



Arnold Wiemers

Technischer Direktor der
Leiterplatten Akademie GmbH



Jochen Wilms

Valuedesk GmbH

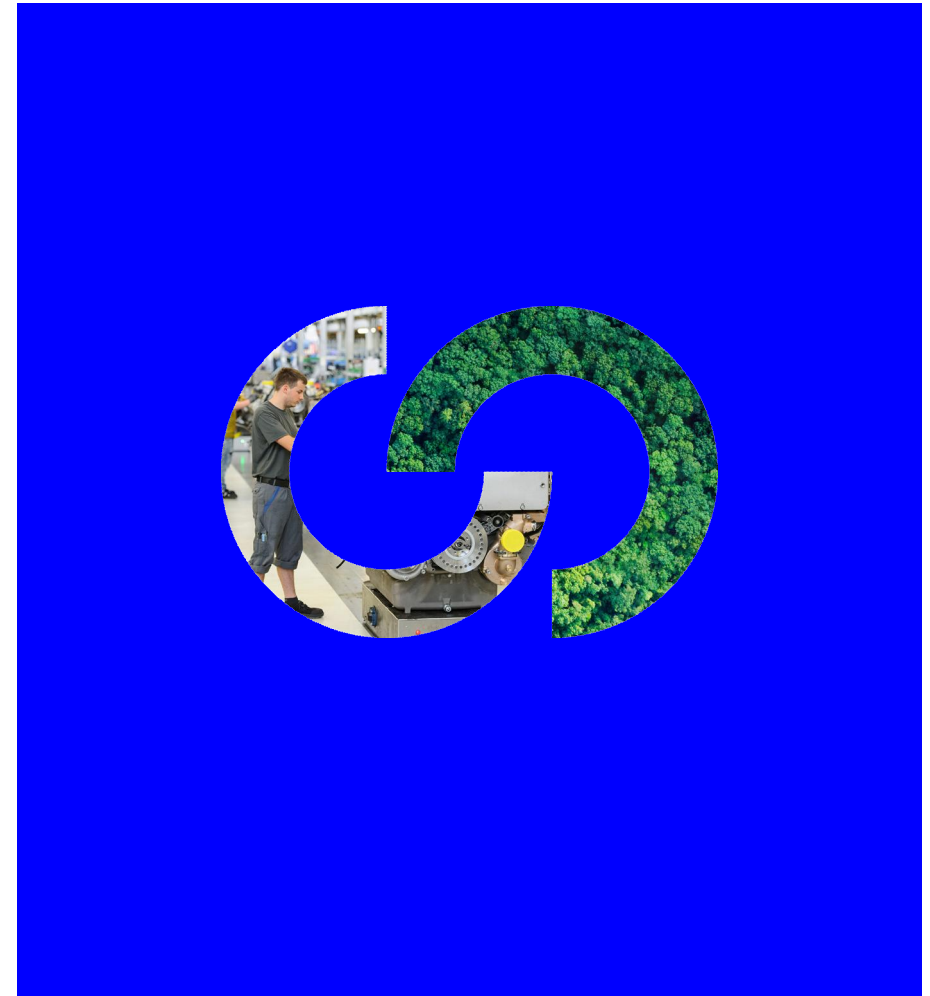
Keynote

CO2-Reduktion in der Produktion elektromechanischer Baugruppen

WARUM SIND WIR HEUTE HIER?

1. Was sind die treibenden Kräfte
2. Welche Möglichkeiten gibt es die CO2 Emissionen bei elektromechanischen Baugruppen zu senken
3. Wie kann dies wirtschaftlich & ökologisch bewertet werden
4. Wie kann die “GuV” Wirksamkeit mit einem digitalen Prozess sichergestellt werden

*GuV = Gewinn- und Verlustrechnung



DER EUROPEAN GREEN DEAL

DAS POLITISCHE RAHMENWERK



ZIEL

Mit dem "Fit für 55"-Paket sollen alle Wirtschaftszweige der EU die Emissionen bis 2030 um mindestens 55 % senken. Alle 27 EU-Mitgliedstaaten haben sich verpflichtet, die EU bis 2050 klimaneutral zu machen.

Dies umfasst u.a. Emissionsreduktionsziele für ein breites Spektrum von Sektoren wie:

Umwelt &
Ozeane

Energie

Landwirtschaft

Verkehr

Industrie

DIE NEUE INDUSTRIESTRATEGIE FÜR EUROPA

TREIBER UND WIRTSCHAFTLICHE VORTEILE DER CO2-REDUKTION

TREIBER



Gesetzliche Anforderungen und globale Klimaziele.



Steigende Energiepreise und Ressourcenknappheit.



Marktnachfrage nach nachhaltigen Produkten und Technologien□□.

WIRTSCHAFTLICHE VORTEILE



Langfristige Kosteneinsparungen durch erhöhte Energieeffizienz.



Wettbewerbsvorteile durch Innovationen und nachhaltige Produktionsmethoden.



Schaffung neuer Arbeitsplätze und Entwicklung neuer Märkte für grüne Technologien□□.

DIE REGULATORIK

BERICHTSERSTATTUNG ESRS / CSRD - DEFINITION



ESRS

European Sustainability Reporting Standards (ESRS) (2023)

Spezifische Standards, die von der EFRAG entwickelt wurden und die Berichtspflichten der CSRD unterstützen. **Umwelt** (Ressourcenverbrauch, etc.), Soziales (Arbeitsbedingungen, etc.) und Governance (Unternehmensführung, etc.)

CSRD

Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) (2021)

Die erweiterte und strengere Version der NFRD, die mehr Unternehmen umfasst und detailliertere Berichte fordert, basierend auf standardisierten ESRS.

NFRD

Non-Financial Reporting Directive (NFRD) (2014)

Die ursprüngliche Richtlinie, die große Unternehmen verpflichtet, nichtfinanzielle Informationen zu berichten, mit relativ flexiblen Rahmenbedingungen.

ESG

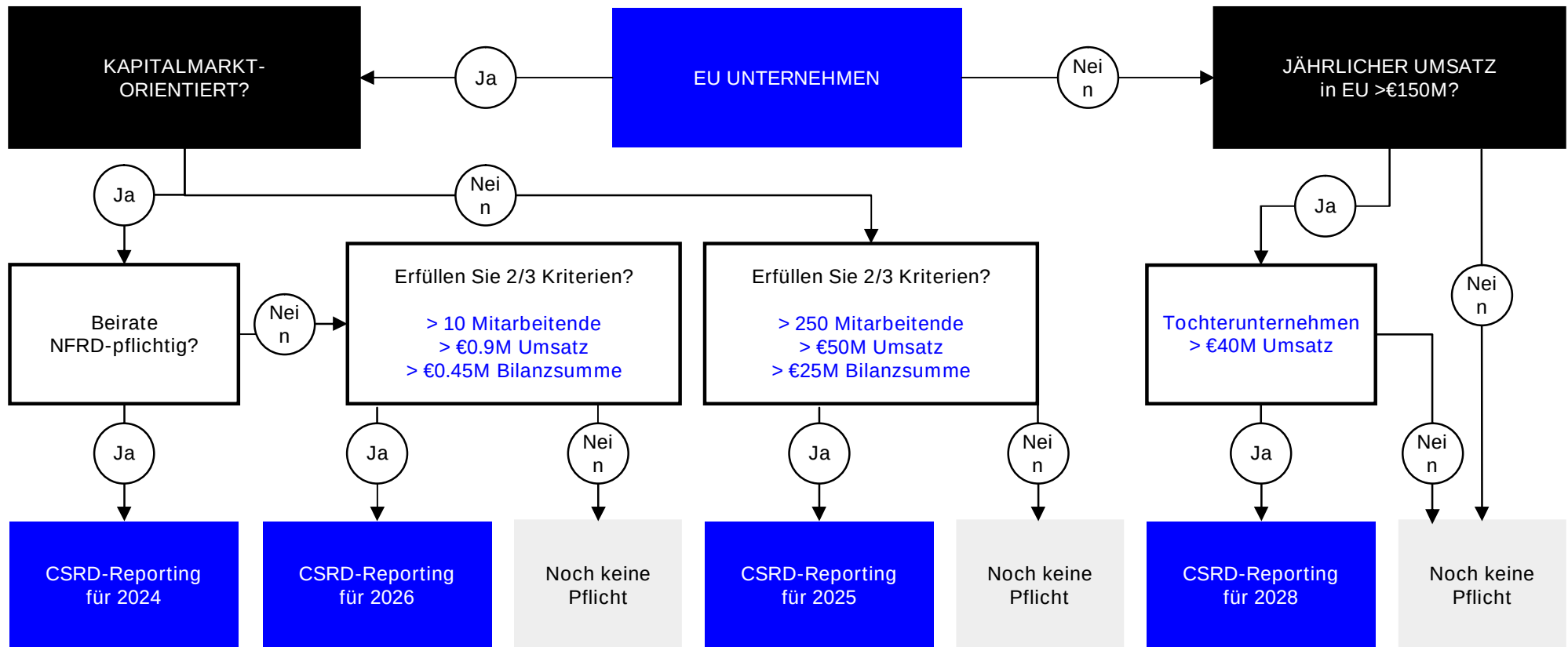
Environmental, Social, and Governance (ESG)

Breiteres Konzept, das von Investoren und Unternehmen weltweit genutzt wird, um die Nachhaltigkeitsleistung zu bewerten und zu steuern.

Beinhaltet flexible Berichtsrahmen ohne festgelegte Standards.

DIE REGULATORIK

BERICHTSERSTATTUNG ESRS / CSRD - EINORDNUNG



DIE REGULATORIK

SCOPE 1, SCOPE 2 UND SCOPE 3

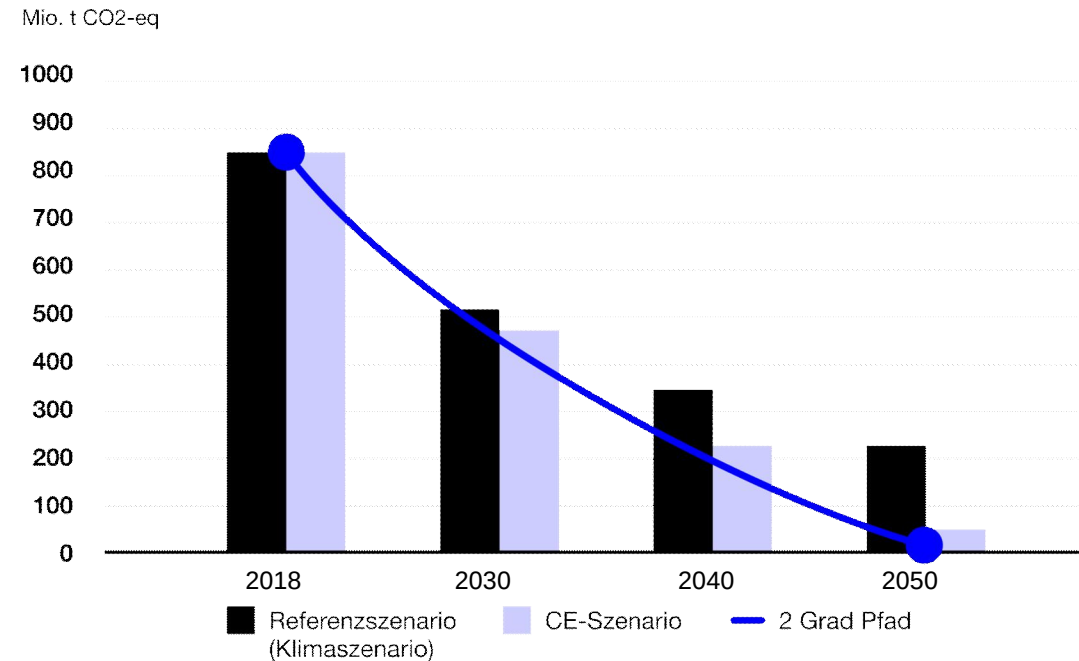
Die Emissionskategorien Scope 1, Scope 2 und Scope 3 wurden vom Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) entwickelt, dem weltweit am häufigsten verwendeten Treibhausgas-Berichterstattungsprotokoll.



ZIEL: SENKUNG DER TREIBHAUSGASEMISSIONEN

- Deutschland hat 2019 Klimaziele im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) verbindlich verankert
- In Deutschland entfallen fast **ein Viertel** der **Treibhausgasemissionen*** auf den **Industriesektor**
- Erreichen des Ziels erfordert **Energiewende** und Transformation zu **zirkulärer Industrie**
- **Circular Economy** notwendig für radikale **Reduktionen** der **Treibhausgasemissionen**

*Kohlendioxid (CO₂) das Treibhausgas ist, das mengenmäßig am meisten durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre gelangt.



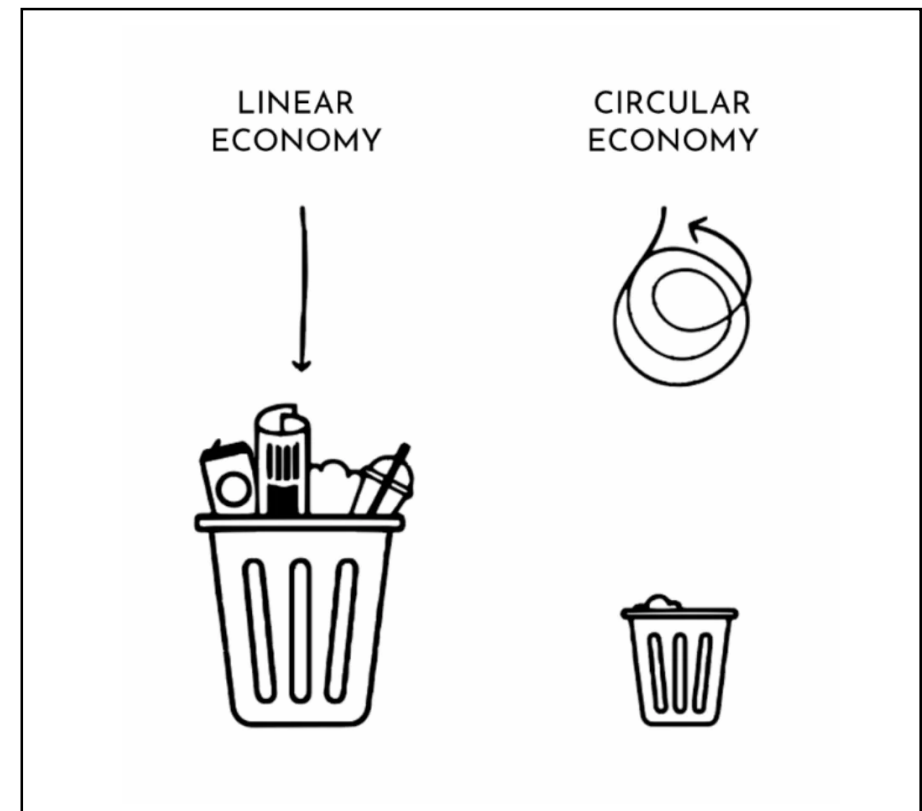
Treibhausgasemissionen im Vergleich zweier Szenarien (Referenzszenario und Circular Economy Szenario), in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten, (Quelle: Circular Economy Initiative Deutschland, eigene Darstellung)

DAS NEUE ZIRKULÄRE WIRTSCHAFTSSYSTEM - CIRCULAR ECONOMY - BEDEUTUNG

Die Circular Economy ist die Idee eines **Wirtschaftssystems**, bei dem bestehende **Materialien** und **Produkte** so lange wie möglich

- **geteilt**
- **gemietet**
- **wiederverwendet**
- **repariert**
- **aufbereitet**
- **recycelt**

werden.



9 PRINZIPIEN CIRCULAR ECONOMY

9 REs: Als Basis der Ziele aus Herstellersicht werden bereichsübergreifende Handlungsfelder definiert, die für produzierende Unternehmen ein hohes Potenzial für einen Circular Advantage aufweisen.



KI basierte Software zur Waschzyklen Optimierung
(Dauer, Temperatur, Wasser, Waschmittel)

Einsatz von recycelten Kunststoff
(LG Chilseo Recycling Center)

Entwicklung von Möglichkeiten zur
Senkung des Product Carbon Footprint
einer Waschmaschine mithilfe der 9 Rs.



Rückgewinnung von
Materialien wie
Aluminium, Kupfer,
Stahl und Kunststoff
(LG Chilseo Recycling
Center)

Rücknahmeprogramm
(Austausch alter
Maschinen gegen Rabatt
auf neue Modelle)

DIY-Reparatursets mit
mit einem Kunden
Wartungsprogramm

Wiederverwendung von Haupt-
komponenten in neuen Maschinen

Spezielle Reman Marke für wiederaufbereitete
Maschinen zur Markterweiterung

Elektronik begleitet uns in unserem Leben

Die 9 REs sind ein sinnvolles, effektives und erfolgreiches Konzept für industrielle Anlagentechnik.

Lassen sich die REs auch für elektromechanische Baugruppen nutzen ?



BEISPIEL

Refuse [R0] : Das Produkt obsolet machen oder die Technologie ändern

Ein obsoletes Produkt (~ veraltet, nicht mehr im Gebrauch) soll/kann/muß in das Recycling überführt werden. Damit das erfolgreich sein kann ist eine detaillierte Dokumentation der chemischen Komplexität der elektro-mechanischen Baugruppe erforderlich.

Die Änderung der Technologie ist (dann) eher eine Zukunftsperspektive. Die Reduzierung der Förderung von Erdöl für Dielektrika und Lacke, von Metallerzen und Katalysatoren für Endoberflächen mit Gold, Silber, Palladium, Kupfer, Nickel, Zinn usw ist eine zentrale Aufgabenstellung, wenn der Energiebedarf/die CO₂-Produktion deutlich eingeschränkt werden soll. Das erfordert Korrekturen der Produktionsabläufe für die Herstellung von Bauteilen, Leiterplatten und Baugruppen.

Eine grundsätzliche Frage bleibt : Wird denn das Produkt überhaupt benötigt ?



BEISPIEL

Rethink [R1] : Produktnutzung intensivieren

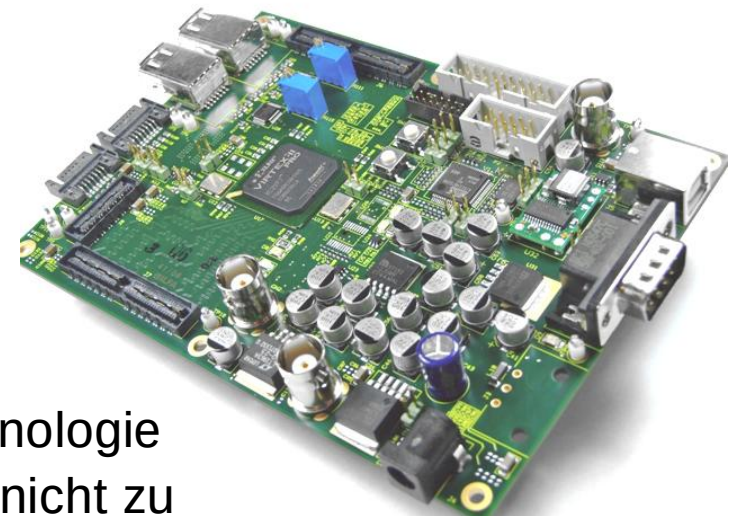
Elektromechanische Baugruppen sind üblicherweise die Voraussetzung für die sinnvolle - und meistens nützliche - Steuerung von Maschinen.

Die Kompetenz einer dynamisch nutzbaren Baugruppe muß partnerschaftlich mit der Kompetenz der Anlagentechnologie harmonisieren.

Das fordert eine Variabilität hinsichtlich der Anlagentechnologie und eben auch hinsichtlich der Leistungsfähigkeit - und nicht zu unterschätzen : der langfristigen Zuverlässigkeit - der Baugruppenteknologie.

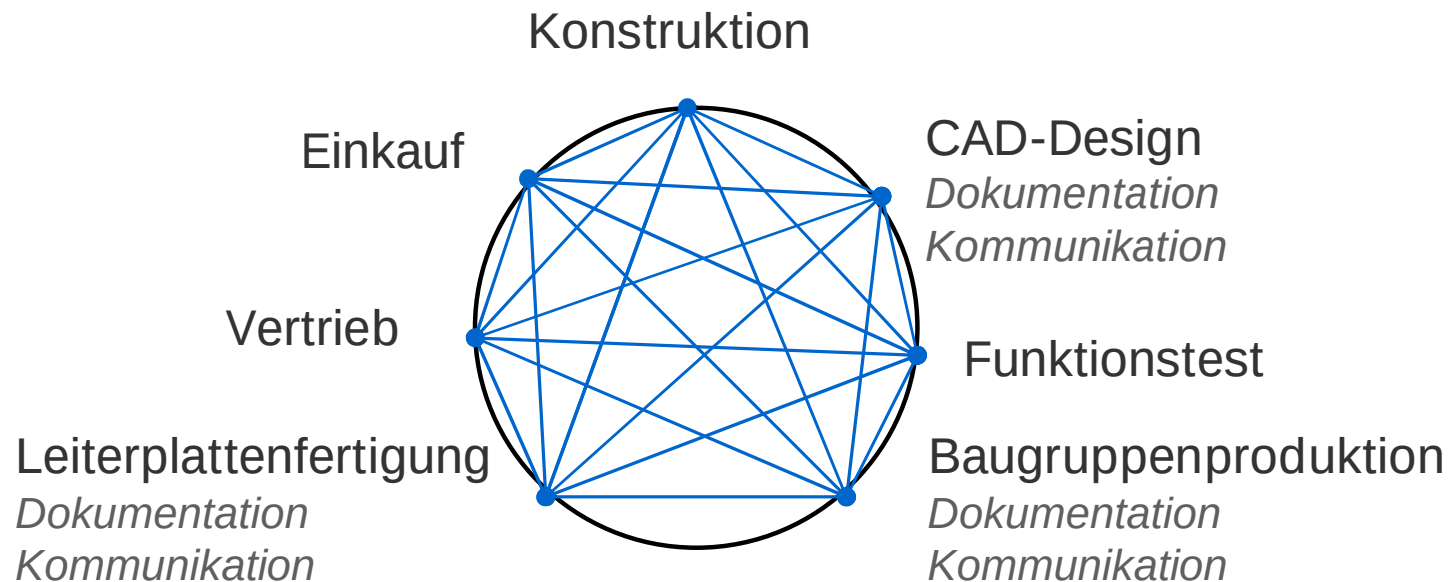
Die Intensität der Nutzung einer elektronisch gesteuerten Anlage wird vornehmlich durch die softwaregestützte Ausprägung gewährleistet. Bereits in der Projektphase für das Design einer Baugruppe muß diese Leistung bedacht werden.

Ist eine intensivere Nutzungsstrategie möglich (mieten/sharing) ?



BEISPIEL

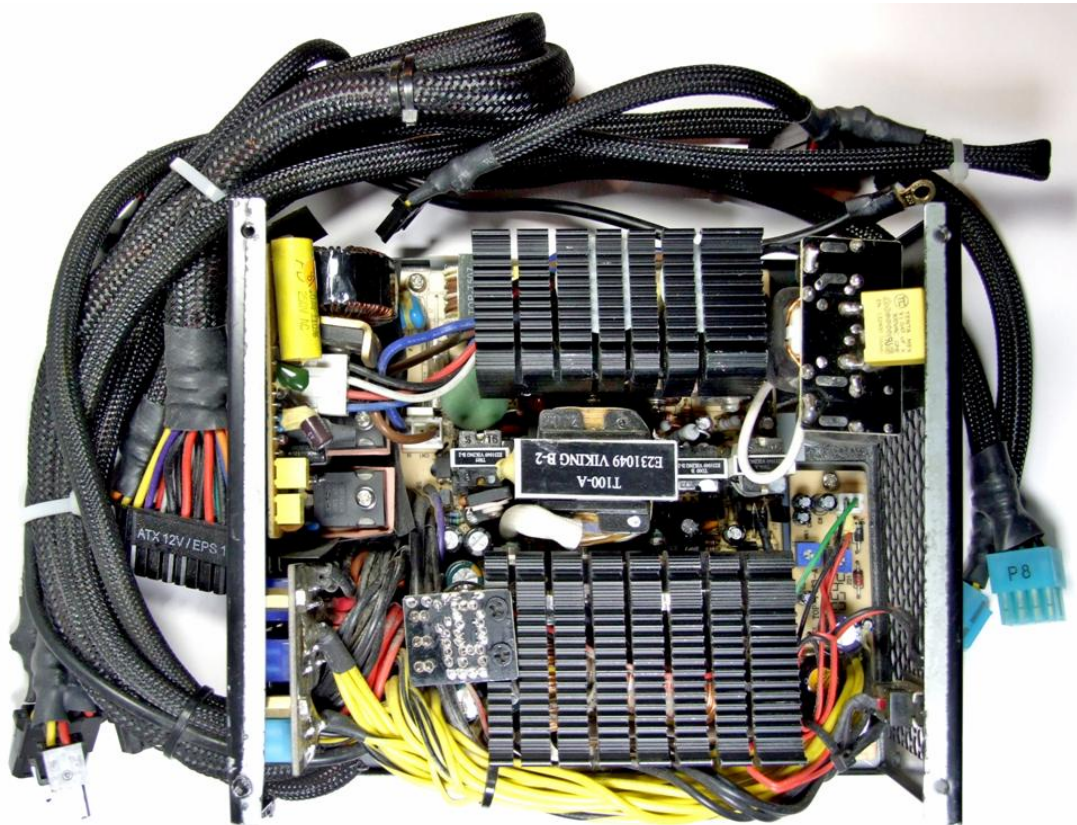
Reduce [R2] : Effizienzsteigerung bei der Produktherstellung



Die Effizienz der Technologie ist der *erste* Aspekt. Die detaillierte Dokumentation der entwickelten Leiterplatten und Baugruppen ist der *zweite* Aspekt. Unterschätzt und vernachlässigt wird oft der *dritte* Aspekt : die Kommunikation. Für die Produktion einer Baugruppe ist das der erfolgreichste Weg, Zeit, Kosten und Energie zu reduzieren.

BEISPIEL

Reuse [R3] : Wiederverwendung intakter aber ausrangierter Produkte



Wenn überhaupt ist die Wiederverwendung elektronischer Geräte nur sehr eingeschränkt möglich.

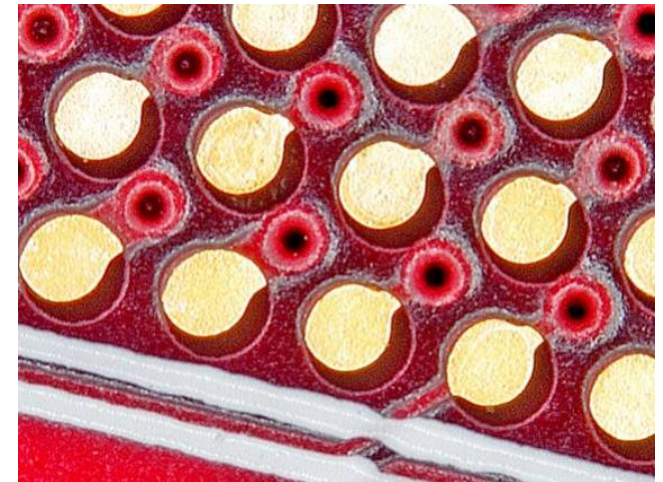
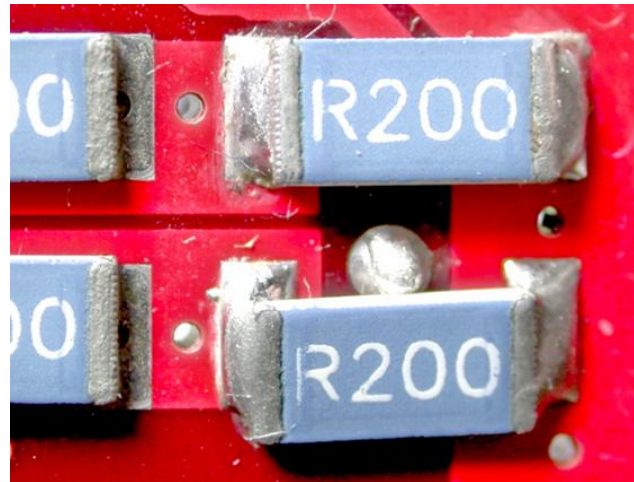
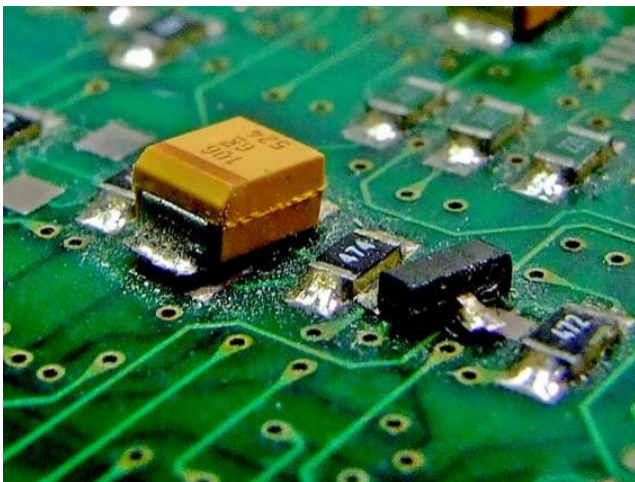
Die individuelle Anpassung an die ursprünglich vorgesehene Aufgabe bietet nur die Option für eine vergleichbare - im Idealfall für eine identische - Aufgabenstellung.

Die Sicherstellung der zuverlässigen Funktion ist nur mit großem organisatorischen, logistischen und wirtschaftlichen Aufwand möglich. Das ist wenig attraktiv.

BEISPIEL

Repair [R4] : Reparatur defekter Produkte

Leiterplatten und Baugruppenbestückung durch Reparatur zu korrigieren wäre fraglos wünschenswert. **Zulässig ist es für sensible Anwendungen - Raumfahrt, Automotive, Medizintechnik - nicht.** Defekte müssen vermieden werden. Das setzt Kommunikation, Dokumentation und verbindliche Regelwerke voraus. Vor allem aber die *fachbezogene Ausbildung* der Menschen, die in diesen Bereichen arbeiten. Das fehlt uns zur Zeit.



BEISPIEL

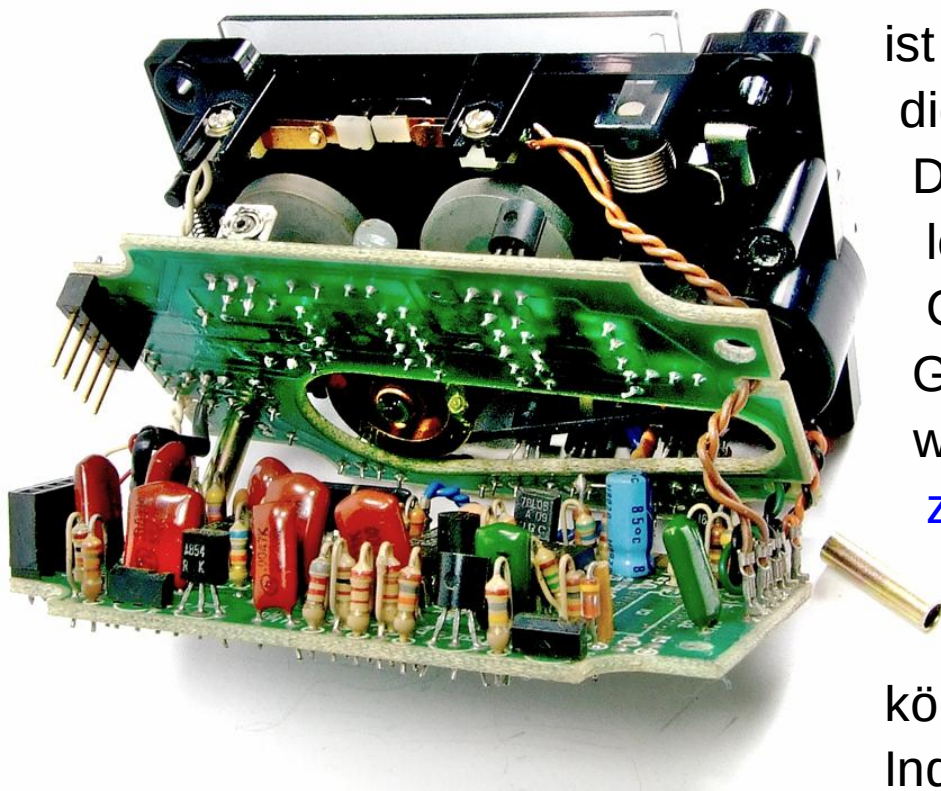
Refurbish [R5] : Teile aufbereiten und für neue Produkte nutzen

Die Tendenz zu SMD-bestückten Bauteilen wird sich höchstens verstärken. Zweipolige Bauteile haben einen hohen Anteil und sind voraussichtlich Jahrzehnte funktionsfähig. Leider ist ihr Wert vom Bruchteil eines Cents äußerst unattraktiv. **Eine effektive Aufbereitung wäre mit hochspezialisierter Anlagentechnologie denkbar.** Konzepte dafür gibt es. Die Realisierung steht noch aus. Das wird wohl noch einige Jahre dauern.



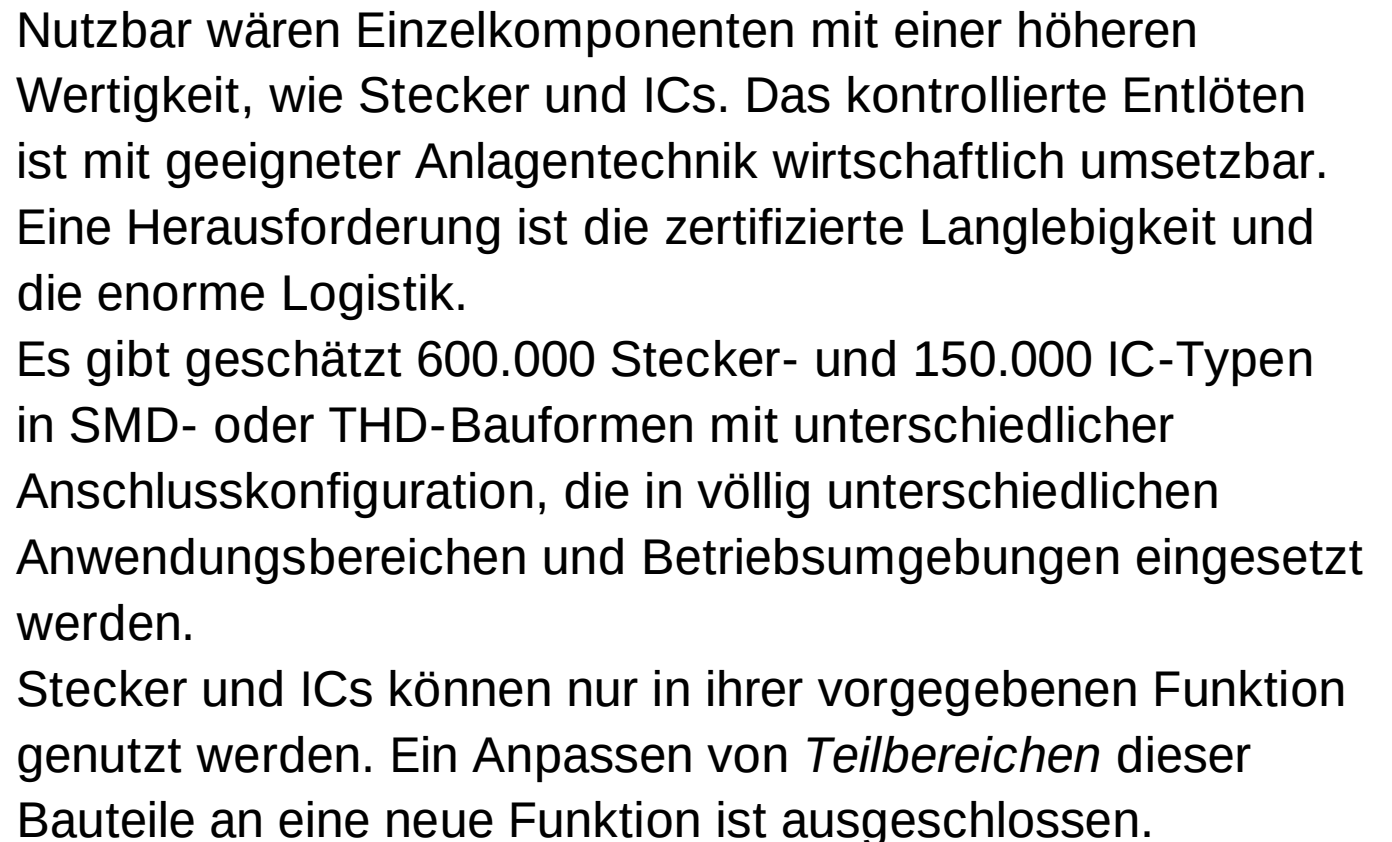
BEISPIEL

Remanufacture [R6] : Altes Produkt komplett aufbereiten



Die Evolution elektromechanischer Baugruppen ist lange noch nicht beendet. Insbesondere die digitale Speicherung und Aufbereitung von Daten wird die Mechanik und den Einsatz leistungsfähigerer Geräte weiterhin verändern. Günstigstenfalls kann der Betrieb älterer Geräte durch Wartung/Reparatur gewährleistet werden. **Eine Anpassung an heutige und zukünftige Strategien und Technologien ist mit Sicherheit ausgeschlossen.** Baugruppen haben eine eigenständige Qualität und können nicht wie klassische mechanische Industriekomponenten aufbereitet werden.

Repurpose [R7] :
Teile eines alten Produkts für neue Funktionen nutzen

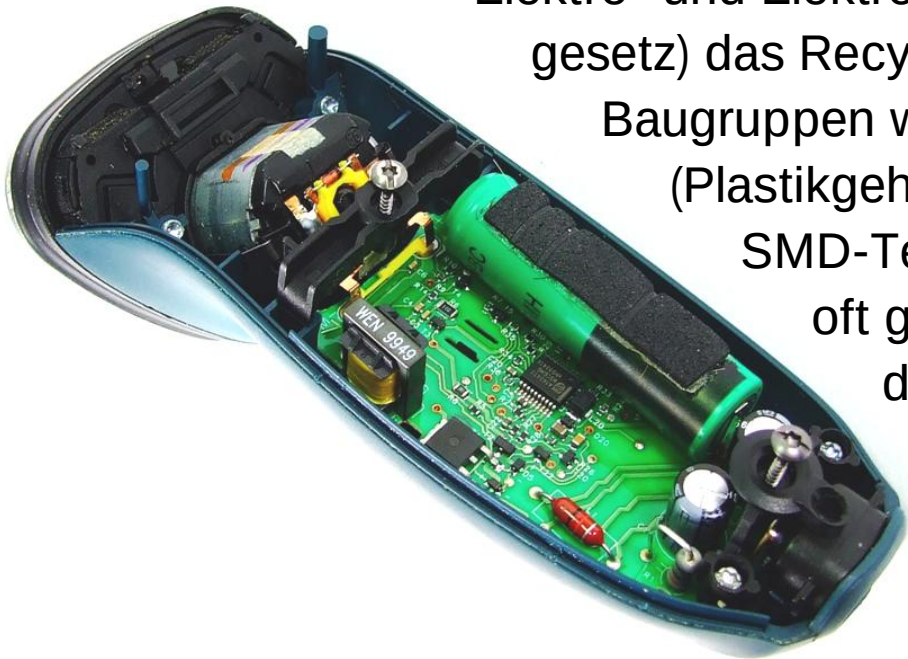


BEISPIEL

Recycle [R8] : Materialien auf gleichem oder niedrigerem Niveau recyceln

Bereits seit über 30 Jahren ist in der RoHS (~Restriction of hazardous Substances), der WEEE (~Waste of Electrical and Electronic Equipment), der EAG (~Sammlung von Elektro- und Elektronik-AltGeräten) und dem ElektroG (~Elektrogesetz) das Recycling politisch definiert und vorgegeben.

Baugruppen werden demontiert und teilweise gezielt recycelt (Plastikgehäuse, Batterien, Elektrolytkondensatoren). Die SMD-Technologie führt dazu, daß die Bauteilvolumina oft geringer sind, als das Dielektrikum/Basismaterial der Leiterplatte. Das klassische aktuelle Recycling ist "schreddern". Chemisch extrahiert werden Metalle (Gold, Kupfer).
Für eine wirtschaftliche und alternative Weiterverarbeitung fehlt noch ein Konzept.



CO₂-Reduktion in der Leiterplatten- und Baugruppenteknik

Die Reduzierung von CO₂ für die Produktion von Leiterplatten und Baugruppen ist verbunden mit der Reduzierung von Energie für die Produktionsprozesse und mit der Auswahl der eingesetzten Materialien für die Leiterplatte, die Bauteile und des Lotes für Baugruppen. Nebenaspekte sind Verpackung und Transportwege.

Die Leiterplatten- und Baugruppenhersteller haben bereits begonnen, Prozesse und Technologien für die Produktion von Leiterplatten umzustellen.

Es gilt, eine partnerschaftliche Lösung zu finden.

Bitte beachten
Sie den Anhang.

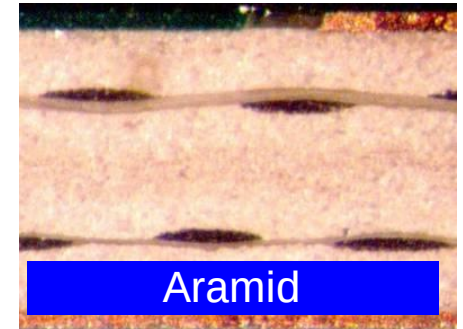
Endoberfläche und Dokumentation des Basismaterials

OSP



Für das Recycling muß die chemische Struktur der eingesetzten Dielektrika dokumentiert sein.

Aramid



Nickel-Gold

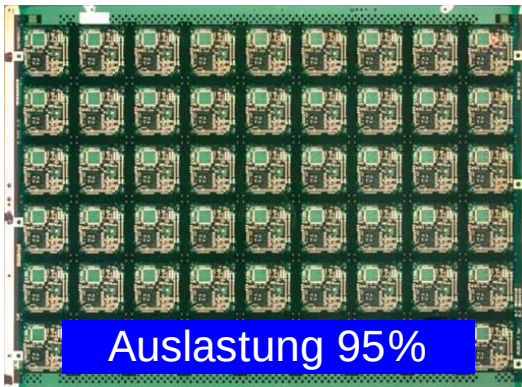
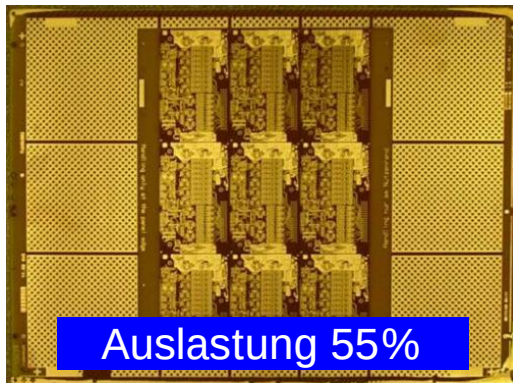


Die Auswahl der Endoberfläche kann den Bedarf an (Edel-) Metallen erheblich verringern.

Keramik



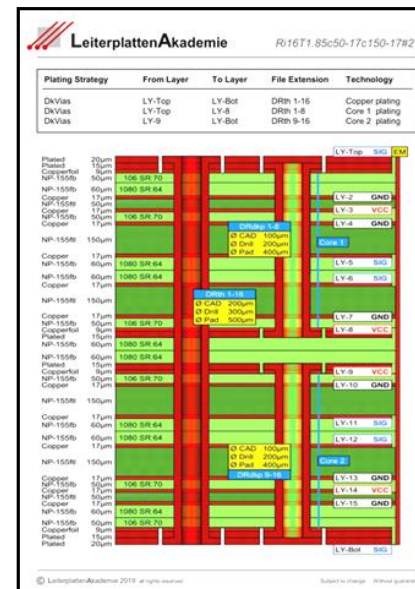
Nutzenauslastung und Kontaktierungsstrategie



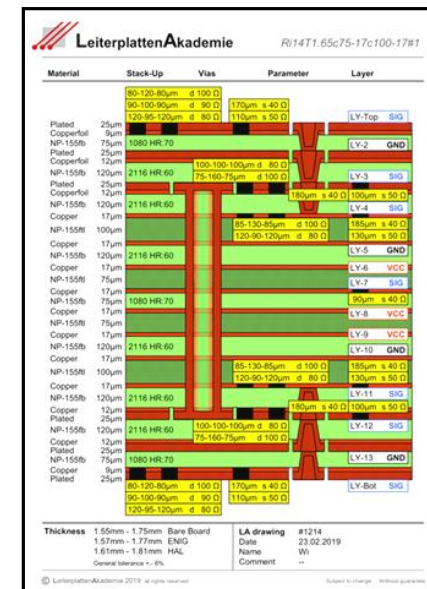
Nutzengestaltung

Nicht genutztes
Basismaterial ist
Schrott.

Die Kontaktierungsstrategie gibt den Energiebedarf für das Verpressen von Multilayern vor.



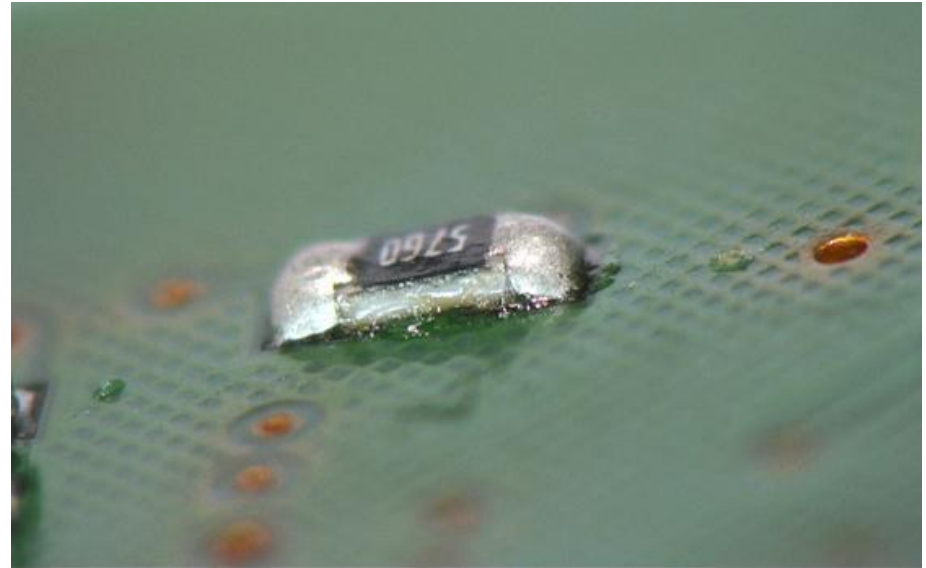
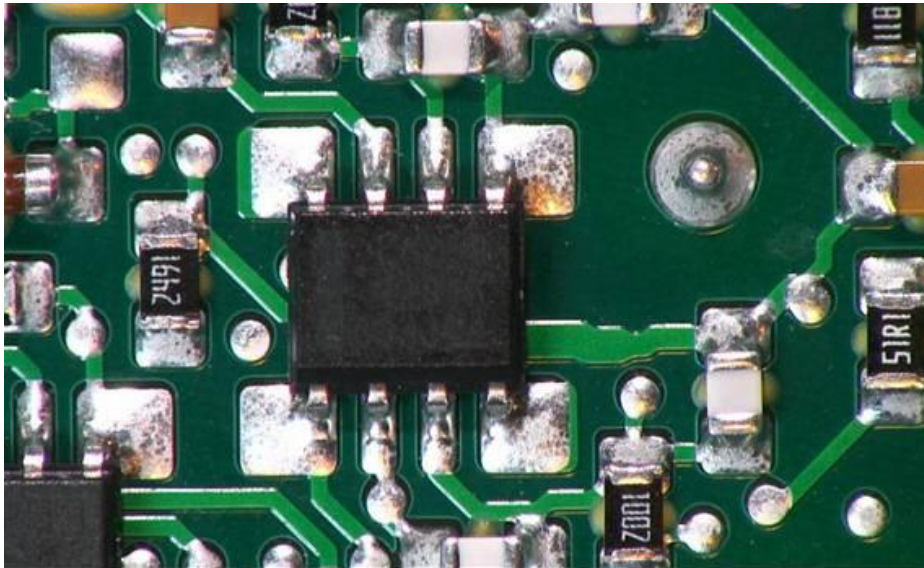
Dual Core



Any Layer

Niedrigschmelzende Lote

Die Umstellung auf niedrigschmelzende Lote verringert den Energiebedarf für die Produktion von Baugruppen und reduziert die Temperaturbelastung der Baugruppe.



Analyse der CO₂-Reduktion einer individuellen Baugruppe

LeiterplattenAkademie				
R106T1.50c460-35#1				
Material	Stack-Up	Vias	Parameter	Layer
Plated	25µm		125-150-125µm d 90 Q	LY-Top SIG
Copper	17µm			
NP-155fb	50µm	106 SR-70		
NP-155fb	50µm	106 SR-70	115-250-115µm d 100 Q	LY-2 SIG/GND
Copper	35µm			
NP-155f#	460µm			
Copper	35µm			LY-3 GND
NP-155fb	70µm	1080 MR-67	DRth 1-6	
NP-155fb	70µm	1080 MR-67		LY-4 VCC
Copper	35µm			
NP-155f#	460µm			
Copper	35µm		100-200-100µm d 90 Q	100µm s 50 Q
NP-155fb	50µm	106 SR-70		
NP-155fb	50µm	106 SR-70	125-150-125µm d 90 Q	LY-5 SIG/GND
Copper	17µm			
Plated	25µm		115-250-115µm d 100 Q	LY-Bot SIG/GND
Thickness		LA drawing #1093		
1.33mm - 1.50mm		Date 16.04.2014		
1.41mm - 1.59mm		Name WI		
1.44mm - 1.63mm		Comment --		
General tolerance +/- 6%				

© LeiterplattenAkademie 2014. all rights reserved. Subject to change. Without guarantee.

ISW Fertigungsmodul in Aufträgen				11.11.2018
Auftrag : 3953 LP44 Starrer Multilayer ISW 38100 Braunschweig				
Nr.	Kennung	Fertigungsmodul		
1	F-001	F	CAM-Bearbeitung	File isw8k106
2	F-012	D	Bohrarchiv	isw8k106
3	F-013	D	Fräsaarchiv	isw8k106
4	F-016	I	Materialhersteller	NanYa
5	F-501	I	Streckungsfaktoren	Pestlegen / Prüfen
6	F-160	F	Fotoplotter (Inig)	Filme erstellen + prüfen
7	F-018	F	Innenlagen	Entoxidieren (Vorbehandlung)
8	F-512	F	Innenlagen	Laminieren mit Fotorezist
9	F-020	F	Innenlagen	Belichten des Leiterbildes
10	F-168	F	Innenlagen	Entwickeln des Leiterbildes
11	F-028	F	Innenlagen	Aktren des Leiterbildes
12	F-034	F	Innenlagen	Strippen des Fotolaminates
13	F-082	F	AOI-Test	Innenlagen prüfen
14	F-150	F	Innenlagen	Passersystem stanzen
15	F-017	I	Materialausgabe	Prepress ausgeben
16	F-033	F	Nieten	Innenlagen montieren
17	F-032	F	Multilayer-Bauart	Verpressen * nach Vorgabe
18	F-200	F	Roentgen + Bohren	Paketaufnahme einbringen
19	F-190	F	Unsaumen	Rand/Grat entfernen
20	F-055	F	Mikroätzen 1	vor dem Bohren
21	F-036	F	Bohren	THT-Bohrungen und Vias
22	F-042	F	Buersten	Entgraten und reinigen
23	F-162	F	Fotoplotter (Aulq)	Filme erstellen + prüfen
24	F-059	F	Desmar	Innenwand der Huelisen reinigen
26	F-047	F	Kontaktieren	Galvanische Cu-Metallisierung
27	F-570	F	Aussenlagen	Laminieren mit Fotorezist
28	F-048	F	Aussenlagen	Leiterbild Fotodruck / Schwarzfil
29	F-166	F	Aussenlagen	Entwickeln des Leiterbildes
30	F-057	F	Aussenlagen	Aktren
31	F-069	F	Fotorezist strippen	Laminat entfernen
32	F-072	W	Adapter-Erstellung	1 SMD-Adapter
33	F-076	W	Adapterbau	Elektronische Pruefung
34	F-058	F	Mikroätzen 2	Aussenlagen
35	F-080	I	Loetstoplack	Fotolack
36	F-084	F	Loetstopdruck	Filmbelichtung doppelseitig
37	F-089	F	Loetstopdruck	Entwickeln des Lackes
38	F-090	F	Loetstopdruck	Aushaerten des Lackes
39	F-092	W	Bestueckungsdruck	Inkjet einrichten
40	F-093	F	Bestueckungsdruck	doppelseitig
41	F-710	I	Versand	an externen Dienstleister
42	F-062	F	Mikroätzen 3	vor der Endoberflaeche
43	F-052	F	Oberflaeche	Chemisch Gold / ENIG
44	F-098	F	Viadruck	Sieb-Erstellung
45	F-099	F	Viadruck	einseitig (Top-Layer)
46	F-103	F	Impedanzmessungen	1 Coupon / Leiterplatte
47	F-104	F	Elektronische Prfg.	Leiterplatten testen
48	F-100	F	Platinumschnitt	Fräsen
49	F-108	F	Lieferumschnitt	Fräsen
50	F-600	F	Waschen	JA : Leiterplatten reinigen
51	F-112	F	Warenausgang	Endkontrolle
52	F-124	I	Baugruppenproduktion	ISW ->> intern
Information				
(D)atenarchiv (F)ertigungsschritt (I)information (W)erkzeuge				
Seite 1				

Die Bewertung der Produktionsprozesse gibt uns strategische Aspekte vor, die für eine individuelle Leiterplatte und Baugruppe analysiert werden können.

Die Aufgabenstellung ist lösbar, wenn die einzelnen Arbeitsgänge bekannt sind und wenn der Energiebedarf, der Recyclingmodus, die Produktdokumentation sowie der wirtschaftliche Wert zugeordnet und bewertet werden können.

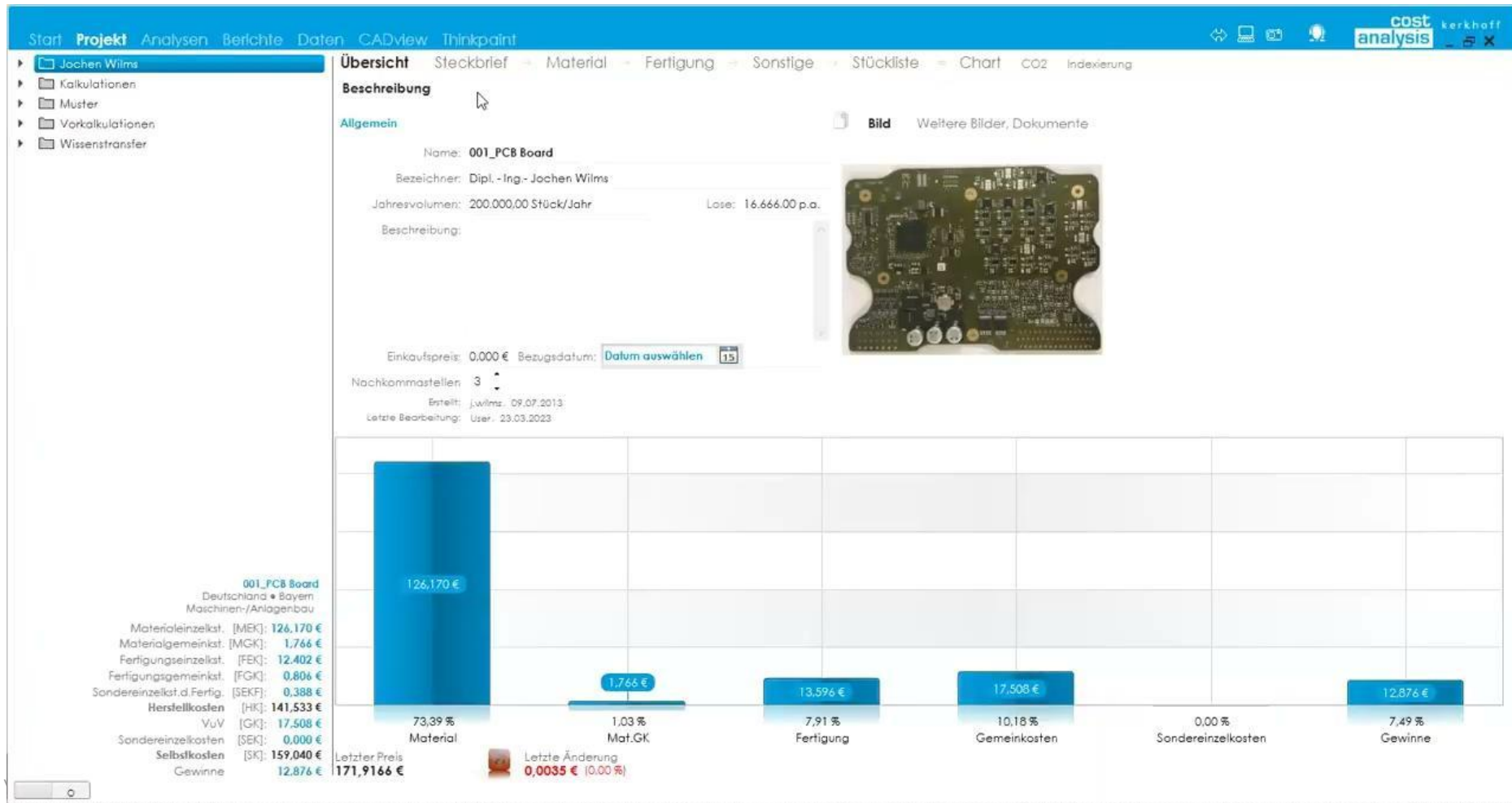
WIRTSCHAFTLICHE & ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG



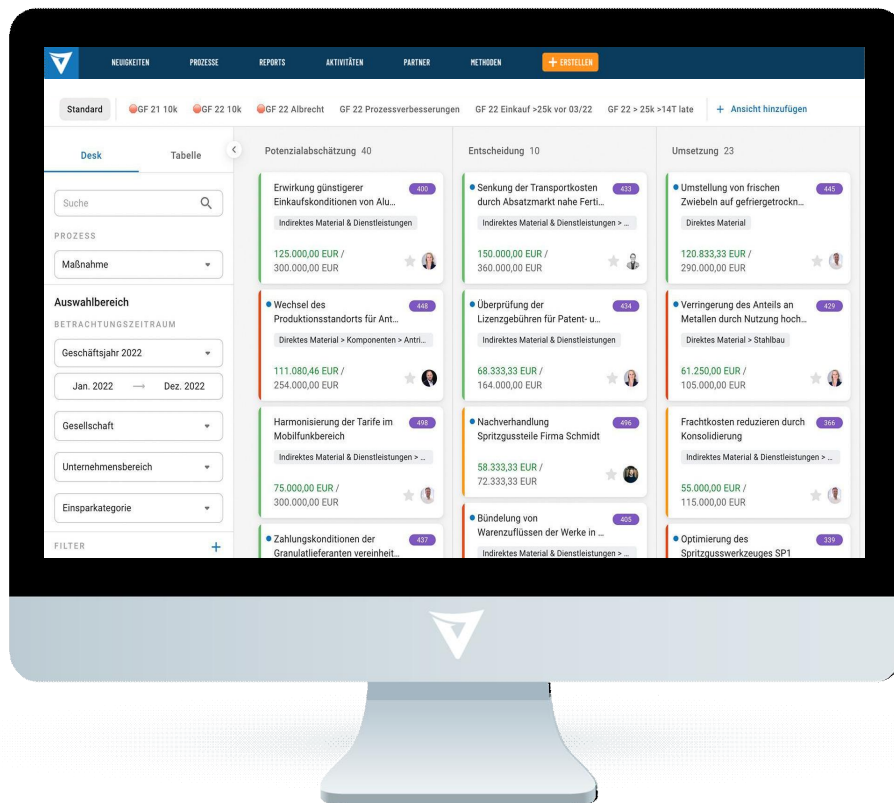
kerkhoff
SOFTWARE

- ❑ Aus 760 Regionen die Lohn-, Sozial- und Gemeinkosten Datensätze
- ❑ 11.200 verschieden Materialpreis Datensätze (Stahllegierungen, Kunststoffe, etc.)
- ❑ 60.000 Markt Index Verläufe (Stahllegierungen, Kunststoffe, Löhne, Energie etc.)

BEISPIEL WIRTSCHAFTLICHE & ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG



GuV WIRKSAMKEIT UND MASSNAHMEN REPORTING SICHERSTELLEN



Vertraulich. Alle Rechte vorbehalten. ©2024 Leiterplatten Akademie GmbH



*GuV = Gewinn- und Verlustrechnung



Arnold Wiemers

Technischer Direktor der
Leiterplatten Akademie GmbH



Jochen Wilms

Valuedesk GmbH

**VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT**

Anhang

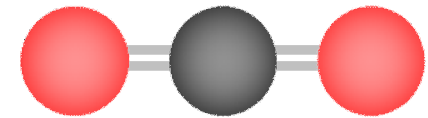
CO₂-Reduktion in der Leiterplatten- und Baugruppenteknik

CO₂-Reduktion in der Leiterplatten- und Baugruppenteknik

Die Reduzierung von CO₂ für die Produktion von Leiterplatten und Baugruppen ist verbunden mit der Reduzierung von Energie für die Produktionsprozesse und mit der Auswahl der eingesetzten Materialien für die Leiterplatte, die Bauteile und des Lotes für Baugruppen.

Nebenaspekte sind Verpackung und Transportwege.

Die Leiterplattenhersteller haben bereits begonnen, Prozesse und Technologien für die Produktion von Leiterplatten umzustellen. Auch wenn die CO₂-Reduktion nicht die Hauptmotivation war, soll/muß dieser Weg *partnerschaftlich* weitergegangen werden.



CO₂

Kohlendioxid

Kohlenstoffdioxid

Kohlensäure

Kohlensäureanhydrid

E290 (Lebensmittel)

R744 (Kältemittel)

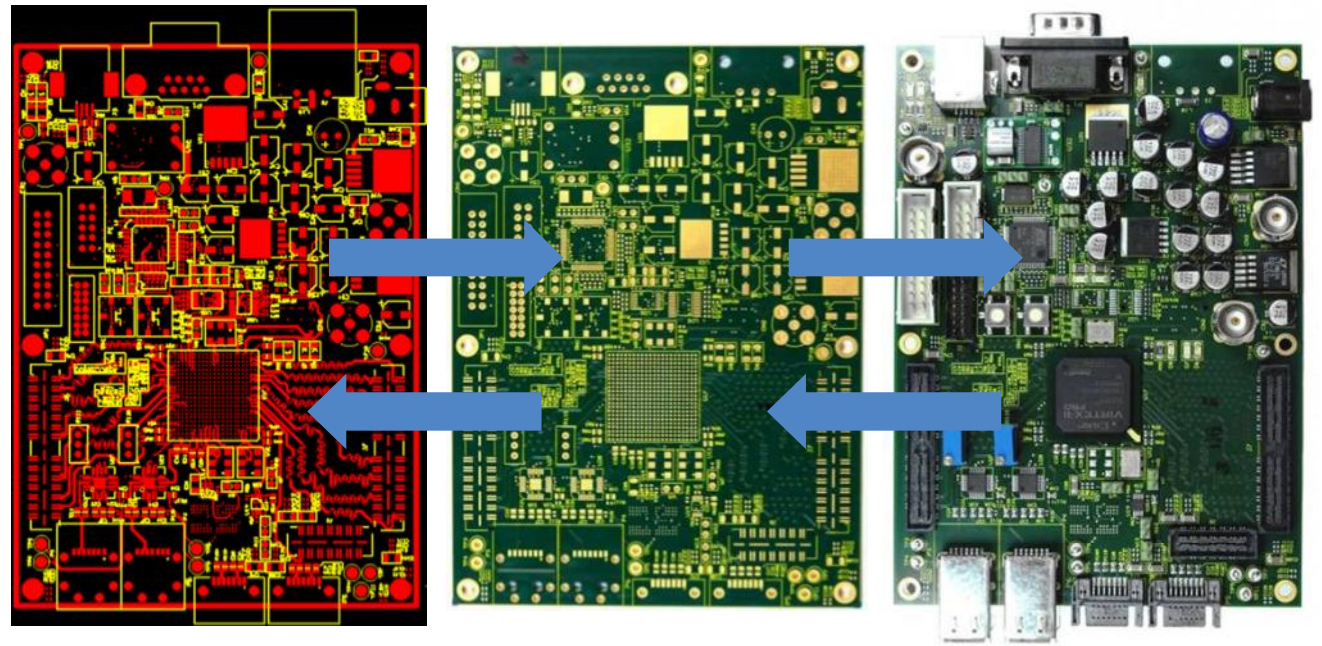
● Kohlenstoff ● Sauerstoff

CO₂-Reduktion durch partnerschaftliche Projektkonzepte

Der Weg vom Projektkonzept über das CAD-Design zur Leiterplatte, zur Baugruppe und letztlich zum Gerät/zur Maschine ist (auch mit Blick auf die CO₂-Reduktion) nur in Abstimmung zwischen den Disziplinen erfolgreich umsetzbar. Das erfordert die *vorausschauende Planung bereits in der Projektphase*.

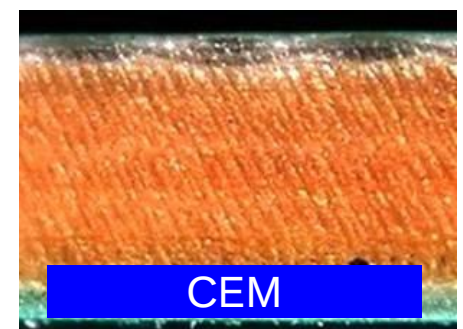
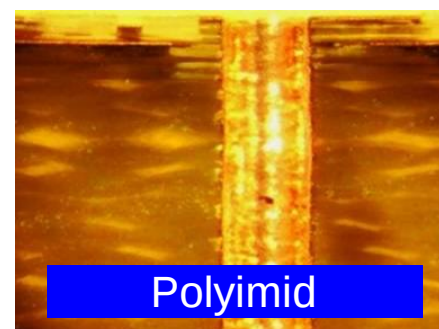
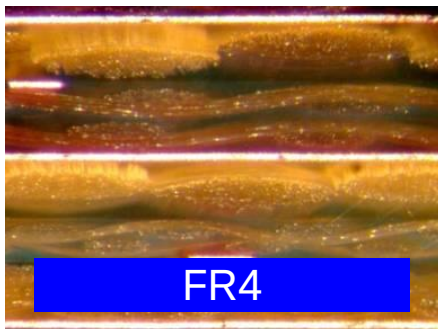
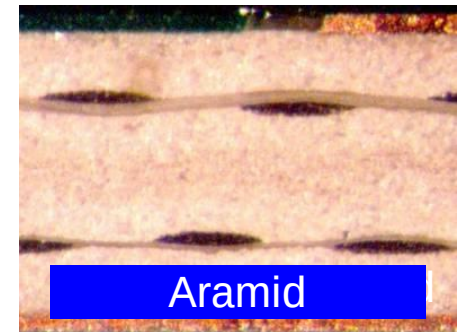
Die fachgerechte Diskussion fördert die Konstruktion effektiv funktionierender elektromechanischer Baugruppen.

Das reduziert den Ausschuß und damit auch den Bedarf an Material und Energie.



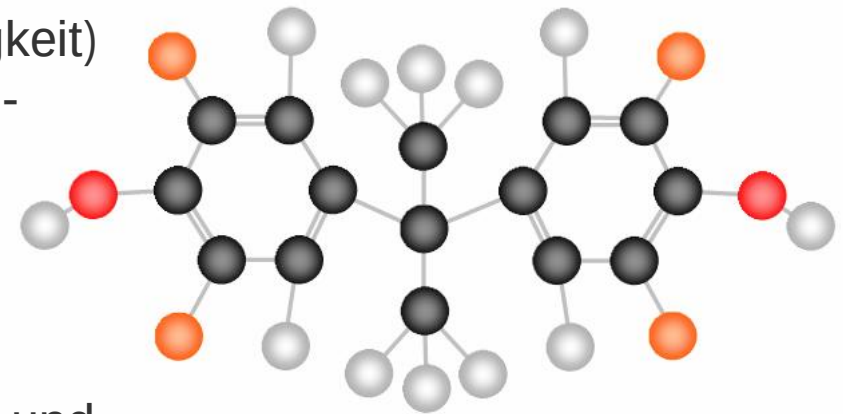
CO₂-Recycling durch die Dokumentation des Basismaterials

Für viele elektronische Baugruppen werden sehr spezielle Materialien eingesetzt (Hydrokarbon, Keramik, Polyetheretherketon (~ PEEK), Polytetrafluorethylen (~ PTFE), kristalline Polymere). Das Basismaterial ist auf die physikalischen Anforderungen (...Strombelastbarkeit, Highspeed, chemische und thermische Belastbarkeit) abgestellt. **Durch den intensiven chemischen Verbund sind die Substrate (noch) nicht wirtschaftlich akzeptabel in ihre Grundstoffe mit dem Ziel der Kreislaufwirtschaft auftrennbar, sollen/müssen aber dokumentiert sein.**



Kontrolliertes Recycling bei Kenntnis der Chemie des Dielektrikums

Vornehmlich wird FR4 für Leiterplatten eingesetzt. FR4 ist Epoxydharz mit eingebettetem Glasgewebe (... zur Stabilisierung). Das Epoxyd (...Plastik) ist ein Zweikomponentenkleber, dessen Härter Dicyandiamid inzwischen mit der RoHS II wegen seiner Umweltschädlichkeit (~ Giftigkeit) auf den Index gesetzt wurde. Der bromierte Flammschutzmittel (FR = Flame retardend) Tetrabrombisphenol A ist kanzerogen und kann im Recyclingverfahren erst ab Temperaturen von 1200°C relativ unkritisch aufgelöst und umgesetzt werden.



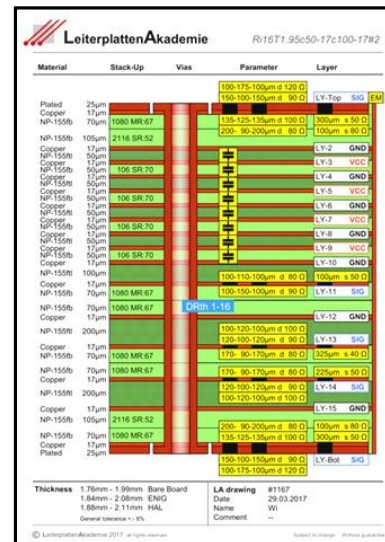
Im Recycling wird das Material oft geschreddert (...und unterirdisch eingelagert). Für die Kreislaufwirtschaft ist FR4 (noch) nicht direkt nutzbar. Für die Nutzung im Kreislauf muß das Material aber verbindlich dokumentiert sein, damit die chemische Konsistenz der zirka 259 FR4-Derivate zugeordnet werden kann.

CO₂-Reduktion durch optimierte Kontaktierungsoptionen

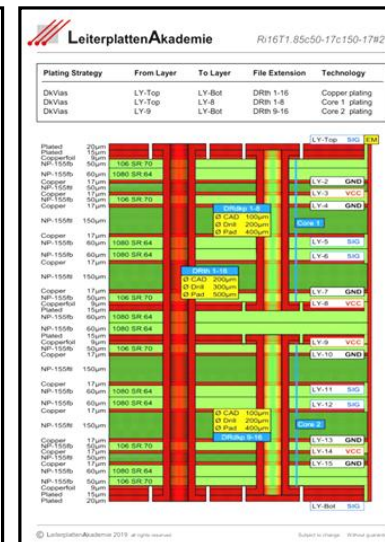
Komplexere Baugruppen müssen als Multilayer auf mehreren Lagen mit geeigneter Kontaktierungsstrategie layoutet werden. Multilayer müssen bei 220°C unter Druck und über 1,5h lang verklebt (~ verpreßt) werden.

Die Kontaktierungsstrategie des "Any Layer Lagenaufbaus" erfordert mehrere Verpressungen, die mehr Energie benötigen, das Basismaterial intensiv thermisch belasten und nicht langfristig zuverlässig sind. Das Copper-Plating benötigt in zusätzlichen chemischen Prozessen Kupfer.

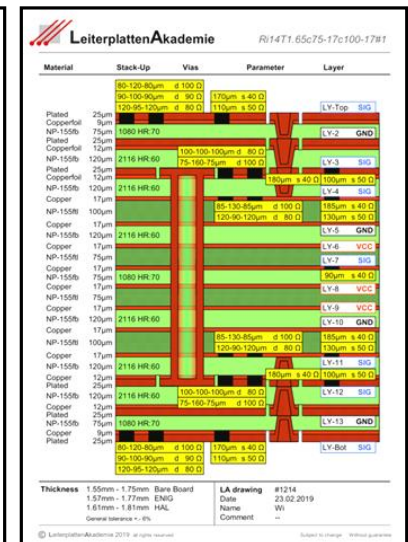
Empfohlen sind maximal zwei Verpressungen -> Dual Core.



Aufbau Standard



Dual Core



Any Layer

CO₂-Reduktion durch die Auswahl der Endoberfläche

Für den Korrosionsschutz der Endoberfläche der Leiterplatte werden (Edel-)Metalle benötigt : Nickel, Gold, Silber, Zinn, Palladium. Die Gewinnung der Metalle aus Erzen ist energieintensiv und kostspielig und hat großen Einfluß auf die Umgestaltung der Natur.



Hoher Energiebedarf, um das Zinn auf Schmelztemperatur zu halten.



Bedingt empfehlenswert.



Für PC-Stecker bisher nicht ersetzbar.



Bedingt empfehlenswert. Außer Gold muß Nickel aufgebracht werden.



Bedingt empfehlenswert. Zinn bildet oft Whisker



Sehr empfehlenswert. Bei OSP wird auf dem Kupfer gelötet. Kein Einsatz von Edelmetallen.

CO₂-Reduktion durch Varianten beim Aufkupfern

Die Kupferdicke für das Leiterbild auf der Oberfläche von Top und Bottom (und ...?) und in den Hülzen von Bohrungen ist nach IPC in der class II pauschal mit 20µm vorgegeben, für class III mit 25µm. Für BlindVias und BuriedVias ist aber auch eine Kupferdicke von 15µm ausreichend.

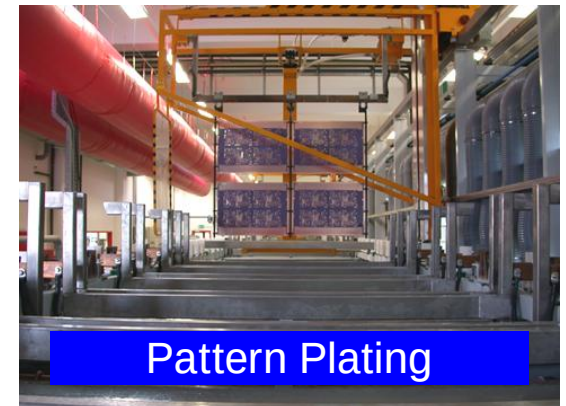
Für das Kontaktierungsverfahren gibt es die Optionen "Panel Plating" (...die ganze Oberfläche wird mit Kupfer aufgebaut), und "Pattern Plating" (...nur das Leiterbild wird mit Kupfer aufgebaut).

Beim Patternplating wird bis zu 60% Kupfer eingespart, bis zu 55% Ätzmedium und anteilig Energie für die Produktionsprozesse.

Nicht benötigtes Kupfer muß auch nicht entsorgt werden.



Panel Plating



Pattern Plating

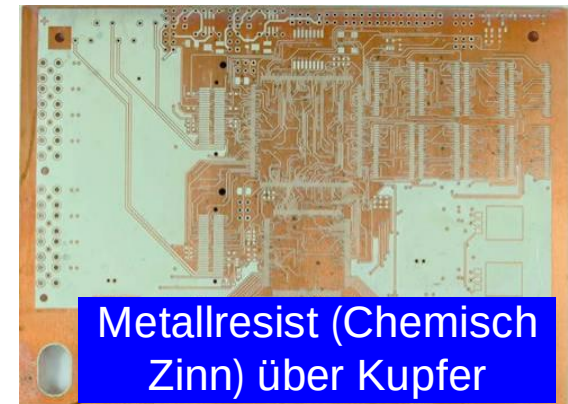
CO₂-Reduktion durch additiven Kupferberaufbau

Die Strukturierung des Leiterbildes erfolgt durch einen subtraktiven Prozeß, bei dem das überschüssige nicht benötigte (...aber ganzflächig auf dem Basismaterial auf-gebrachte) Kupfer in einem Ätzmedium aufgelöst wird und entsorgt werden muß.

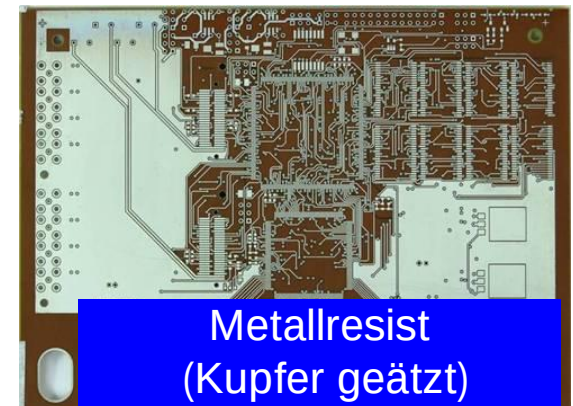
Wird für die Strukturierung ein Metallresist (...üblicherweise Zinn) eingesetzt, dann muß auch der Metallresist entsorgt werden.

Diese Aufgabenstellung muß die Leiterplattentechnologie zum gemeinsamen Vorteil der Projektpartner lösen.

Eine Alternative könnte die additive Beschichtung sein, die in der LTCC-Technologie (...für Hochfrequenzanwendungen) typisch ist.

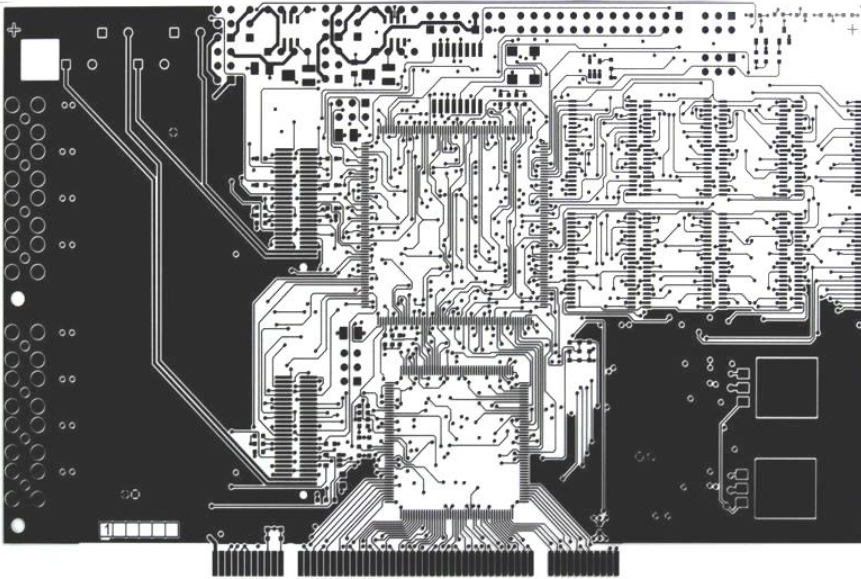


Metallresist (Chemisch Zinn) über Kupfer



Metallresist (Kupfer geätzt)

CO₂-Reduktion durch Laserbelichtung



Die Belichtung des sensitiven Fotoresists wurde ursprünglich mit Filmen durchgeführt, lasergeplottet auf transparenter Polyesterfolie. Diese Prozeßtechnik kann umgestellt werden auf LDI (~ laser direct imaging).

Für die Laserbelichtung wird Energie benötigt, aber es entfallen Energie und Rohstoffe für die Herstellung des Filmmaterials und die Energie für den Laserplotter, den Filmentwickler und den UV-Belichter.

Laserbelichter wurden Anfang der 1990er Jahre entwickelt. Es hat fast 20 Jahre gedauert, bis die Anlagentechnik wirtschaftlich verfügbar war und der ökonomische Vorteil für die Produktion von Leiterplatten genutzt werden konnte.

CO₂-Reduktion durch geänderte Technologien für den Siebdruck

Siebdruck wird eingesetzt für das Aufbringen verschiedener Substrate auf die Oberfläche der Leiterplatte.

Nach der Bearbeitung müssen die Siebe gereinigt werden. Dazu wird ein Lösungsmittel benötigt. Für den Lötstopdruck setzt man bereits seit fast 25 Jahren fotosensitiven Lack ein.

Der Bestückungsdruck sollte heute mit einem Inkjetdrucker aufgebracht werden.

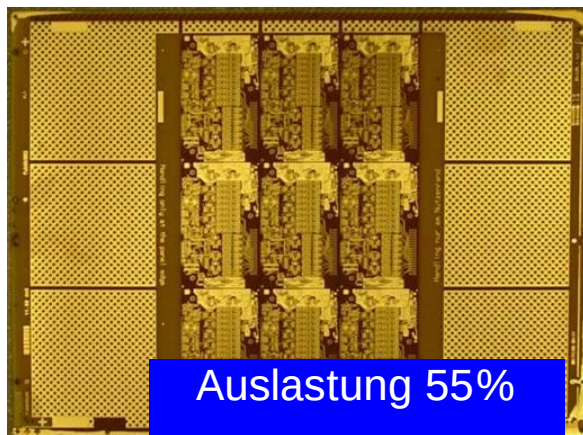
Vorteil ist die Ersparnis der Vorbereitung (Lösungsmittel, Film laserplotten, reinigen). Reduzierung der Arbeitszeit. LDI ist für die Lackbelichtung angestrebt, benötigt aber zur Zeit noch mehr Energie als die Belichtung des Leiterbildes.

Die ursprüngliche Motivation war ökonomischer Natur.

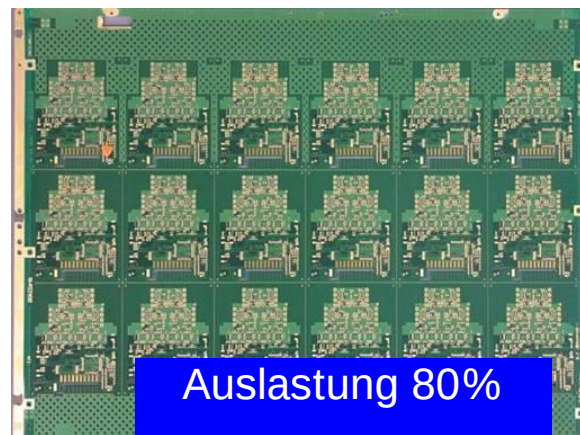


CO₂-Reduktion durch partnerschaftliche Nutzengestaltung

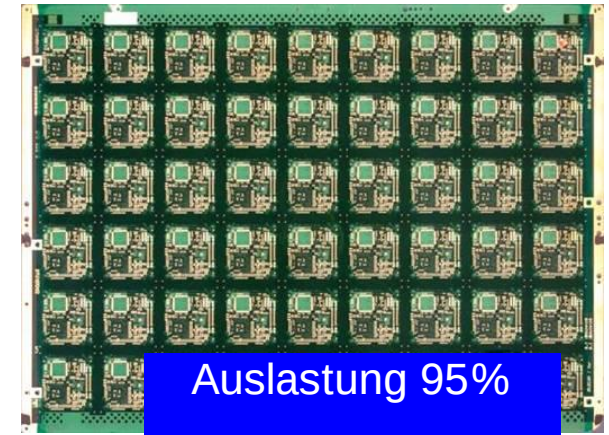
Aus ökonomischen Gründen produzieren die Leiterplatten- und Baugruppenhersteller im Nutzen (in Europa 460 x 610mm). Das Maß der Leiterplatte bestimmt die Belegung der Nutzfläche. Ein nicht auf die Nutzfläche abgestimmtes Maß der Leiterplatte läßt Materialflächen ungenutzt. **Ungenutztes Material ist Schrott und muß entsorgt werden.** Die Größe der Leiterplatte und die Fertigung der Kontur (~ Fräsen und/oder Ritzen) sollte deshalb in Abstimmung mit dem Leiterplatten- und Baugruppenhersteller erfolgen.



Auslastung 55%



Auslastung 80%



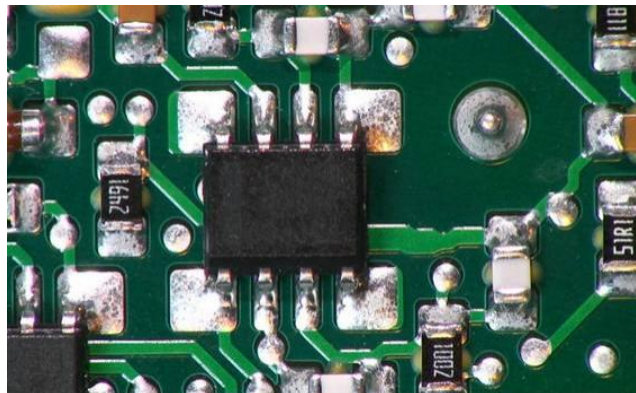
Auslastung 95%

CO₂-Reduktion durch niedrigschmelzende Lote

Mit der Umstellung auf bleifreie Lote (...Blei ist ein Gift), z.B. SAC305, durch die RoHs I-Vorgaben in 2003 wurde die Löttemperatur von zirka 235°C auf zirka 275°C erhöht.

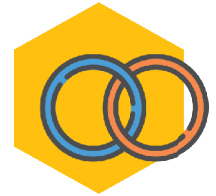
Die thermische Belastung reduziert die langfristige Zuverlässigkeit der Bauteilfunktion, der Lötverbindung und des Basismaterials durch Versprödung und Ausgasung.

Zur Zeit werden niedrigschmelzende Lote mit einer Löttemperatur von zirka 175°C analysiert. Damit werden sowohl der Energiebedarf für das Aufschmelzen des Lotes und die kontrollierte Abkühlung der gelöteten Baugruppe sowie die thermische Belastung für Bauteile und Basismaterial deutlich reduziert. Repair wird weniger riskant.



DIE NEUE INDUSTRIESTRATEGIE FÜR EUROPA

INITIATIVEN UND GESETZE FÜR DAS THEMA ELEKTRONIK



Rechtsakt über die klimaneutrale Industrie

- Unterstützung der industriellen Herstellung von Schlüsseltechnologien wie Batterien, Windrädern, Wärmepumpen, Solaranlagen und Technologien zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung
- Vereinfachter Rechtsrahmen und verkürzte Genehmigungsverfahren

Paket „Fit für 55“

- Maßnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2030 um mindestens 55 % im Vergleich zu 1990
- Einführung von CO₂-Preisen und Förderung erneuerbarer Energien

REPowerEU-Plan

- Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und
- Beschleunigung des Übergangs zu sauberer Energie
- Förderung von Investitionen in erneuerbare Energien und Energieeffizienzmaßnahmen

DIE REGULATORIK

BERICHTSERSTATTUNG EU-EHS



Unternehmen fallen unter die EU-Richtlinie 2023/959 und das EU-Emissionshandelssystem (EHS), wenn es jährlich über 20.000 Tonnen CO₂ ausstößt. Auswirkungen auf Zulieferer von Unternehmen, die der Richtlinie unterliegen:



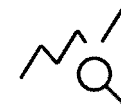
Zulieferer müssen
detaillierte
Emissionsdaten und
Berichte bereitstellen



Weitergabe von Kosten für
Emissionszertifikate an
Zulieferer



Notwendigkeit von
Investitionen in emissions-
arme Technologien und
Prozesse



Einführung eines
Überwachungssystems für
Emissionen.

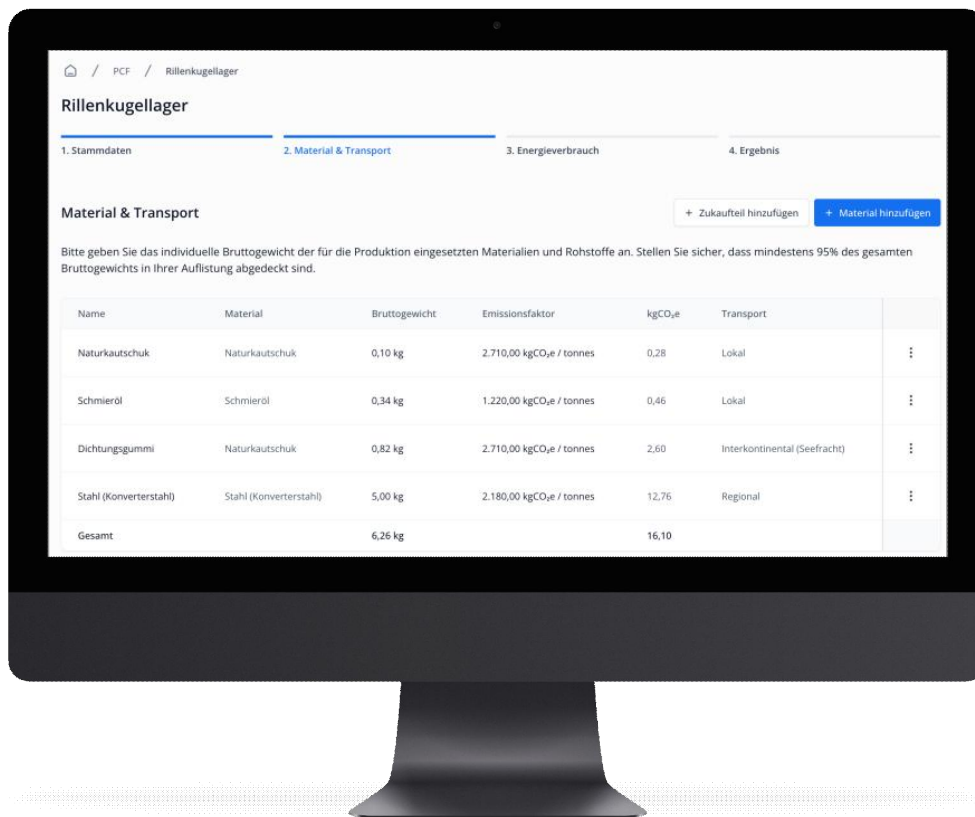
DIE NEUE INDUSTRIESTRATEGIE FÜR EUROPA

INITIATIVEN UND GESETZE FÜR DAS THEMA ELEKTRONIK



Ökodesign-Verordnung	• Förderung der Nachhaltigkeit von Produkten, einschließlich elektronischer Produkte • Gestaltung elektronischer Produkte energieeffizienter und umweltfreundlicher
Next Generation EU & Horizon Europe	• Unterstützung grüner Technologien und Infrastrukturprojekte • Entwicklung und Umsetzung von Projekten zur CO2-Reduktion in der Elektronikproduktion
Initiativen zur Kreislaufwirtschaft	• Förderung von Technologien zur Wiederverwendung und Recycling von Materialien • Fokus auf Batterieherstellung
IPCEI (Important Projects of Common European Interest)	• Unterstützung von groß angelegten Entwicklungsprojekten in strategischen Bereichen wie Mikroelektronik und Batterien • Öffentliche Mittel und private Investitionen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Innovation in der Elektronikproduktion

ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG



tanso

- ? PCF-Lösung entwickelt mit und optimiert für Industrieunternehmen
- ? Effiziente PCF-Berechnungen für Produktportfolios mit Varianten
- Automatisierte Berechnung durch statistisches Allokationsmodell
- Einzelberechnung von PCFs nach ISO 14067 und Komponentenbibliothek

*PCF = Product Carbon Footprint