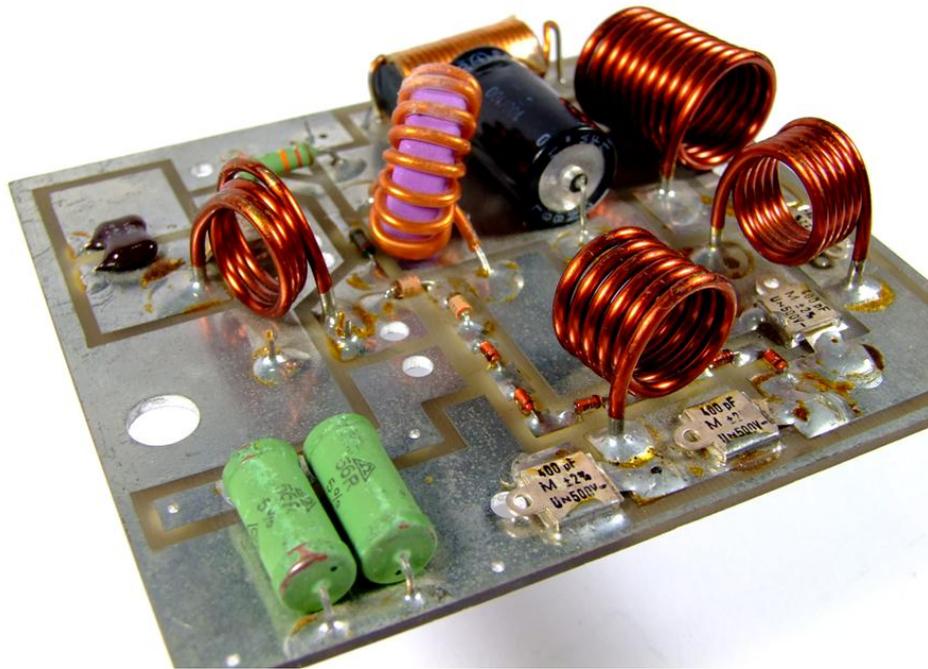


Anhang *Ankaufpreise*



Ankaufpreise

Elektronische Baugruppen sind sehr unterschiedlich. Basismaterialien und Endoberflächen von Leiterplatten, die Kupferbelegung eines Multilayers, und die chemische Zusammensetzung der Bauteile müssen üblicherweise optisch erkannt, eingeordnet und bewertet werden. Ohne Zugriff auf eine Spezifikation der Leiterplatte und der Bauteile kann das nicht mit zufriedenstellendem Erfolg durchgeführt werden.



Filter Baujahr cirka 1970



Maschinensteuerung Baujahr cirka 1985

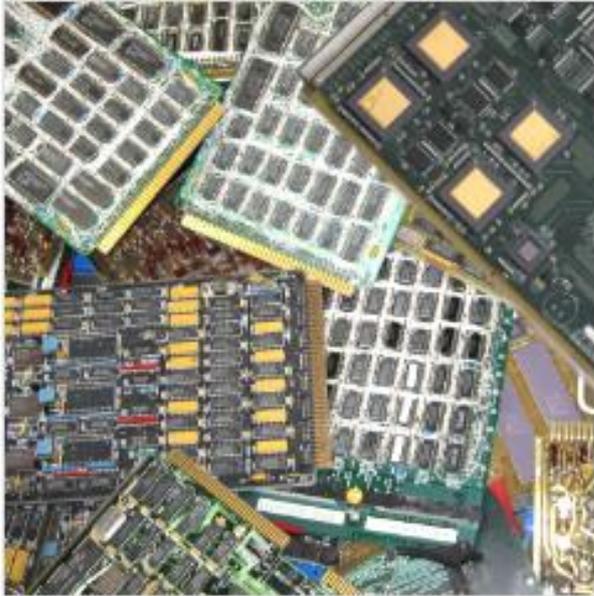
Die nachfolgenden Beispiel von der Scheideanstalt Fa. ESG Edelmetall-Service GmbH & Co. KG sind beispielhaft und dienen als Referenz.



Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 1A.

Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de



Leiterplatten Klasse 1 A

Beschreibung:

Bei **Leiterplatten Klasse 1-A** handelt es sich um alte Leiterplatten mit galvanisch vergoldeten Kontakten / Steckerleisten, sehr vielen kleinen und dicht gesetzten Chips, meist aus alten Großrechnern / Servern. Die Platinen dürfen nicht beraubt sein, Anhaftungen wie Bleche, Rahmen und Kühlkörper sind entfernt.

Ankaufpreis 11.05.2023

11,46 €/kg bis 1t

Preise für Sonder- bzw. größere Lose auf **Anfrage** / nach Materialsichtung

Beispielbilder

Notiz des Autors

Wann ist eine Leiterplatte alt ?

Woran erkenne ich *galvanisch* vergoldete Kontakte ?

Woran erkenne ich eine Steckerleiste ?

Ab welchem Maß sind Chips "klein" und "dicht" bestückt ?



Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 1B

Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de



Leiterplatten Klasse 1 B

Beschreibung:

Bei **Leiterplatten Klasse 1-B** handelt es sich um Leiterplatten aus Computern / Industriegeräten, welche sichtbare Vergoldungen, zahlreiche edelmetallhaltige Chips / Transistoren und Steckkontakte haben. Bei Motherboards / Steckkarten (Sound + Grafikkarten) nur alte Leiterplatten bis zum Herstellungsjahr 2000. Bleche und Kühlkörper sind entfernt, ebenso Batterien.

Ankaufpreis 11.05.2023

8,59 €/kg bis 1t

Preise für Sonder- bzw. größere Lose auf **Anfrage** / nach Materialsichtung

Beispielbilder

Notiz des Autors

Woher weiß ich, aus welchem Gerät eine Baugruppe stammt ?

Woher weiß ich, daß Chips oder Transistoren edelmetallhaltig sind ?

Vergoldungen der Endoberfläche sind bei guter Benetzung der gelöteten SMD-Flächen nicht erkennbar.



Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 1C

Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de



Leiterplatten Klasse 1 C

Beschreibung:

Bei **Leiterplatten Klasse 1-C** handelt es sich um bunte Motherboards ohne Anhaftungen aus Computern (gelb, blau, orange, lila, ebenso grüne PC-Motherboards, Grafikkarten / Soundkarten ab dem Herstellungsjahr 2000 / ab der PC Generation Pentium4 / AMD Athlon). Ausserdem um Platinen der Klassen 1-A und 1-B, bei denen Eisen- und Aluminiumanhaftungen wie Bleche und Kühlkörper nicht entfernt, bzw. von denen edelmetallhaltige Bauteile wie Chips entfernt wurden.

Ankaufpreis 11.05.2023

3,43 €/kg bis 1t

Preise für größere Mengen auf **Anfrage** bzw. nach Materialsichtung

Beispielbilder

Notiz des Autors

"Bunte Motherboards" ? Das ist physikalisch identischer Lötstopplack, und den gibt's außerdem in rot, schwarz und weiß. Was ist der chemisch-physikalische Unterschied zwischen Motherboards, Grafikkarten und Sound-karten ? Gibt es keine anderen CPUs als Pentium und AMD ?

Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 2A

Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de



Leiterplatten Klasse 2 A

Beschreibung:

Bei **Leiterplatten Klasse 2-A** handelt es sich um Leiterplatten aus Industriegeräten, welche jedoch im Gegensatz zu **Klasse 1 Leiterplatten** kaum sichtbare vergoldete Kontakte haben. Die Platinen sind mit kleinen edelmetallhaltigen Chips, Transistoren und Quarzen bestückt, dürfen jedoch keine Bauteile (Kühlkörper, Trafos, Kondensatoren) enthalten, die größer als ein Daumen sind. Ausserdem Leiterplatten der Klasse I-C mit Anhaftungen.

Ankaufpreis 11.05.2023

2,57 €/kg bis 1t

Preise für größere Mengen auf **Anfrage** / nach Materialsichtung

Beispielbilder

Notiz des Autors

Unterscheiden sich Baugruppen aus Industriegeräten von Baugruppen in den Bereichen Automotive, LKW und Agrartechnik ?

Welche Chips, welche Transistoren und welche Quarze enthalten Edelmetalle, und wenn ja, in welcher Legierung und in welcher Menge ?



Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 2B



Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de

Leiterplatten Klasse 2 B

Beschreibung:

Bei **Leiterplatten Klasse 2-B** handelt es sich um Leiterplatten aus Industriegeräten welche jedoch im Gegensatz zu **Klasse 1 Platinen** kaum sichtbare vergoldete Kontakte haben. Die Platinen sind mit wenigen edelmetallhaltigen Chips, Transistoren und Quarzen bestückt, und dürfen vereinzelt Bauteilanhaltungen wie Kühlkörper, Traffos oder Relais enthalten.

Ankaufpreis 11.05.2023

1,37 €/kg bis 1t

Preise für größere Mengen auf **Anfrage** / nach Materialsichtung

Beispielbilder

Notiz des Autors

Wie viele Chips sind "wenige edelmetallhaltige Chips" ?

Wie viele Bauteilanhaltungen sind "Vereinzelte Anhaltungen" ?

Was ist eine Anhaffung ?

Wann sind sichtbare vergoldete Kontakte "kaum sichtbar" ?



Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 2B



Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de

Leiterplatten Klasse 3

Beschreibung:

Bei **Leiterplatten Klasse 3** handelt es sich um Platinen mit großen Bauteilen wie Kondensatoren, Trafos, Kühlkörpern und nur wenigen edelmetallhaltigen Bauteilen / Chips oder Kontakten. Herkunft meist aus Monitoren, Netzteilsteuerungen oder Unterhaltungselektronik. Ausserdem Leiterplatten der **Klassen 1** und **2** sofern dort sehr große / schwere Anhaftungen enthalten sind.

Ankaufpreis 11.05.2023

0,85 €/kg bis 1t

Preise für größere Mengen auf **Anfrage** / nach Materialsichtung

Beispielbilder

Notiz des Autors

Wann ist ein Kondensator ein "großer Kondensator" ?

Wann sind edelmetallhaltige Bauteile "Wenige Bauteile" ?

Woran erkennt man edelmetallhaltige Bauteile ?

Welche Bauteile sind groß und schwer ?



Leiterplatten Klasse 2B

Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de



Chips

Beschreibung:

Chips / Eproms / ICs aus Computern / Industrierechnern. Bei normalen, schwarzen Chips wird unterschieden zwischen folgenden Sortierungen:

- **Chips Keramik**, Keramik E-Proms
- **Chips Plastik**, Kunststoff ICs

Sonderchips / Bauteile, Telefonchips, Bankkarten-Chips, SIM-Karten etc. bei größeren Mengen Preiskalkulation nach Edelmetallgehalt.

Ankaufpreis 11.05.2023

14,32 €/kg bis 100kg Keramik Eproms

9,74 €/kg bis 100kg Plastik-Chips

Sonder-Chips nach Edelmetallgehalt

Preise für größere Mengen auf **Anfrage** / nach Materialsichtung

Notiz des Autors

Sind Chips und ICs unterschiedliche Produkttypen ?

Sind EPROMS keine ICs ? Ist "IC" eine THD- oder SMD-Bauform ?

Gibt es außer EPROMS auch EEPROMS ? Was sind "Sonderchips" ?

Gibt es EPROMS nur als "IC" oder auch als BGA ?



Ankaufpreise

Leiterplatten Klasse 2B

Quelle info@scheideanstalt.de / Internet.de



Relais

Beschreibung:

Relais: Schaltkontakte mit Kupferspule und edelmetallhaltigen Kontakten bzw. Kontaktnieten aus einer Silberlegierung, Silber-Palladium, Silber vergoldet oder Au-Ni, Ag-Ni, usw.

Der Ankaufpreis richtet sich hier nach dem Edelmetallgehalt bzw. nach der Mischung.

Ankaufpreis 11.05.2023

0,50-5,00 €/kg je nach Sorte

Preise für größere Mengen auf **Anfrage** bzw. nach Materialsichtung

Notiz des Autors

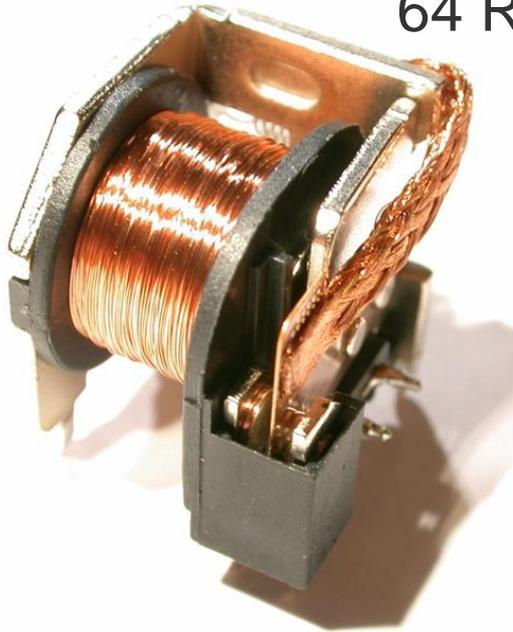
- Spielen zusätzliche Qualitäten (UL-Zertifizierung) eine Rolle ?
- Können/sollen Relais wiederverwertet werden (Kreislaufwirtschaft) ?
- Werden außer den Metallen auch Plastikgehäuse bewertet ?
- Wie werden in der Bewertung die "Sorten" unterschieden ?
- Wie wird der Edelmetallgehalt/die "Mischung" ermittelt und bewertet ?



Bauteilgewichte (Auswahl)

Das Gewicht von Baugruppen und/oder Bauteilen ist nicht immer eine Referenz für den Ankaufspreis, zudem ist man mit den Gewichten nicht vertraut.

Relais 15.62gr
64 Relais ~ 1 kg



Tantalkondensator 135mgr
7407 Kondensatoren ~ 1 kg

SMD-Widerstand 19mgr
52631 Widerstände ~ 1 kg



THD-Induktivität 1.64g
610 Induktivitäten ~ 1 kg



THD-IC EEPROM 7.65gr
131 EEPROMS ~ 1 kg

SMD-Elektrolytkondensator 2.86gr
350 Kondensatoren ~ 1 kg

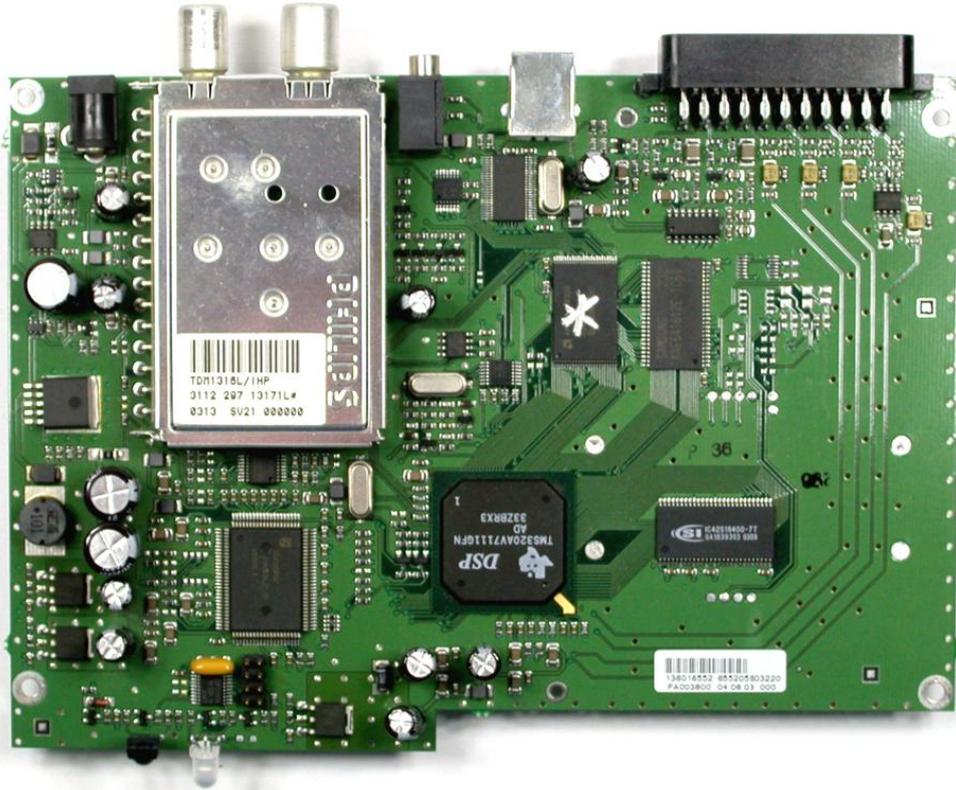


Alukühlkörper 5gr
200 Kühlkörper ~ 1 kg



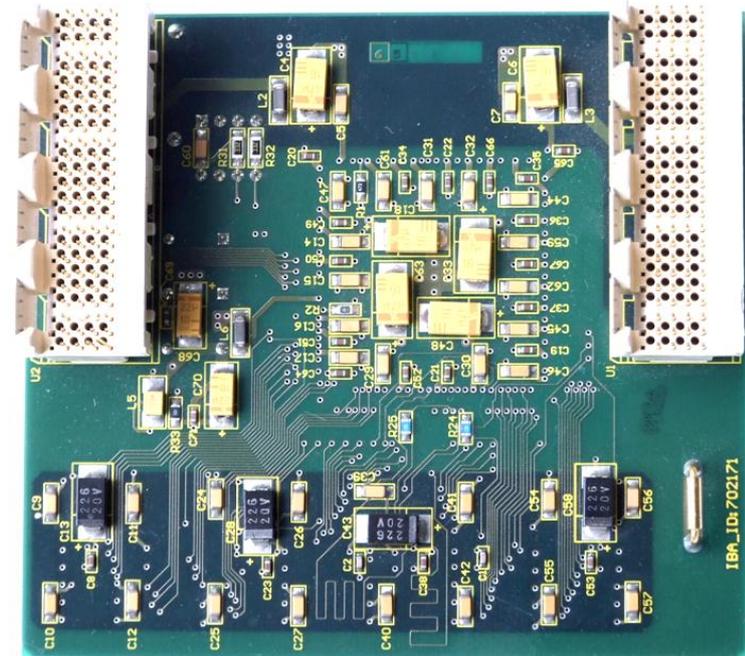
Baugruppengewichte

Das Baugruppengewicht ergibt sich aus dem Gewicht der Leiterplatte, der Bauteilen und der eingesetzten Lotpaste.



DVBT-Empfänger **173gr**, doppelseitig, FR4 einseitig bestückt

Industriesteuerung **71gr**, 6-Lagen-Multilayer, FR4 doppelseitig bestückt





Anhang Bauteileigenschaften



Möglicherweise zu entsorgende Bauteile

Die Optionen für die Auswahl elektromechanischer Bauteile auf einer Baugruppe sind zahlreich. Die Geometrien für die Bauteile liegen als SMD (~ **S**urface **M**ounted **D**evice) oder als THD (~ **T**hrough-**H**ole **D**evice) vor. Die beiden geometrischen Varianten sind oft kombiniert auf einer Baugruppe bestückt.

Bauteiltypen (...eine Auswahl)

n-Segment-Anzeigen AC/DC-Wandler Batterien Beschleunigungs-
sensoren Brückengleichrichter Buchse/nleisten DC/DC-Wandler
Dioden (Standard) Dioden (Schottky) Dioden (Zener) Diodenarrays
Drahtbrücken Drosseln Drucksensoren EMI-Filter Federn Ferrite
Gasableiter Hochstromkontakte ICs IC-Sockel Kabel Klemmen
Kondensatoren (ungepolt) Kondensatoren (gepolt) Kondensatorarrays
Kühlkörper Transistoren Leuchtdioden Optische Sensoren Opto-
koppler Potentiometer Quarze Relais Relaissockel Schalter
Schaltschütze Sicherungen Sicherungshalter Spannungsregler
Spulen Induktivitäten Stecker Stiftheisten Summer Thermistoren
Transformatoren Transistoren Überspannungsableiter Varistoren
Widerstände Widerstandsarrays



Bauteileigenschaften : Widerstände

- Aufgabe** Ein elektrischer Widerstand steuert Spannung und Stromstärke in einem elektrischen Leiter.
- SI-Einheit** Ohm [Ω]
- Wert** Im Klartext oder als Codierung aufgedruckt.
- Material** Metallanschluß, Metalldraht, Kohle- oder Metallschicht, Porzellankörper
- Recycling** Die Materialien können nicht wirtschaftlich erfolgreich vereinzelt werden. Eine Wiederverwertung ist bei automatisierter Entstückung denkbar.

SMD

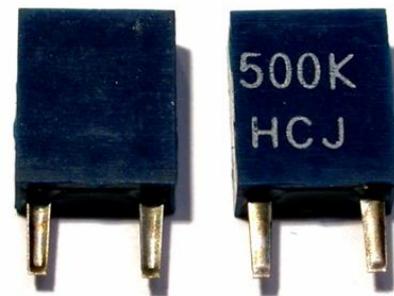


minimelf
2512

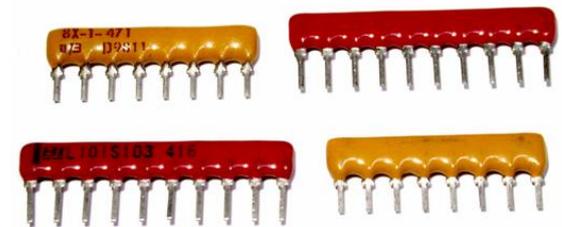
THD



Drahtwiderstand



Blockwiderstand



Widerstands-
netzwerk



Bauteileigenschaften : ungepolte Kondensatoren

- Aufgabe** Kondensatoren speichern elektrische Ladungen/Energie in einem Feld.
- SI-Einheit** Farad [F]
- Wert** Bei THDs im Klartext aufgedruckt, SMDs sind ohne Hinweis.
- Material** Metalldraht, Keramiksubstrate, Kunststofffolien, Polyester, Polypropylen.
- Recycling** SMD-Kondensatoren können nicht wirtschaftlich erfolgreich identifiziert und vereinzelt werden. THDs können identifiziert, manuell entlötet, und wiederverwertet werden.

SMD

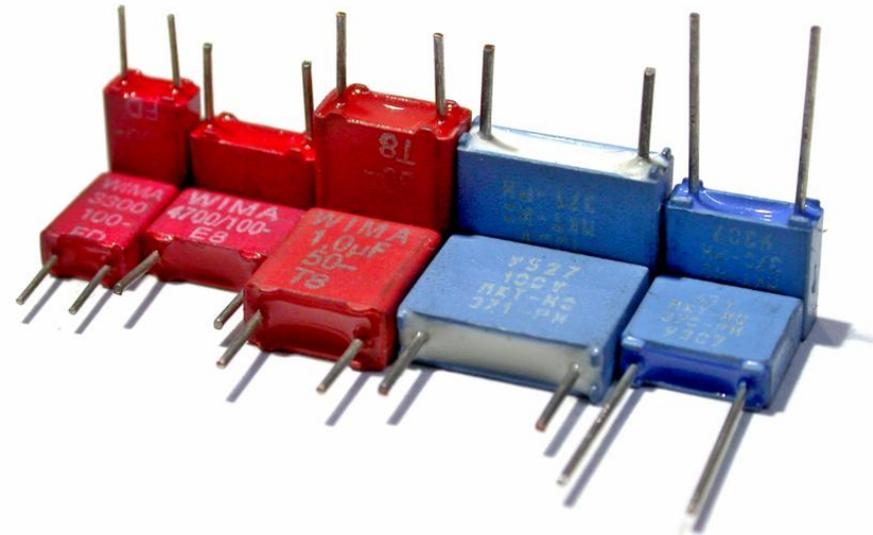


minimelf
2512

THD



Drahtkondensator



Folienkondensator



Bauteileigenschaften : gepolte Kondensatoren

- Aufgabe** Kondensatoren speichern elektrische Ladungen/Energie in einem Feld.
- SI-Einheit** Farad [F]
- Wert** Im Klartext oder als Codierung aufgedruckt.
- Material** Plastik, Metallanschlüsse, Metallgehäuse, Kunststofffolien, Aluminium- und Tantal-Elektrolyte.
- Recycling** Eine Wiederverwertung ist bei automatisierter Entstückung möglich (...aber unwirtschaftlich). Höherwertigere THDs können manuell entlötet werden.

SMD



Tantal Bauform "C"

THD



Aluminium-Elektrolyt



Bauteileigenschaften : Dioden

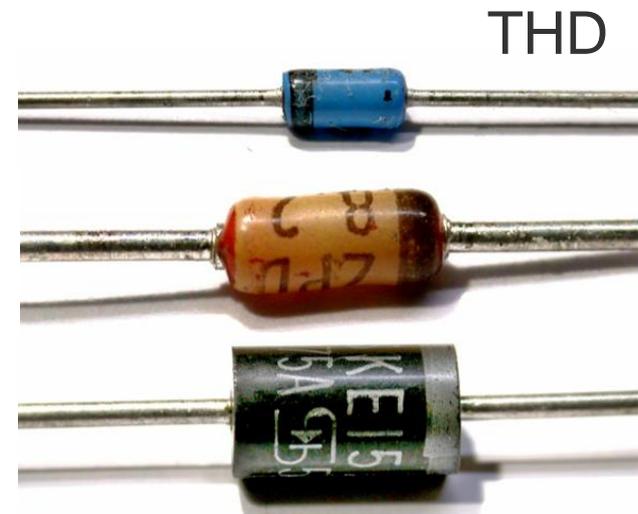
Aufgabe Dioden gestatten den Stromfluß nur in Richtung von der Anode zur Kathode. Flexible Einsatzbereiche.

SI-Einheit keine

Wert Als Codierung aufgedruckt oder aufgelasert. Unterschieden werden Standard-, Kapazitäts-, Schottky-, Zener-, Signal-, Supressor- und Gleichrichterioden.

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

Recycling Eine Wiederverwertung oder Materialtrennung ist nur in geringem Umfang wirtschaftlich und setzen eine chemische Aufbereitung voraus.



Bauform melf, minimelf, Rechteck-Standards

bedrahtet



Bauteileigenschaften : Transistoren

Aufgabe (Schalt-)Transistoren regeln und steuern Ströme und Informationen zwischen den Komponenten einer Schaltung.

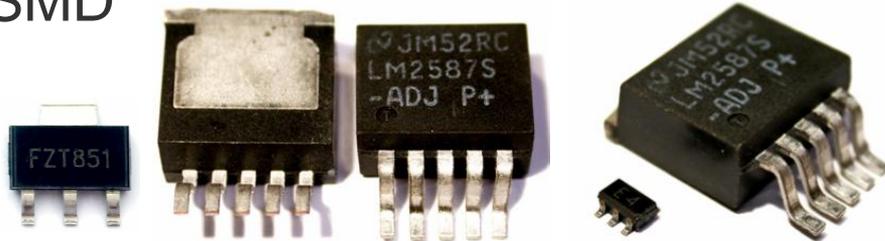
SI-Einheit keine

Wert Als Codierung aufgedruckt oder aufgelasert. Unterschieden werden Feldeffekttransistoren (FET), Bipolartransistoren (BJT), Hochspannungstransistoren (IGBT), Metalloxid-Halbleiter (MOSFET),...

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

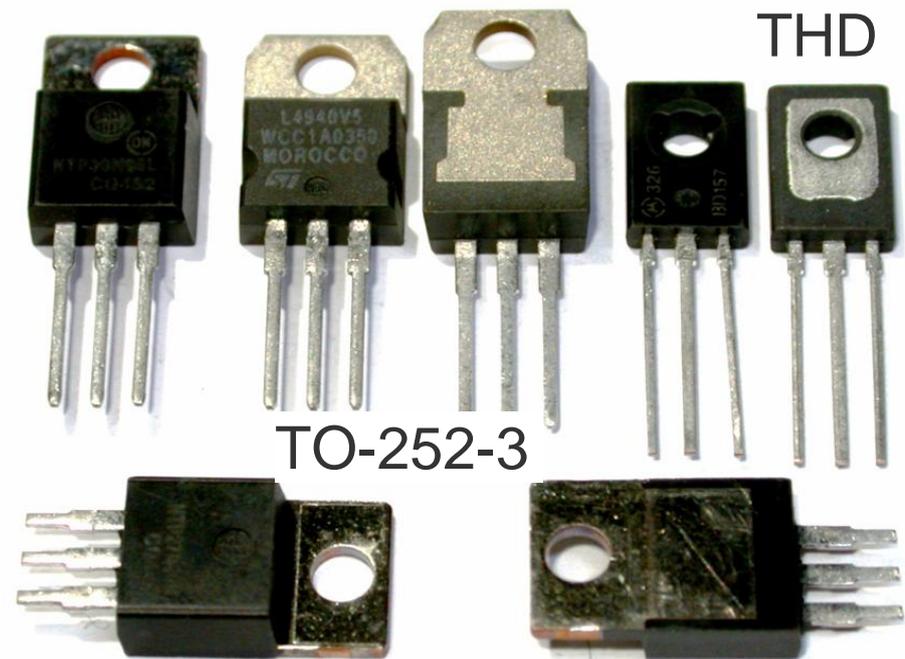
Recycling Ein Recycling ist nur durch Zerstörung und nachfolgende chemische Aufbereitung möglich.

SMD



SOT-89

TO-263-5



TO-252-3

THD



Bauteileigenschaften : Induktivitäten/Spulen

Aufgabe Die Induktivität verkoppelt die Energie eines elektrischen Feldes mit der Energie eines magnetischen Feldes.

SI-Einheit Henry [h]

Wert Induktivitäten sind als SMDs und THDs verfügbar.

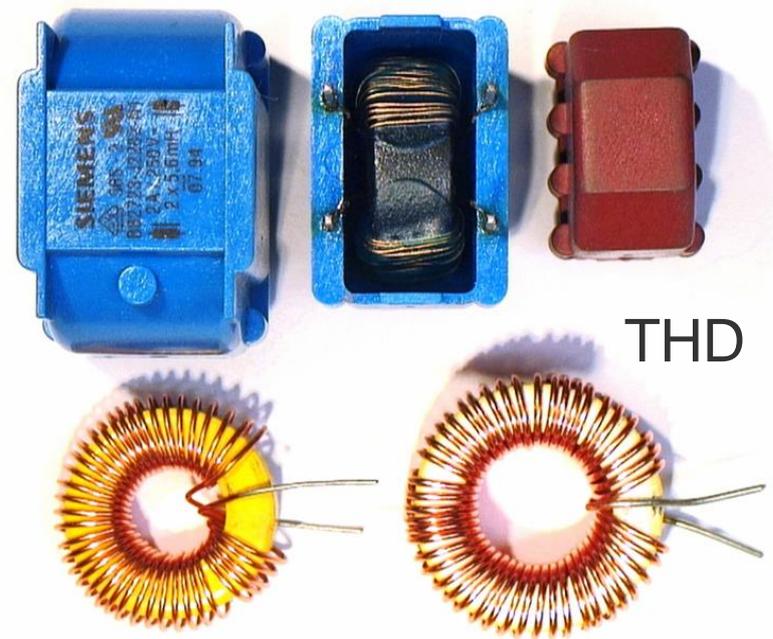
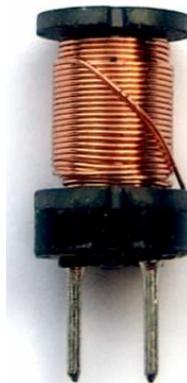
Material Metalldrahtanschlüsse, Kupferdraht, Keramikträger, Plastikgehäuse .

Recycling Eine Wiederverwertung oder Materialtrennung der SMD-Komponenten ist nur in geringem Umfang wirtschaftlich. THDs können dagegen manuell ausgelötet und entfernt werden und sind höherwertig. Eine Wiederverwertung ist möglich und wirtschaftlich attraktiv.

SMD



Bauformen freibleibend



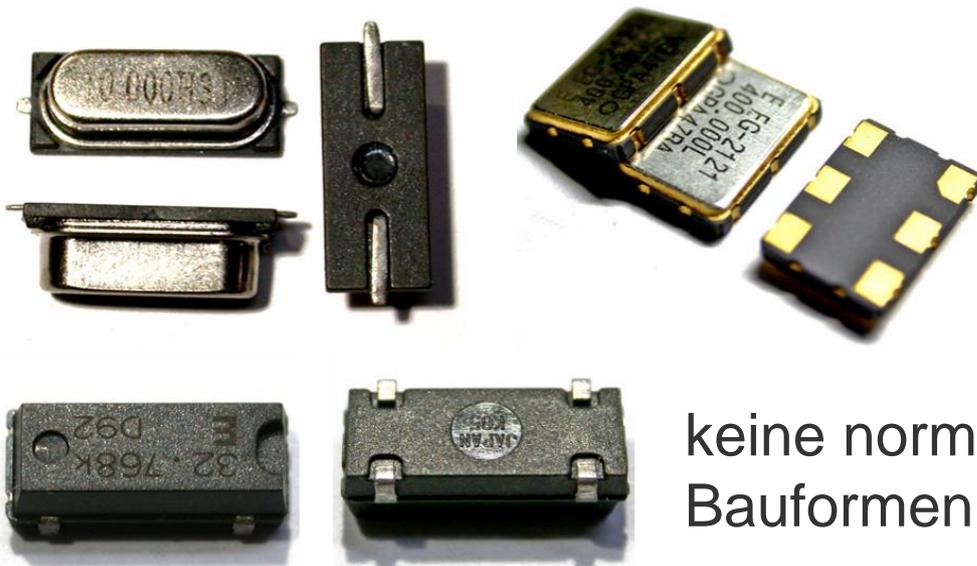
THD



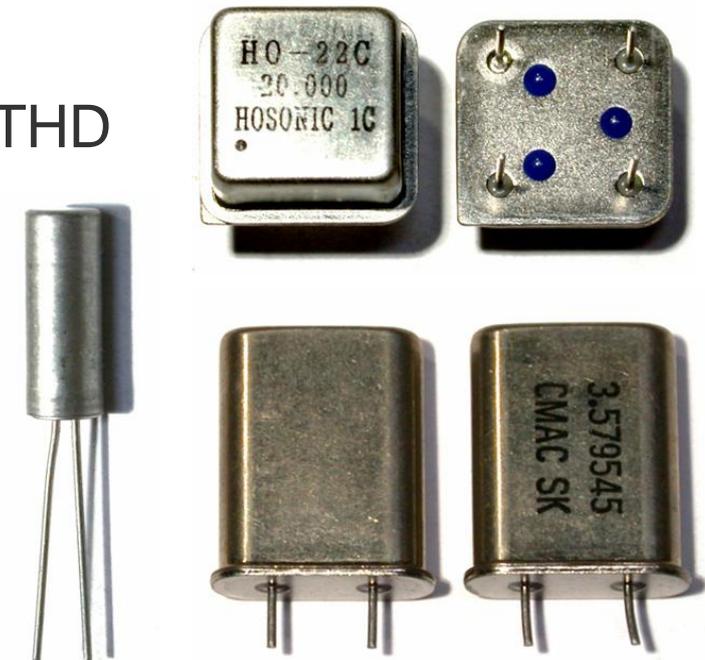
Bauteileigenschaften : Quarze

Aufgabe	Quarze geben den Takt für die Steuerung/den Betrieb elektrischer Baugruppen vor.
SI-Einheit	keine, im Klartext oder abgekürzt die Betriebsfrequenz
Wert	Im Klartext oder abgekürzt die Betriebsfrequenz,
Material	Metalldraht, Plastik, Goldkontakte, Keramik
Recycling	Sowohl SMDs als auch THDs könnten entlötet und wiederverwertet werden. Allerdings haben Quarze nur einen niedrigeren bis mittleren Wert (~ 0.3 - 1.0 €).

SMD



THD



keine normierten Bauformen

Bauteileigenschaften : ICs

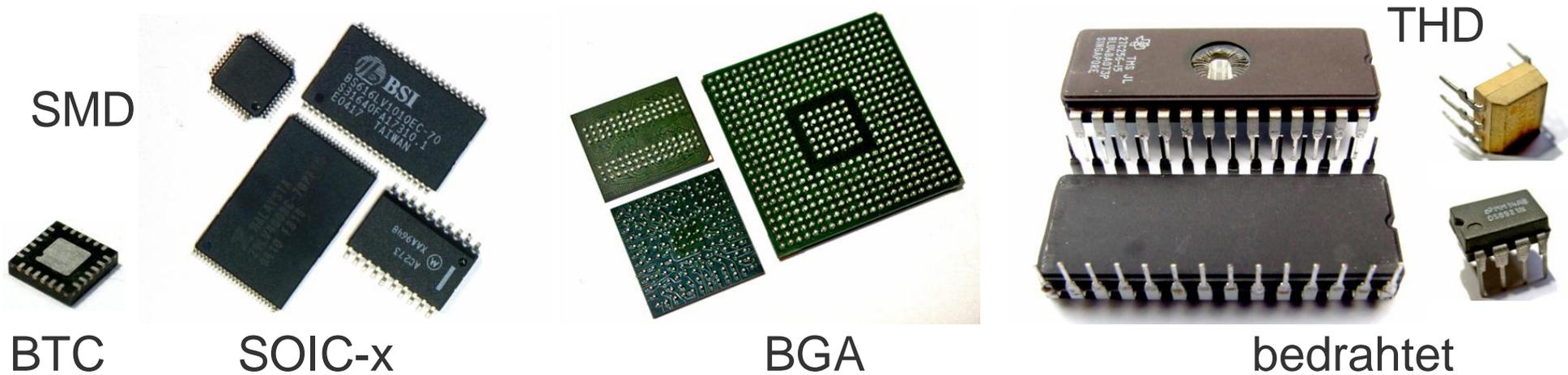
Aufgabe Integrated Circuits (~ ICs) sind aktive elektronische Bauteile mit vielen Funktionen. Klassisch sind Steuerfunktionen, Lösung graphischer und mathematischer Aufgaben, Datenspeicher (DDR3-RAM)

SI-Einheit keine

Wert Als Codierung aufgedruckt oder aufgelasert. Unterschieden werden die vielfältigen Funktionen.

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

Recycling Der Wert eines ICs kann abhängig von der Funktion niedrig oder hoch sein. BTCs und BGAs können entlötet/gereballed werden, müssen aber aufwendig wiederaufbereitet werden.



Bauteileigenschaften : Relais

- Aufgabe Relais steuern/schalten Energie/Informationen.
- SI-Einheit keine
- Wert Aufgedruckt.
- Material Metall, Plastikgehäuse, Kupferspulen.
- Recycling Eine Demontage und ein Entlöten sind möglich.
Relais sind wirtschaftlich mittel- bis höherwertig.
Eine Wiederverwertung geprüfter Relais ist denkbar.
Relais gibt es auf Grund ihres Gewichtes nur als THD und nicht als SMD.



THD

Relais für die Leiterplattenmontage.

Es gibt ähnliche aber keine standardisierten Bauformen.

KFZ-Relais



Bauteileigenschaften : Transformatoren

Aufgabe Transformatoren wandeln Eingangswchselfspannungen in Ausgangswchselfspannungen um.

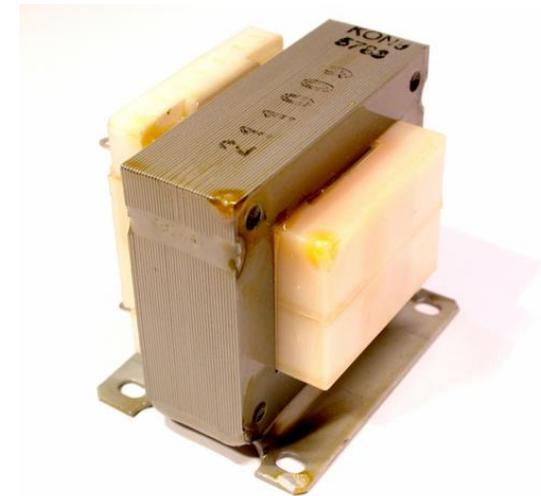
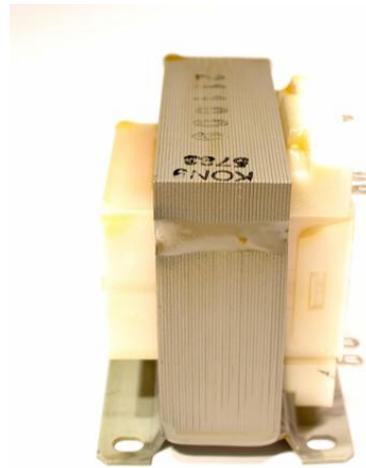
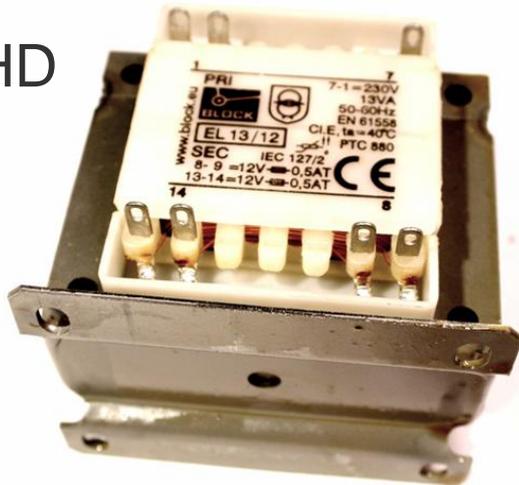
SI-Einheit keine

Wert In Volt (V) aufgedruckt.

Material Metall-/Plastikgehäuse, Metallmantel, Kupferspulen.

Recycling Eine Demontage und ein Entlöten sind möglich. Transformatoren sind wirtschaftlich mittel- bis hochwertig. Eine Wiederverwertung geprüfter Transformatoren ist technisch sinnvoll. Wegen ihres hohen Gewichtes gibt es Transformatoren nur als THD und nicht als SMD.

THD



Transformator. Es gibt keine standardisierten Bauformen.



Bauteileigenschaften : Stecker

Aufgabe Elektrische Verbindungen zwischen Baugruppen, Geräten und/oder peripheren Komponenten.

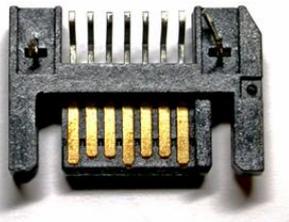
SI-Einheit keine

Wert Nur Pitch und Pinanzahl sind bekannt. Die Plastikchemie ist üblicherweise unbekannt.

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

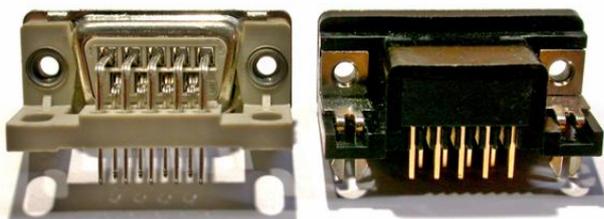
Recycling Eine Wiederverwertung ist möglich und wertig, das Entlöten ist wirtschaftlich aufwendig.

SMD

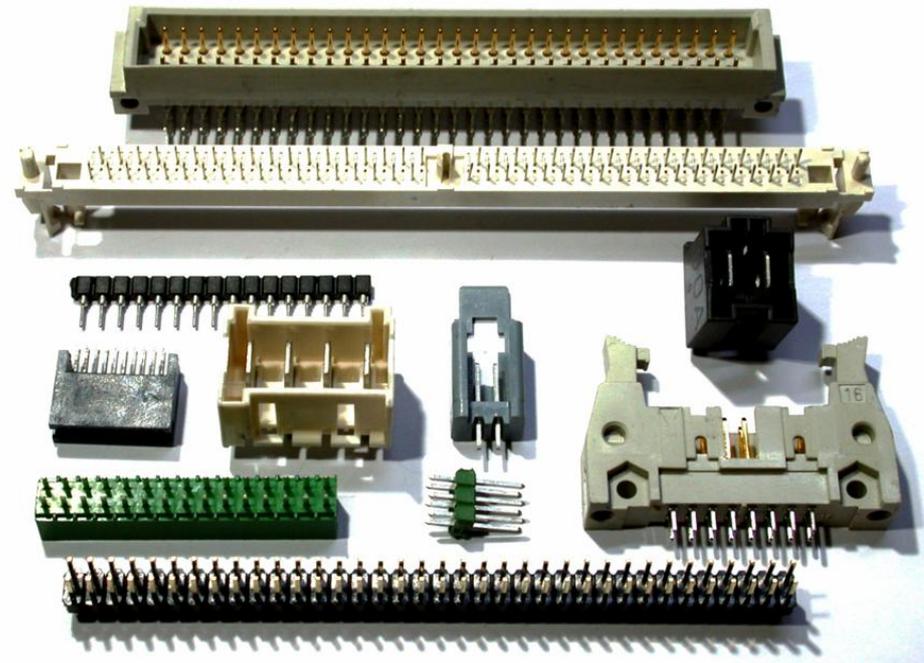


Sata

THD



Sub-D-9



diverse bedrahtete Steckervarianten



Bauteileigenschaften : Metallische Komponenten

Aufgabe Unterschiedlich.

SI-Einheit keine

Wert Kein Aufdruck.

Material Vollmetall, Aluminium, Eisen, Nickel.

Recycling Einfache Demontage für meistens minderwertige Transistor-Kühlkörper und Schraubhülsen. Hochstrommontagen sind eingepreßt, Klemmen und Drahtbrücken eingelötet.
Ein Entlöten ist wirtschaftlich unattraktiv.



Transistor-Kühlkörper



Drahtbrücke



Klemme



Hochstrommontage

THD



Schraubhülsen



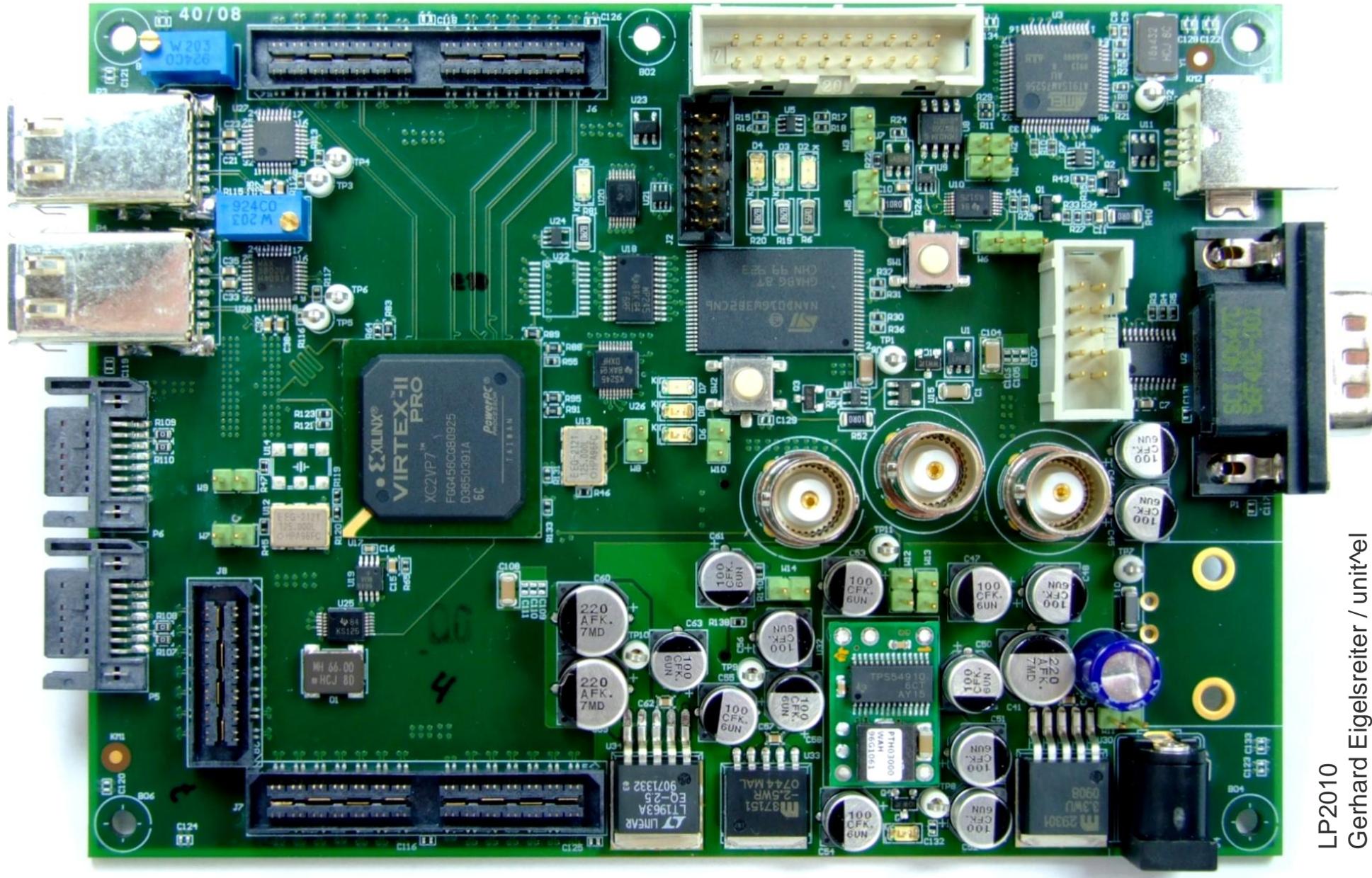


Anhang

Bauteile erkennen/zuordnen



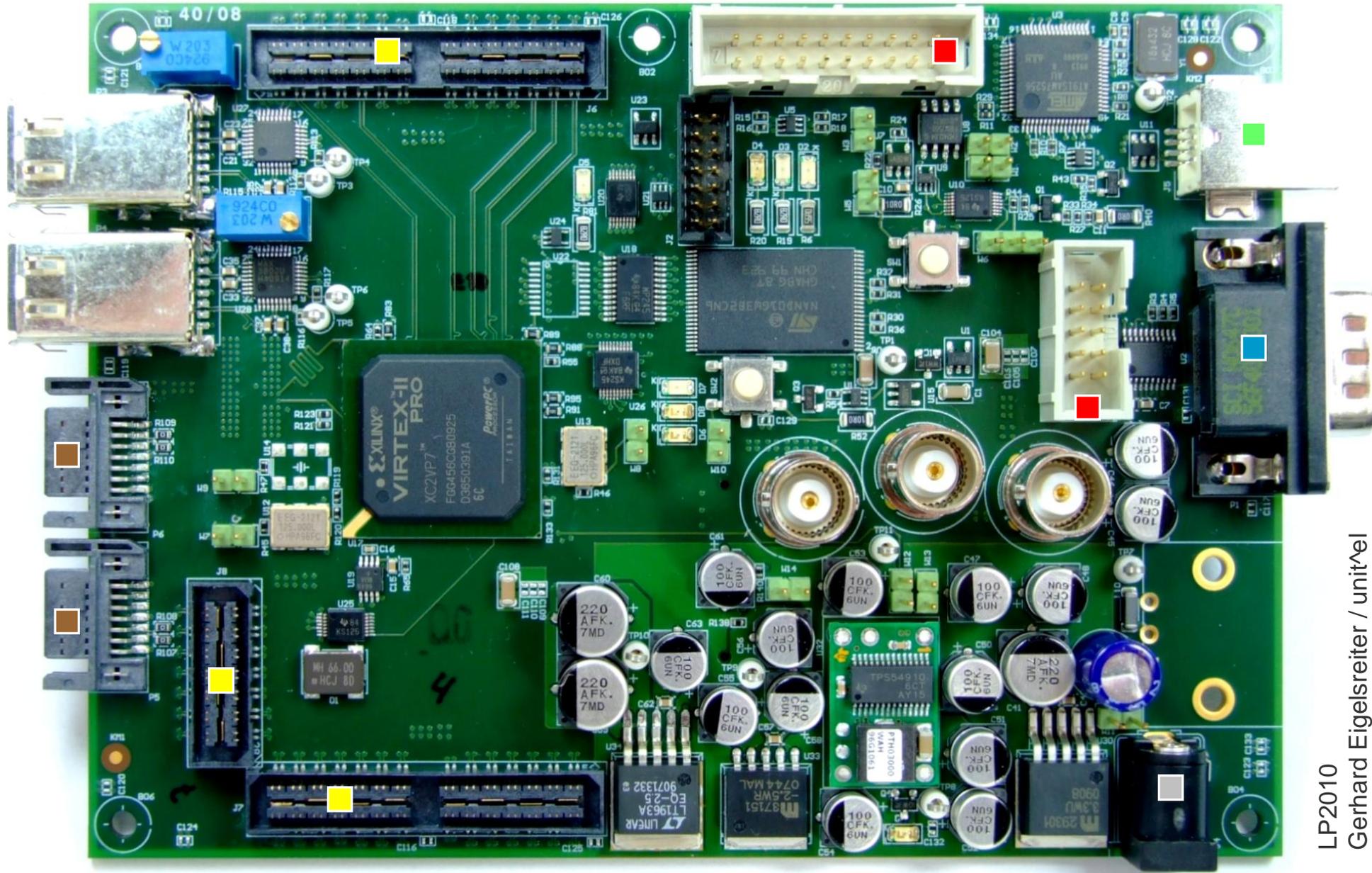
Bauteile erkennen



LP2010
Gerhard Eigelsreiter / unit4ei

Die optische Interpretation des Recyclings/der Wiederverwertung von Bauteilen setzt sehr viel Erfahrung voraus und ist sehr zeitaufwendig.

Bauteile erkennen 1



■ Highspeed-Stecker
■ Sata-Stecker

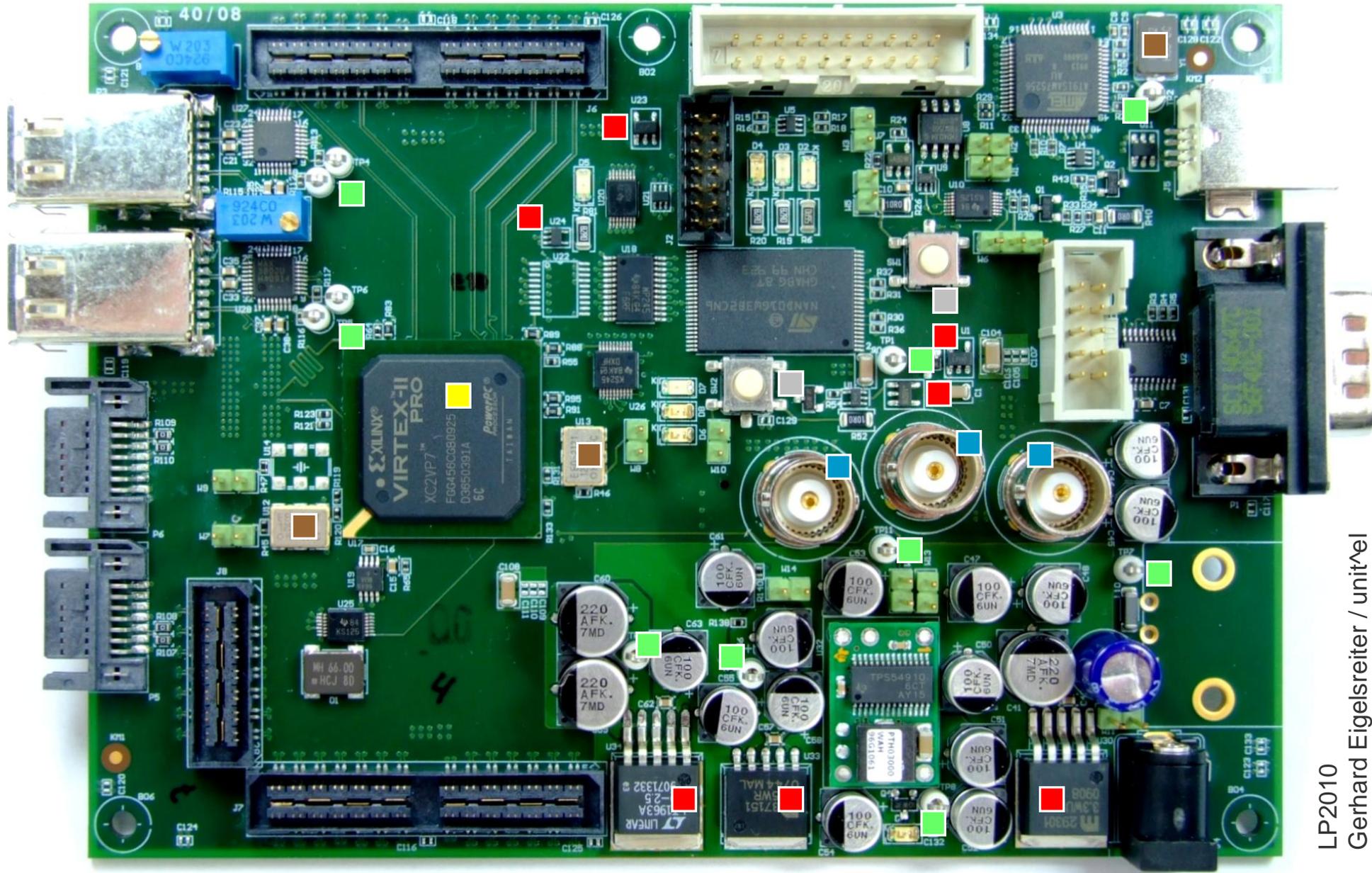
■ Bedrahtete Stecker
■ USB-Buchse

■ Sub-D-Stecker
■ Netzanschluß

LP2010
Gerhard Eigelsreiter / unit4ei



Bauteile erkennen 2



■ FPGA-IC
■ Quarz

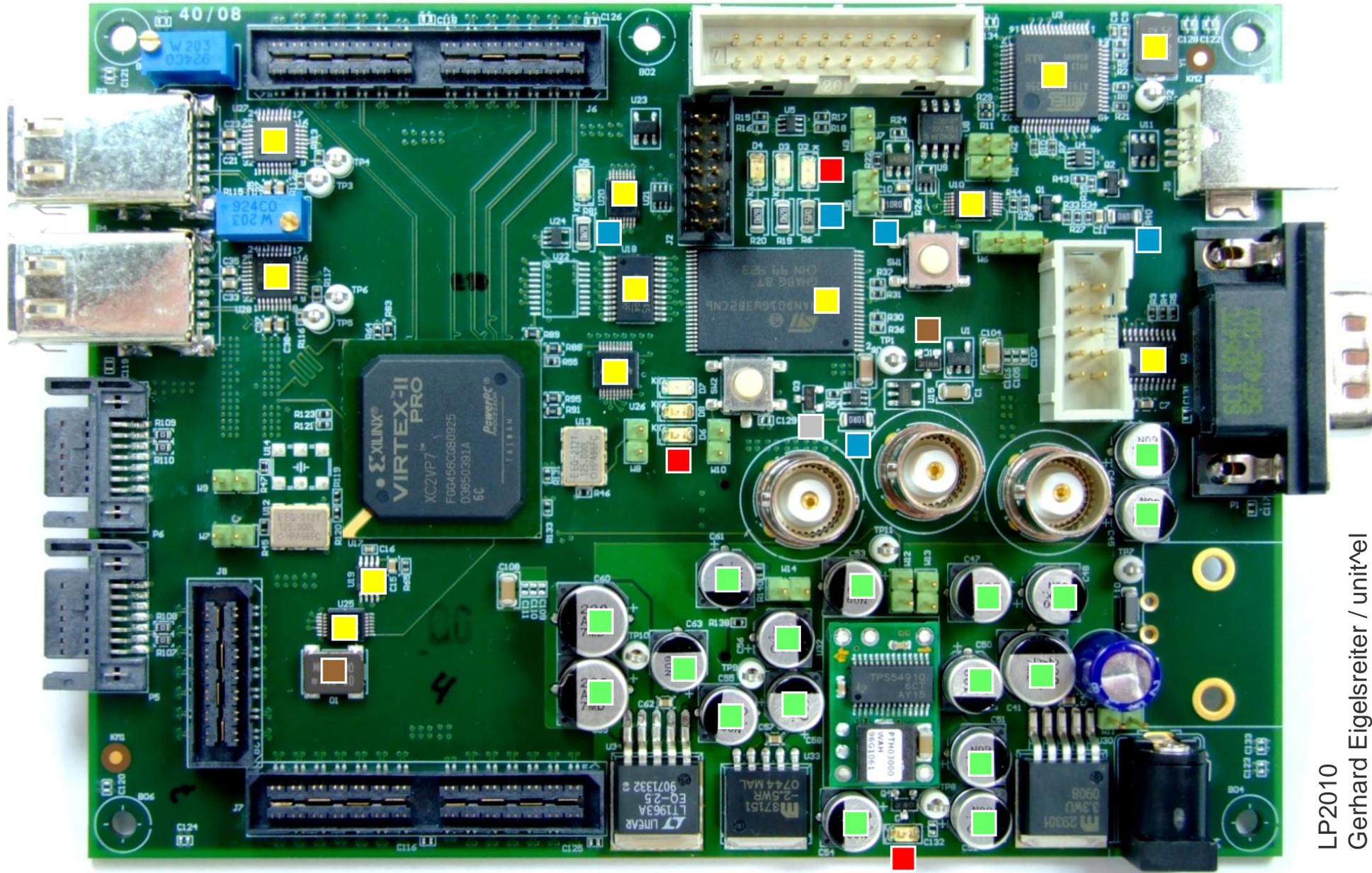
■ Spannungsregler
■ Testpunkt

■ BNC-Buchse
■ Taster

LP2010
Gerhard Eigelsreiter / unit4ei



Bauteile erkennen 3



■ SMD-ICs
■ Diode

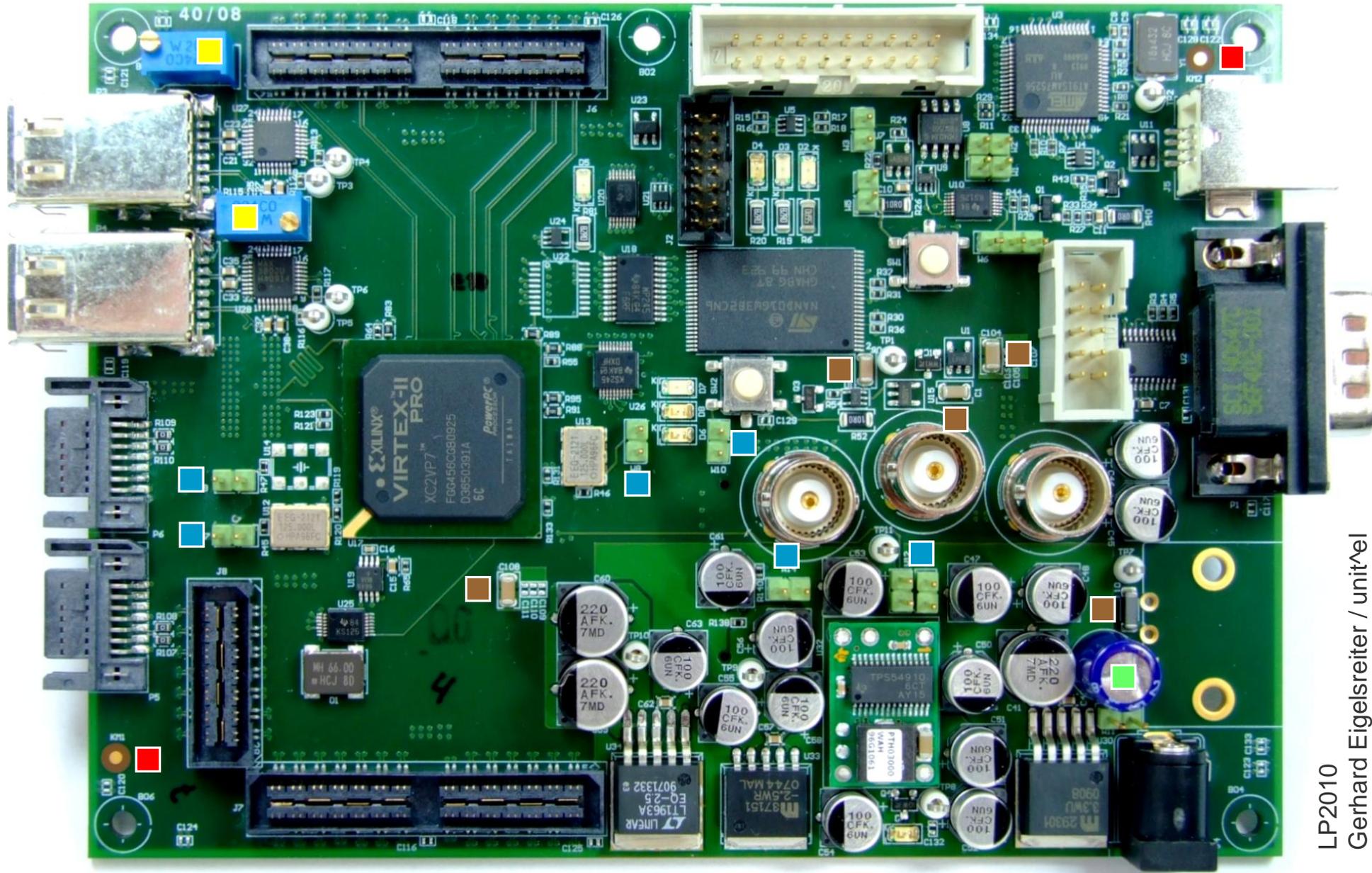
■ Leuchtdiode
■ Elektroltkondensator

■ Widerstand
■ Transistor

LP2010
Gerhard Eigelsreiter / unit\ei



Bauteile erkennen 4



- Drehpotentiometer
- Referenzmarke
- Brücke
- Kondensator ungepolt
- Elektrolytkondensator (bedrahtet)

LP2010
Gerhard Eigelsreiter / unit4ei



Informationen zur
LA - LeiterplattenAkademie GmbH



LeiterplattenAkademie



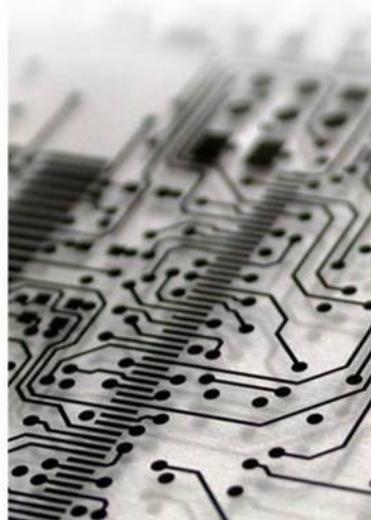
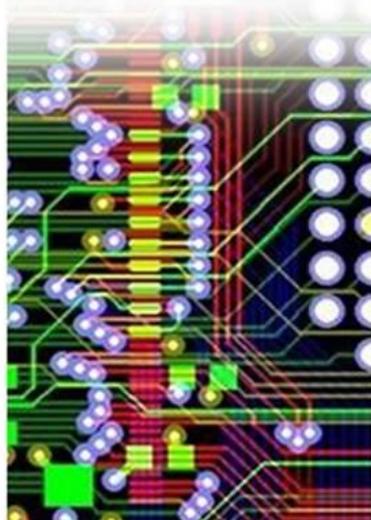
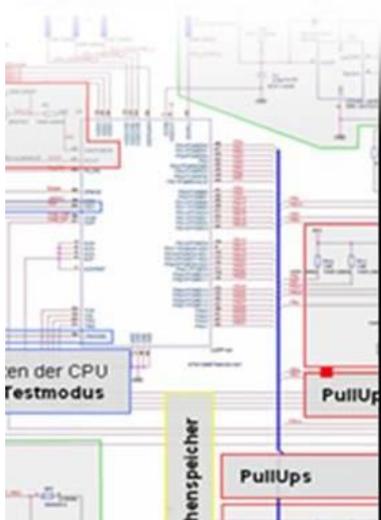
Die LA - LeiterplattenAkademie GmbH

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.

Bis 2022 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

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

