

SMTconnect 2022



# Roadmap der europäischen Leiterplatten-Technologie und die wichtigsten Zukunftstrends

Referent: Dipl.-Ing. (FH) Ralph Fiehler

**KSG**  
pcb · smarter · together

# Agenda

- 1 Einführung**
- 2 HDI-SBU-Leiterplattentechnologien**
  - Integration von Funktionalitäten
- 3 Leiterplattentechnologien für HF-Anwendungen**
- 4 Flexible-/ Starrflex-Leiterplattentechnologien**

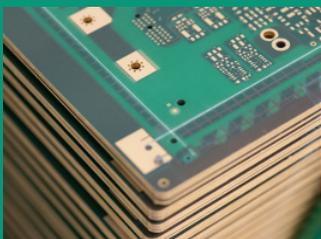
# Einführung

## Kurzporträt KSG-Gruppe



**950**

Mitarbeiter



**123**

Mio. € Umsatz 2021



**1.000**

Kunden



**46.000**

m<sup>2</sup> Fertigungsfläche



**ZWEI STANDORTE  
EINE PHILOSOPHIE**



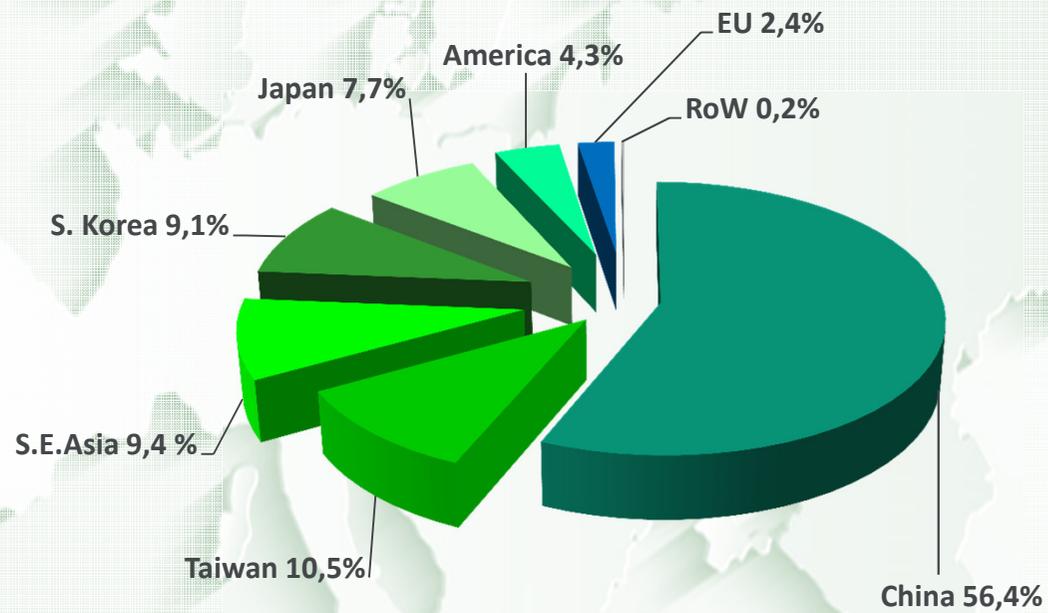
# Einführung

## Weltproduktion 2020



1. **WE**  
WÜRTH ELEKTRONIK
2. **AT&S**
3. **KSG**  
pcb · smarter · together
4. **SCHWEIZER**  
ELECTRONIC
5. **MekTEC**

Gesamtproduktion 2020: 74.350 Mio. USD

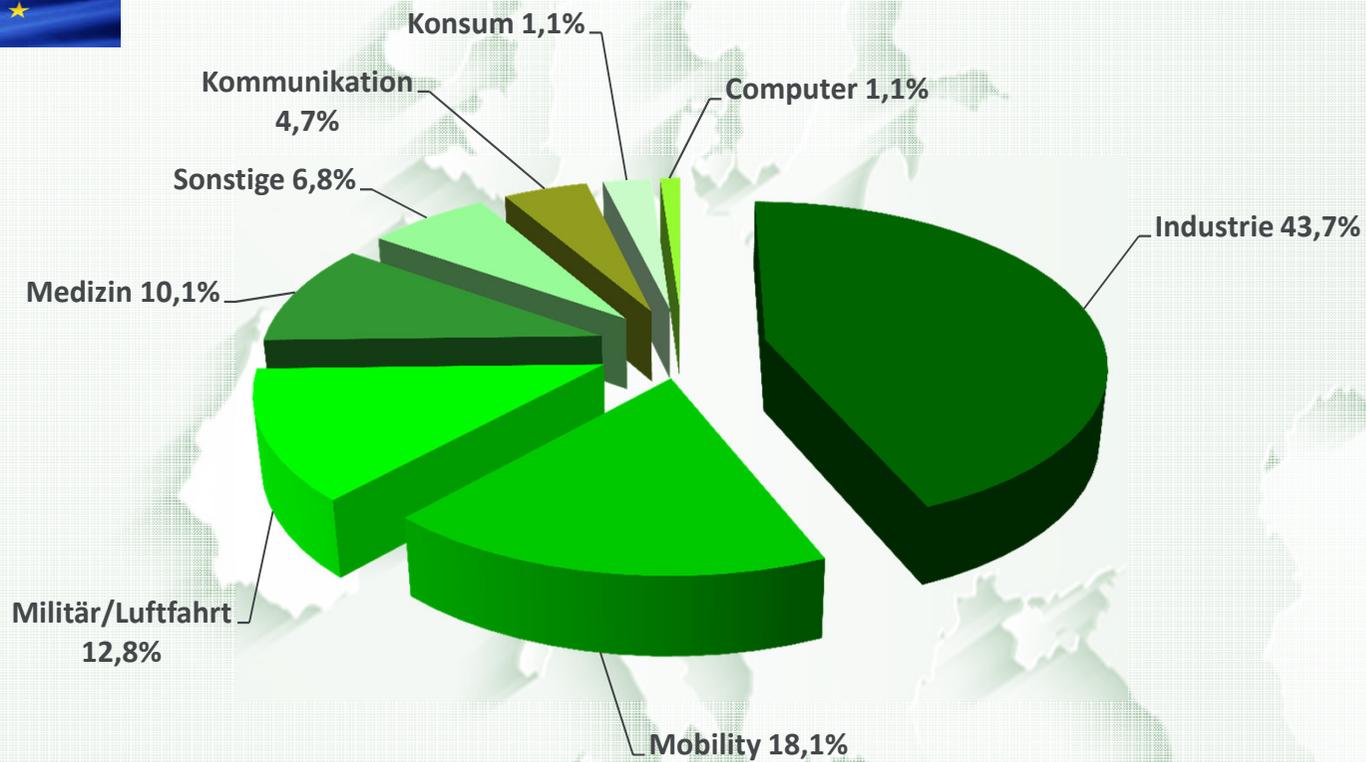


Quelle: Data4PCB



# Einführung

## Branchenverteilung Europa 2020

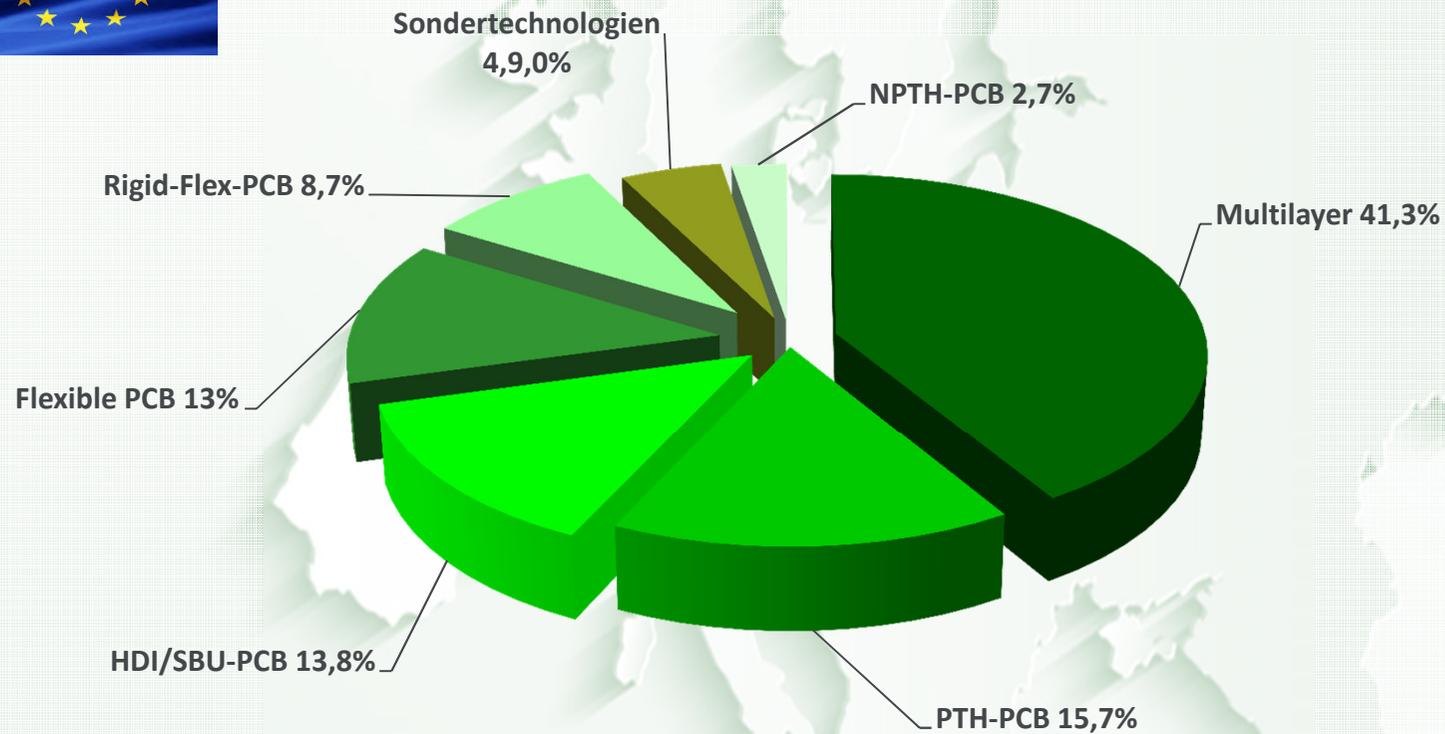


Quelle: Data4PCB

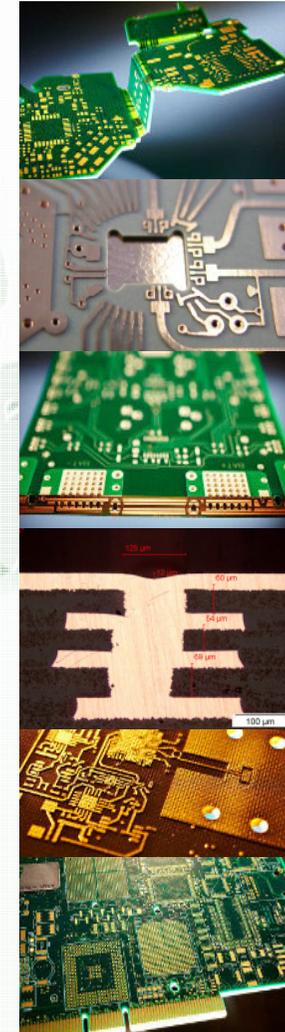


# Einführung

## Technologieverteilung Europa 2020

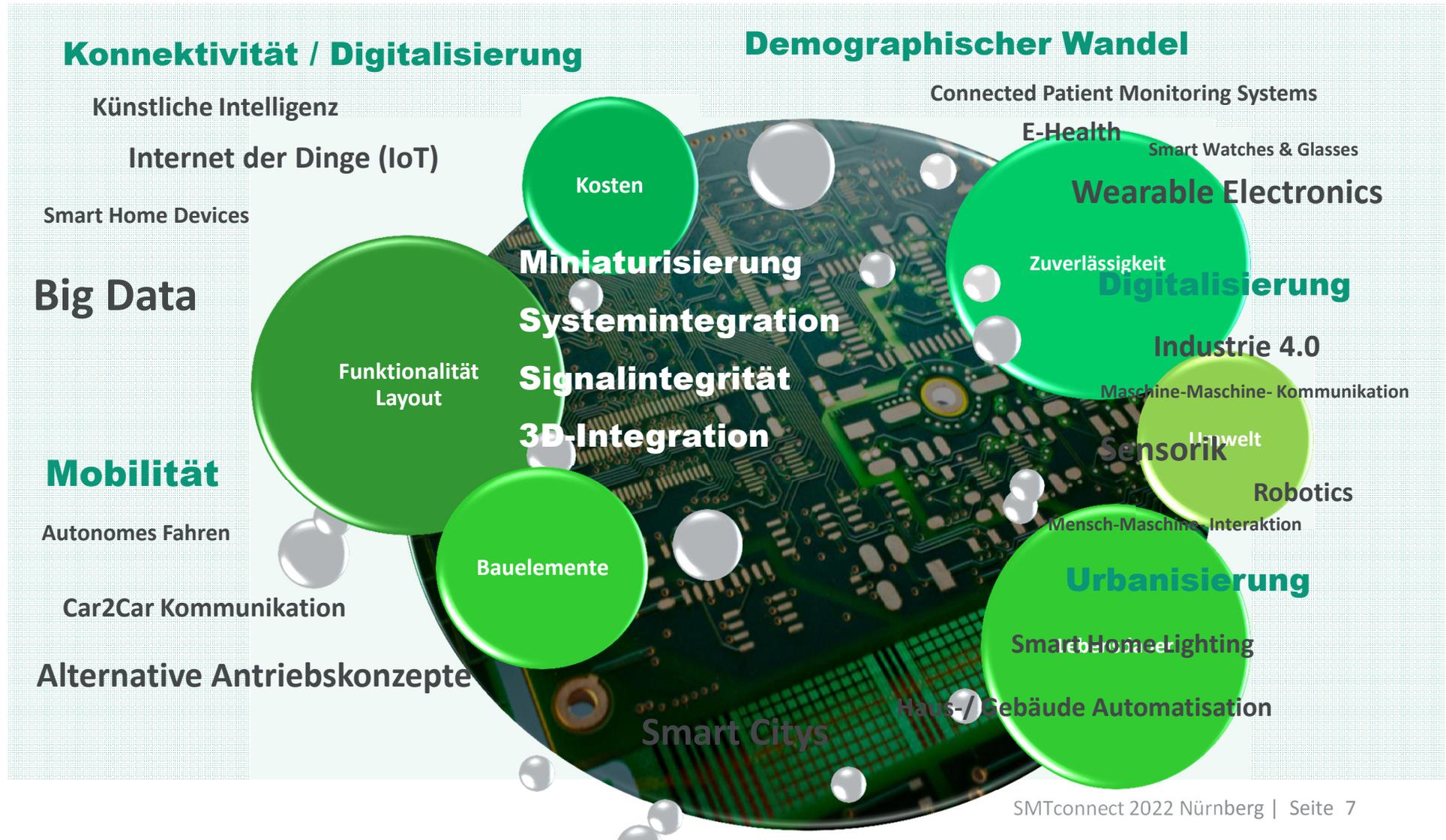


Quelle: Data4PCB



# Einführung

## Katalysatoren der Leiterplatten-Technologieentwicklung





SMTconnect 2022

HDI- / SBU-

Leiterplattentechnologien

# HDI-/ SBU-Technologien

## Entwicklung Integrationsdichte

Die Hauptfunktion der Leiterplatte besteht darin - **Träger und elektrisches Verbindungselement** für elektronische Bauelemente zu sein.

Die Auswirkungen auf die Herstellungstechnologie des Schaltungsträgers bei fortschreitender Miniaturisierung und Komplexität der Bauelemente werden dabei immer größer.



2002



2012



2022

Höhere Zuverlässigkeit

Steigende Anschlussdichte

Kleinere Anschlussflächen

Kleinere Bauformen (01005)

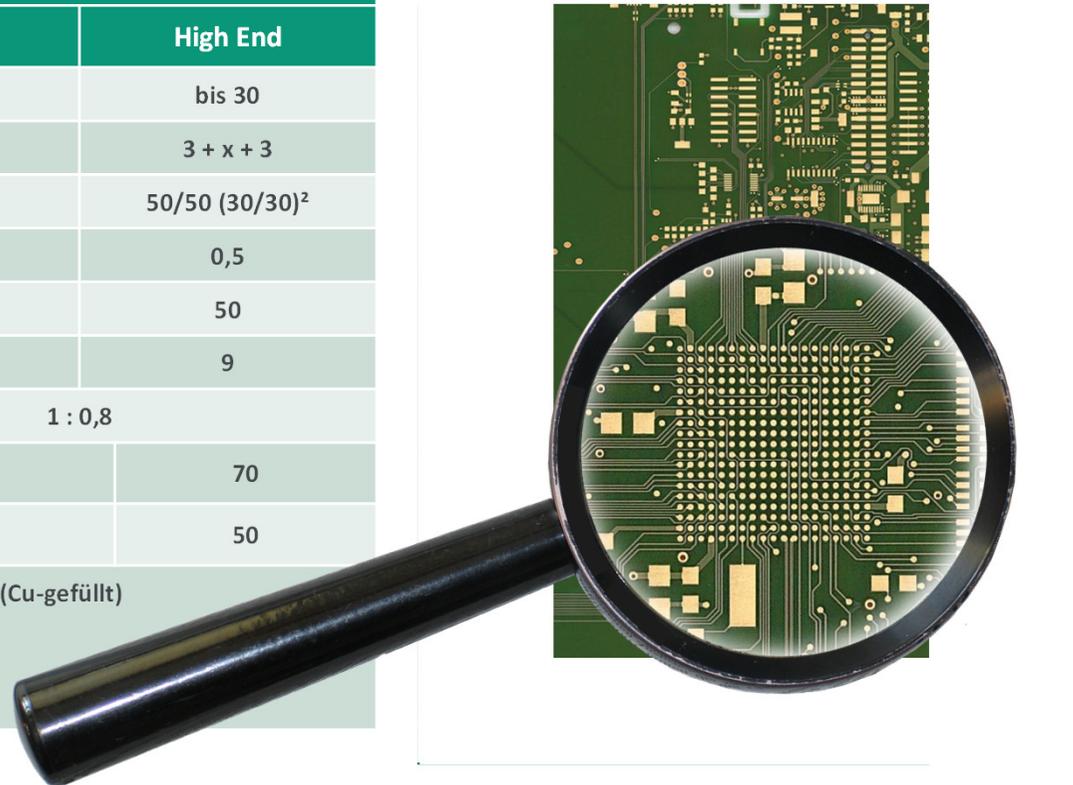
Geringerer Bauraum

**Integration von Funktionalitäten**

# HDI-/ SBU-Technologien

## Status quo Branche

Merkmal	Status quo Branche	
	Standard <sup>1</sup>	High End
Lagenanzahl	4 bis 10	bis 30
SBU Aufbauten	2 + x + 2	3 + x + 3
Line/Space (µm)	100/100	50/50 (30/30) <sup>2</sup>
BGA Pitch (mm)	0,8 / 0,65	0,5
Dicke Innenlage (µm)	100	50
Dicke Basis-Cu (µm) Microvia-Lage	18	9
AR Blind Microvias (Ø/Tiefe)	1 : 0,8	
Breite Stopplacksteg (µm)	100	70
Stopplackfreistellung Pad (µm)	100	50
Umverdrahtungstechnologien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Blind Microvia (Cu-gefüllt)</li> <li>▪ Buried Vias</li> <li>▪ Staggered Vias</li> <li>▪ Stacked Vias</li> </ul>	



Legende: <sup>1</sup> Volumenproduktion, <sup>2</sup> Niveau wird nur spezialisierten Herstellern erreicht

Quelle: ZVEI-Roadmap



# HDI-/ SBU-Technologien

## Trends

Merkmal	Prognose 2025	
	Standard <sup>1</sup>	High End
Lagenanzahl	4 bis 12	bis 30
SBU Aufbauten	3 + x + 3	≥ 4 + x + 4
Line/Space (µm)	75/75	30/30 (< 15/15) <sup>2</sup>
BGA Pitch (mm)	0,5	0,4
Dicke Innenlage (µm)	100	25
Dicke Basis-Cu (µm) Microvia-Lage	18	5
AR Blind Microvias (Ø/Tiefe)	1 : 1,2	
Breite Stopplacksteg (µm)	70	50
Stopplackfreistellung Pad (µm)	50	< 50
Umverdrahtungstechnologien	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cu-gefüllte PTH (THF)</li> <li>▪ Blind Microvia (Cu-gefüllt)</li> <li>▪ Buried Vias</li> <li>▪ Staggered Vias</li> <li>▪ Stacked Vias</li> </ul>	

Legende: <sup>1</sup> Volumenproduktion, <sup>2</sup> Niveau wird nur spezialisierten Herstellern erreicht

### Trends

### Basismaterial

Anstieg des Materialanteils:

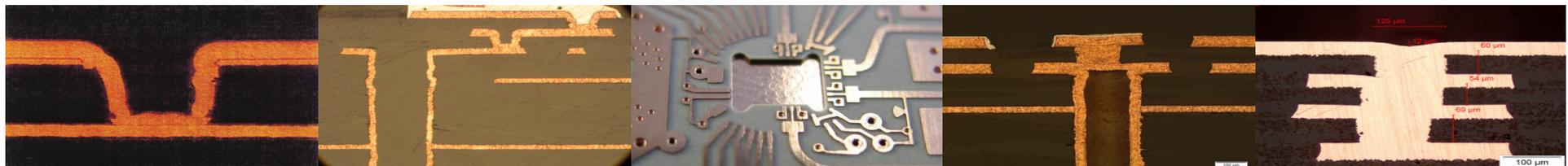
- von Mittel-/ Hoch-Tg-Basismaterialien
- von halogenfreien Basismaterialien
- CAF-beständigen Basismaterialien

### Leiterplattenmerkmale

- Anstieg der Lagenanzahl
- Senkung Innenlagen- und PCB-Dicke
- Geringeres Line/Space
- Erhöhung Bohrungsdichte und des Aspect Ratio
- impedanzkontrollierte Aufbauten
- Minimierung der mechanischen Toleranzen
- Minimierung der Leiterbild- und Stopplacktoleranzen
- Einsatz von Mischaufbauten



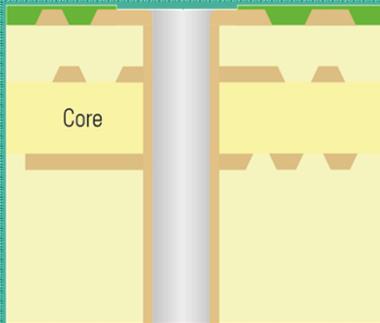
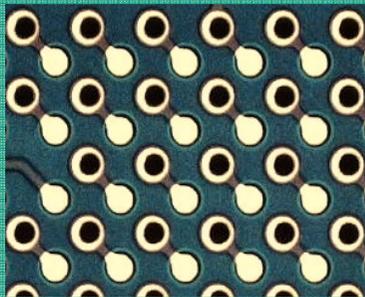
Quelle: ZVEI-Roadmap



# HDI-/ SBU-Technologien

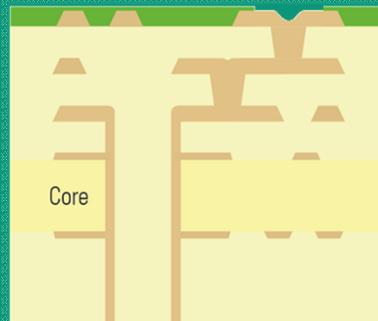
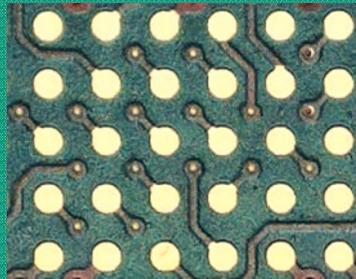
## Trends

BGA Pitch  $\leq 0,8$  mm



Umverdrahtung über  
mechanisch gebohrte Vias  
durch gesamte LP

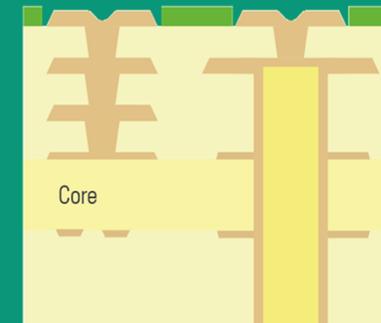
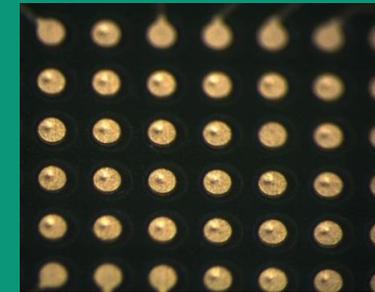
BGA Pitch  $\leq 0,65$  mm



Umverdrahtung mit Standard  
Microvias oder  
Staggered Microvias

Trend

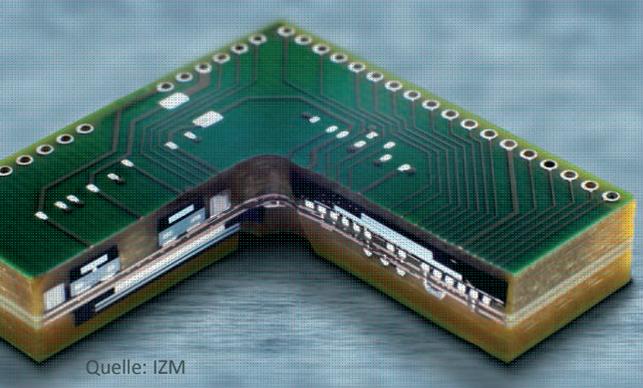
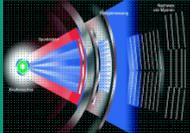
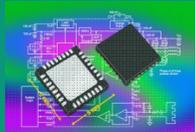
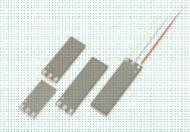
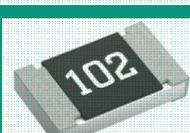
BGA Pitch  $\leq 0,5$  mm



Umverdrahtung mit  
Stacked Microvias oder  
Microvia on Buried Via

# HDI-/ SBU-Technologien

## Status quo 2020 - Integration von Funktionalitäten

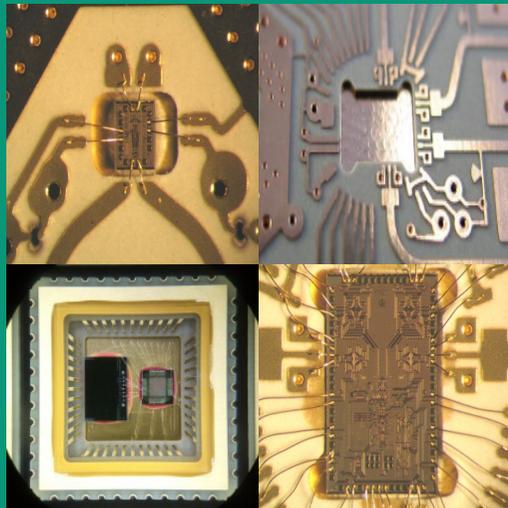
<p><b>Integrationsfelder</b></p>  <p>Quelle: IZM</p>	 <p><b>Elektro-optische Elemente (Emitter, Detektoren)</b></p>
 <p><b>Aktive elektrische BE (IC's)</b></p>	 <p><b>Elektromechan. Elemente (Piezo Aktoren)</b></p>
 <p><b>Fluidische Komponenten (Pumpen)</b></p>	 <p><b>Elektro.-chem. Elemente (Batterien)</b></p>
 <p><b>Optische Elemente (Lichtwellenleiter, Koppelemente)</b></p>	 <p><b>Passive elektr. BE (R-, L-, Cs)</b></p>

# HDI-/ SBU-Technologien

Status quo Branche 2020 - Integration von Funktionalitäten

## Tiefenfräsung

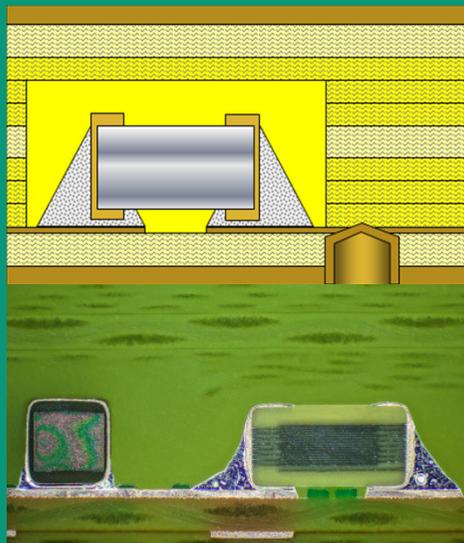
Kavernen durch Tiefenfräsen/ Laser,  
Kontaktierung mittels AVT



Eingebetteter MEMS und ASIC, Nackt-Chip-Montage auf Innenlage 400µm

## Embedded Solder IC

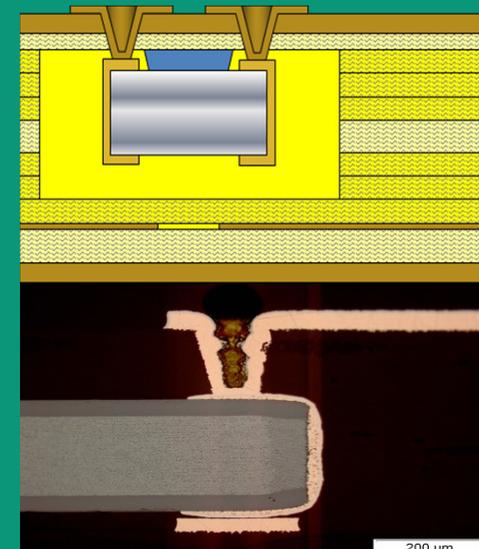
Kontaktierung durch Löten



Eingebettete passive Bauelemente

## Direct Cu Interconnects

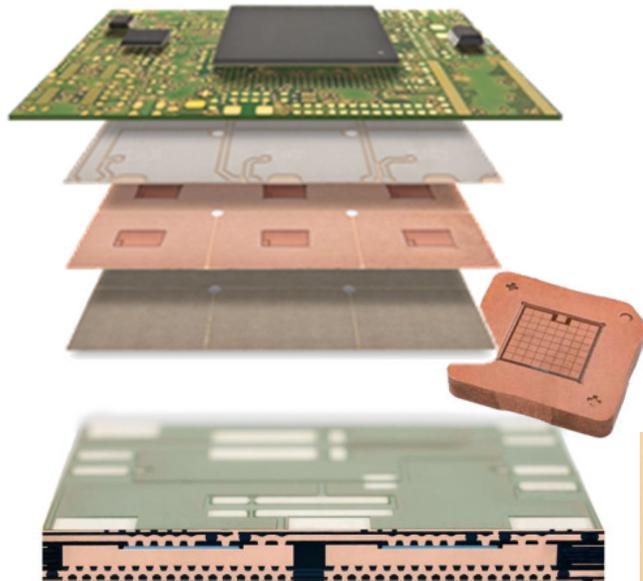
Kontaktierung durch Laser-Vias



Eingebettete passive Bauelemente

# HDI-/ SBU-Technologien

## Trends

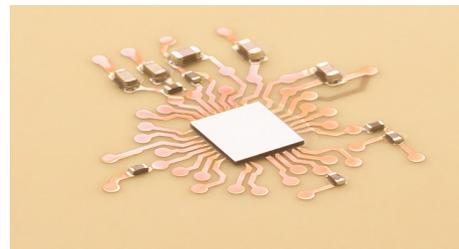
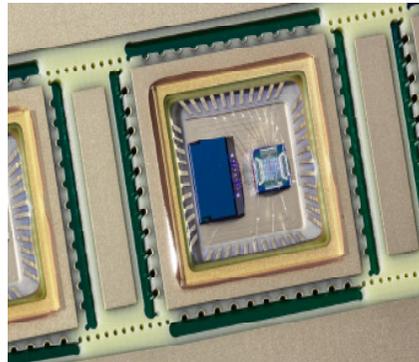


### p<sup>2</sup> Pack-Technologie (Quelle: SEAG)

- Embedding von Leadframes in Kavitäten
- Kombination Logik + Leistungselektronik

### Frästechnologie (KSG GmbH)

Eingebetteter Inertialsensor (MEMS)



### i<sup>2</sup> Board – Technologie (Quelle: SEAG)

Nacktchip + passive BE bestückt auf Interposer

## Trends

- Einsatz dünnerer Substrate
- Reduzierung der Leiterbahndicke für Build-up Substrate
- Reduzierung Line/ Space
- Reduzierung der Via-Durchmesser
- Anstieg der thermo-mechanischen Anforderungen
- Anstieg des Embedding von aktiven Bauelementen

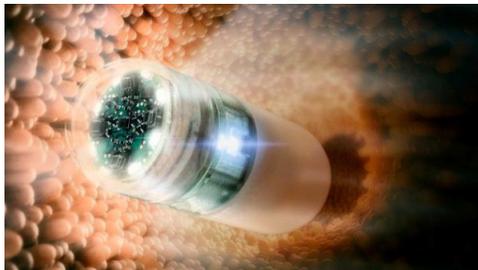
Weil Qualität  
nicht relativ  
sein kann.



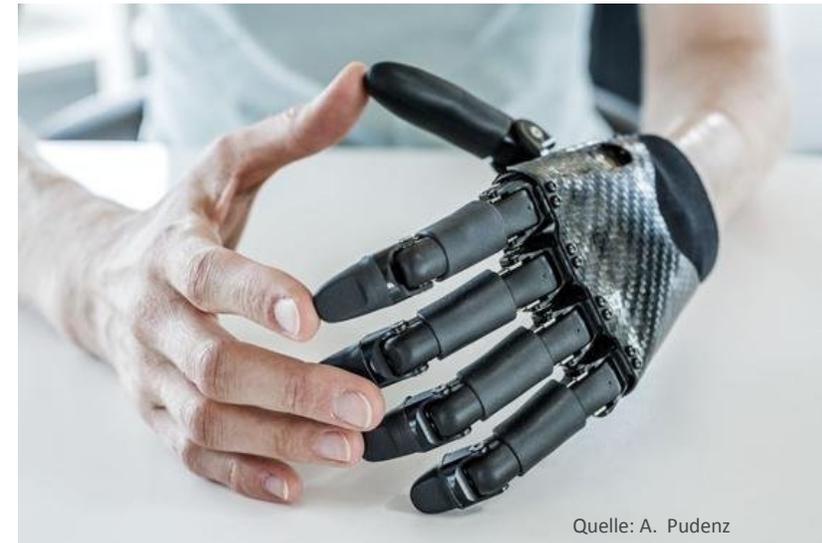
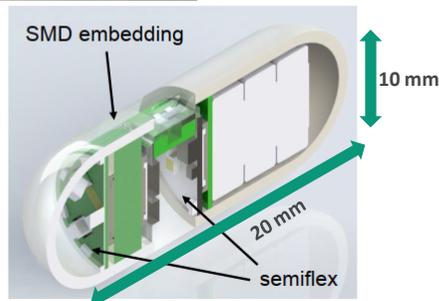
# HDI-/ SBU-Technologien

## Trends - Miniaturisierung / Systemintegration

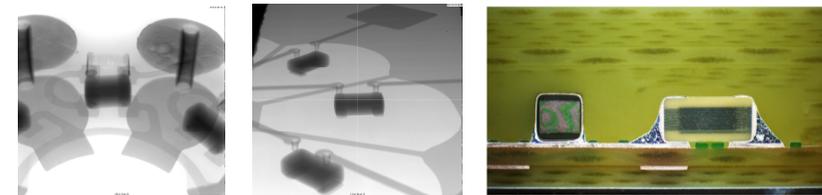
### Capsule Endoscope – Hardware Concept



- 5 front cameras with integrated lens
- LED for illumination
- 1 side camera (movement tracer)
- FPGA for image compression
- flash memory for image storage
- microcontroller
- 3 batteries



Quelle: A. Pudenz



### Mikroantriebe Prothetik (KSG)

Eingebettete passive Bauelemente in der Steuerelektronik



andreas.ostmann@izm.fraunhofer.de

Quelle: FhG IZM

### Miniaturisiertes Kapsel-Endoskop

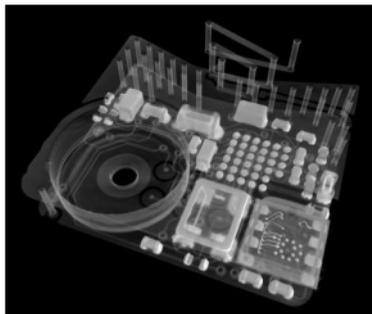
Modul Stacking, eingebettete Bauelemente, Semiflex

# HDI-/ SBU-Technologien

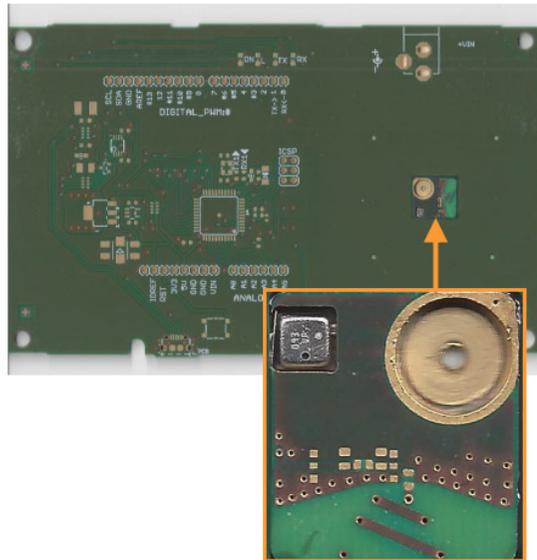
## Trends - Miniaturisierung / Systemintegration

### Projekt PCB 4.0

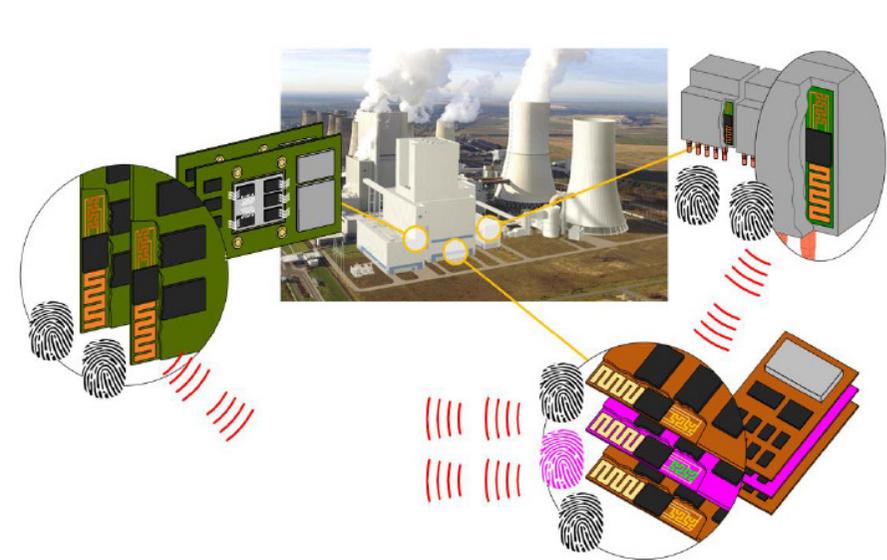
Entwicklung eines hochintegrierte IoT-Funksensormoduls zur vernetzten Überwachung von Betriebszuständen während der Fertigung und der Produktlebenszeit.



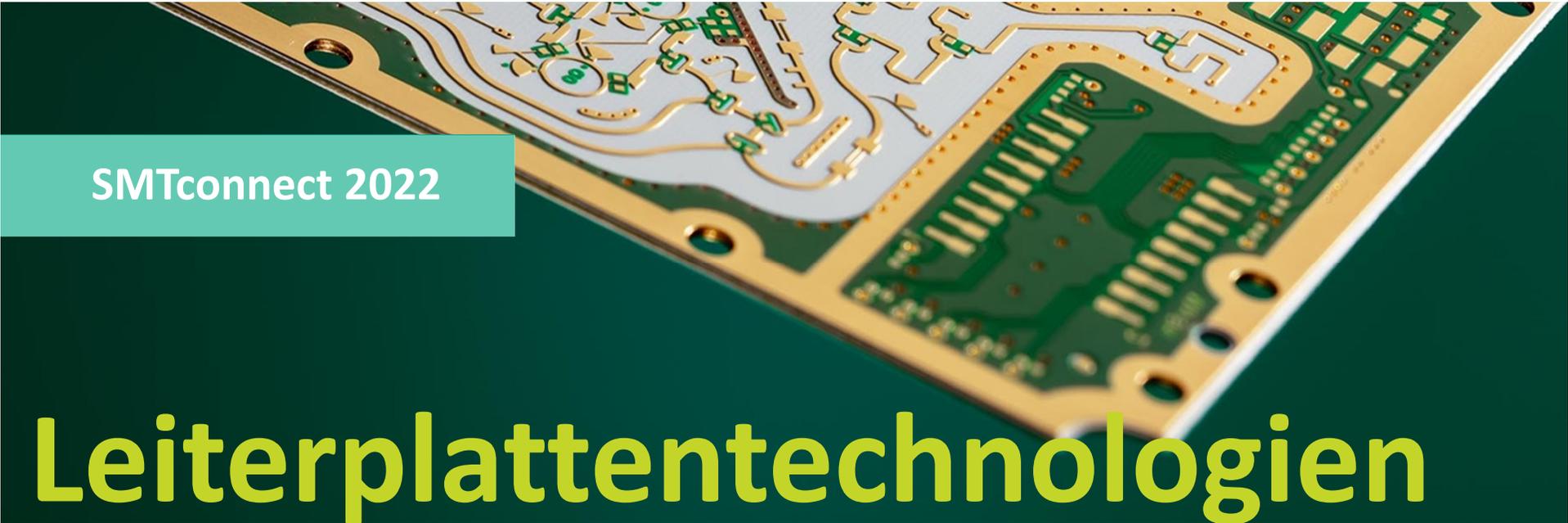
Zielgröße IOT-Sensor < 0,2 cm<sup>3</sup>  
embedded in PCB



Embedding IoT-Funksensor-Modul in Test-  
Motherboard



Quelle: FhG IZM, Siemens



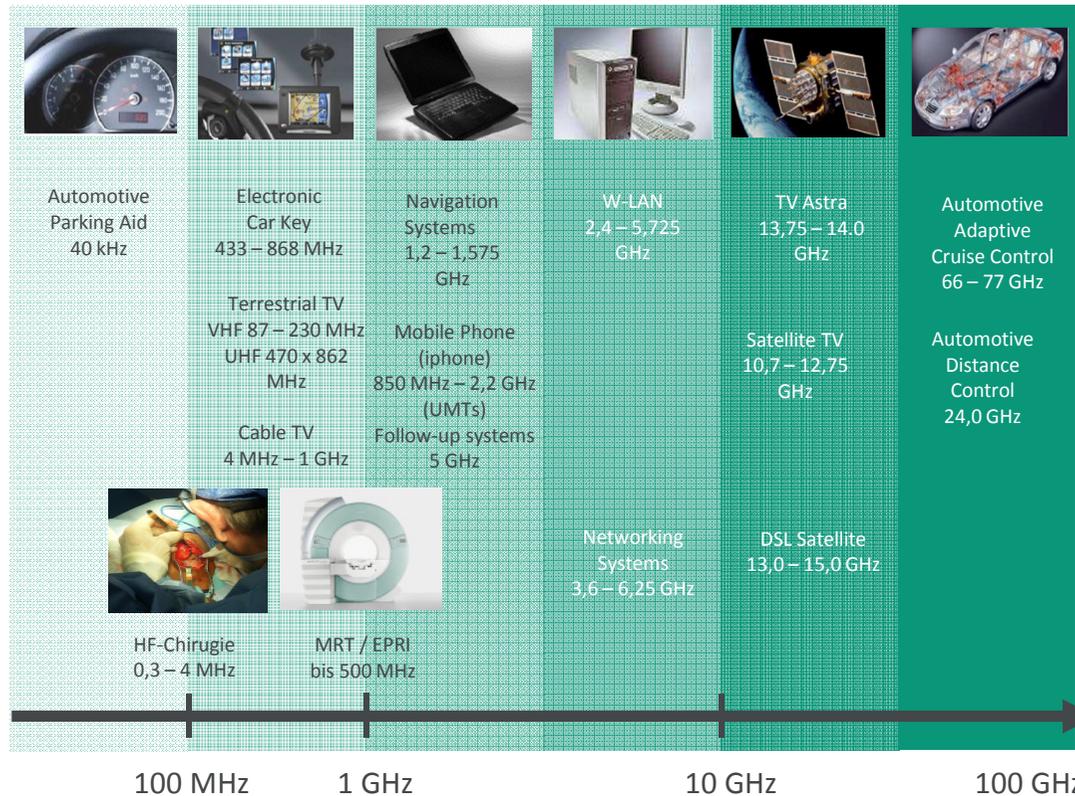
SMTconnect 2022

# Leiterplattentechnologien für HF-Anwendungen

**KSG**  
pcb · smarter · together

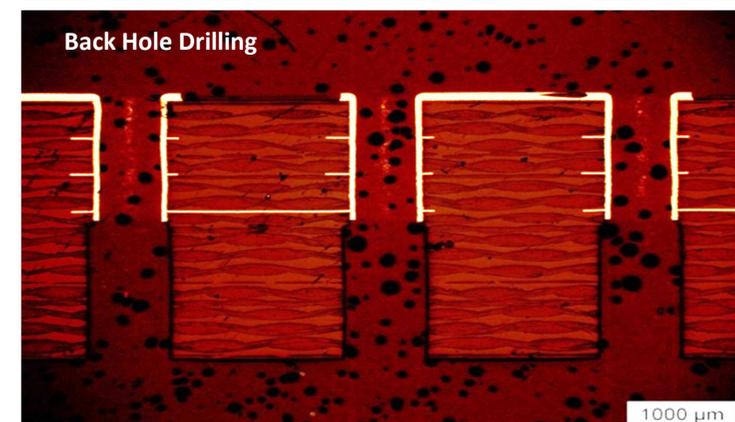
# PCB-Technologien für HF-Anwendungen

## Status quo 2020



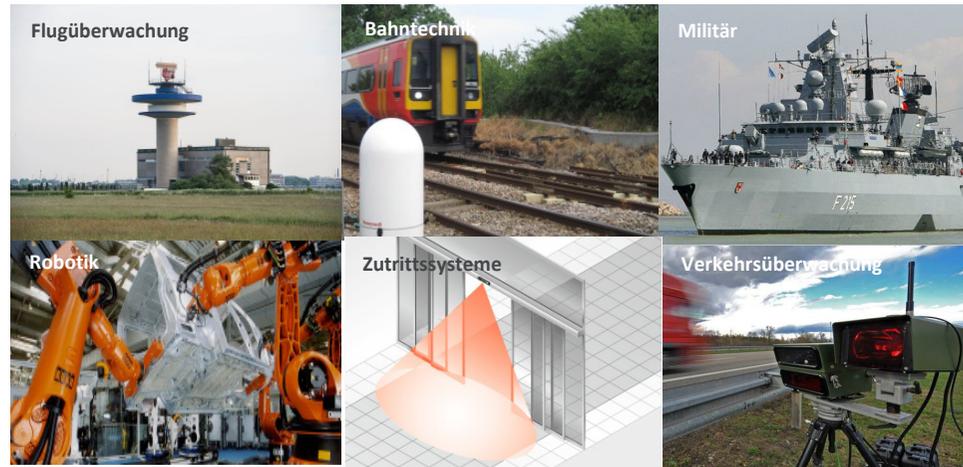
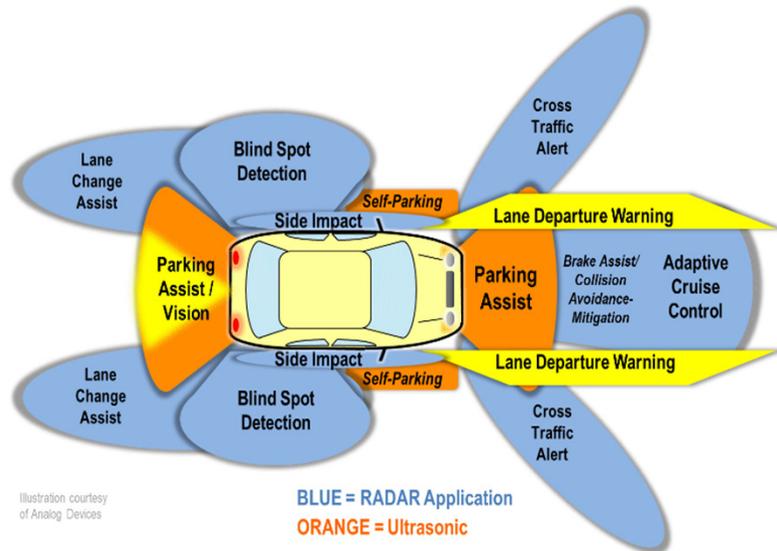
### Charakteristik

- Eingegengte Leiterbild-/ Dickentoleranzen und mechanische Toleranzen
- Einsatz von unsymmetrischen Hybridaufbauten (FR4-PTFE)
- Einsatz von nicht glasfaser-verstärkten PTFE-Basismaterialien
- Einsatz von Sondertechnologien – Back Hole Drilling



# PCB-Technologien für HF-Anwendungen

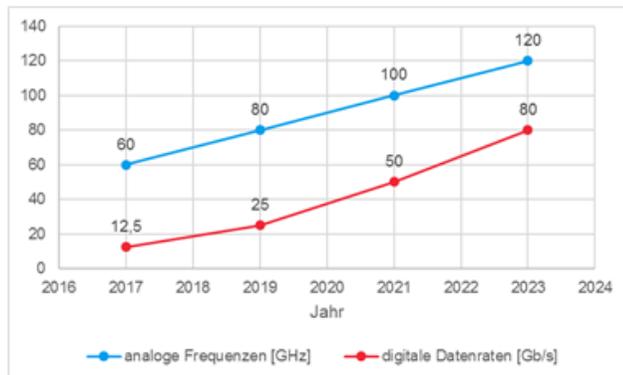
## Status quo 2020 - Anwendungsfelder



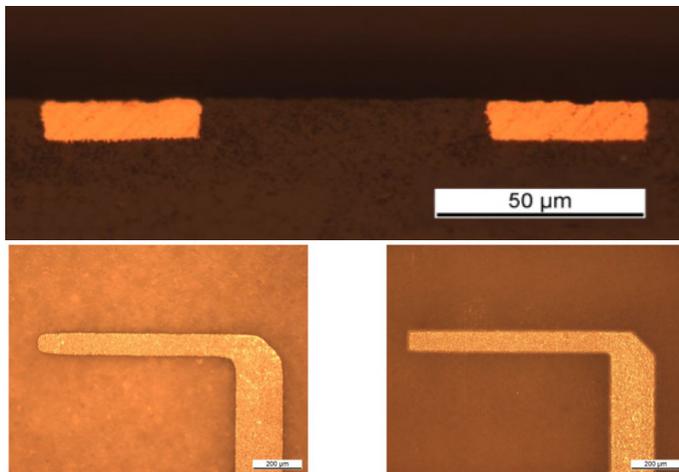
Long Range Radar 3. und 4. Generation, sowie Mid Range Radar  
Quelle: <http://products.bosch-mobility-solutions.com>

# PCB-Technologien für HF-Anwendungen

## Trends



Prognose Entwicklung der Entwicklung der Frequenzen  
Quelle: Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG



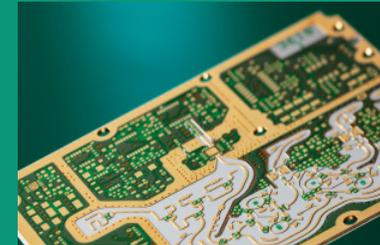
Etched

Embedded Antenna process

Embedded Antennensystem  
Quelle: Schweizer Elektronik AG

## Trends

## Basismaterial

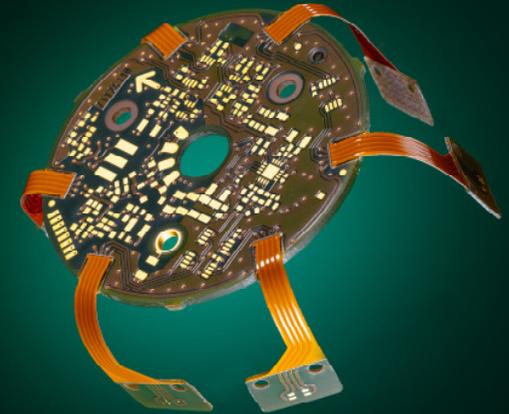


- Entwicklung neuer PTFE-Materialsysteme für Anforderungen von 80 – 100 GHz mit:
  - ✓ geringerem Verlustfaktor / Dielektrizitätskonstante
  - ✓ eingeschränktem Toleranzbereich
  - ✓ geringerem Kupfertreatment

## Leiterplattenmerkmale

- Anstieg der Lagenanzahl
- Minimierung der Ätztoleranzen / Verbesserung der Leiterzuggeometrie
- Senkung Innenlagen- und Leiterplatten-Dicke
- Geringeres Line/Space
- Erhöhung Bohrungsdichte
- Erhöhung des Aspect Ratio
- Minimierung der Leiterbild- und Stopplacktoleranzen
- Einsatz alternativer Oberflächen z.B. ISIG

SMTconnect 2022



# Flex-/ Starrflex- Leiterplattentechnologien

**KSG**  
pcb · smarter · together

# Flex-/ Starrflex-Technologien

## Anwendungsfelder Medizintechnik

### Patientenüberwachung

#### EKG-Geräte

Blutzuckermessgeräte

Blutdruckmessgeräte

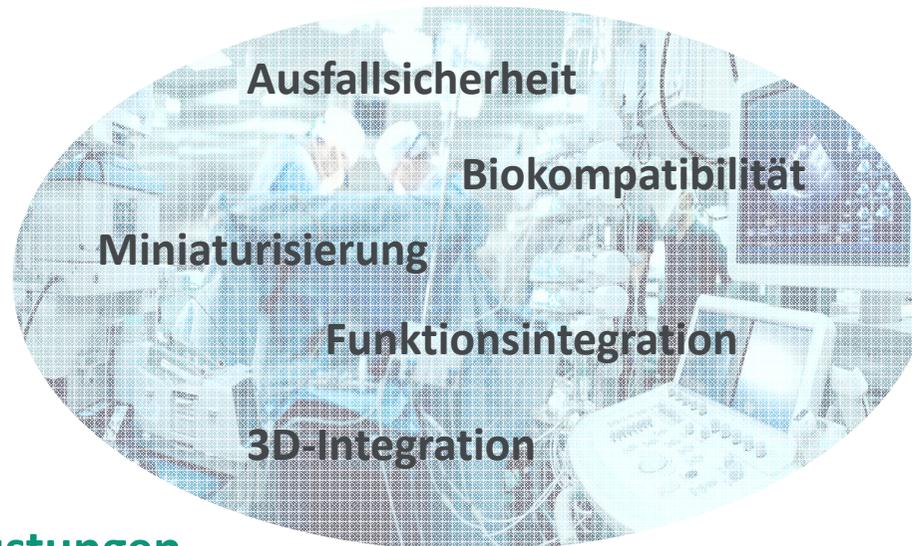
### Medizinische Therapie

#### Hörgeräte

Herzschrillmacher

Stimulatoren

#### Prothesen



**Ausfallsicherheit**

**Biokompatibilität**

**Miniaturisierung**

**Funktionsintegration**

**3D-Integration**

### Diagnose/ Bildgebung

Röntgen

**CT**

**MRT**

Endoskope

### Medizinische Ausrüstungen

Beleuchtungssysteme Zahnmedizin

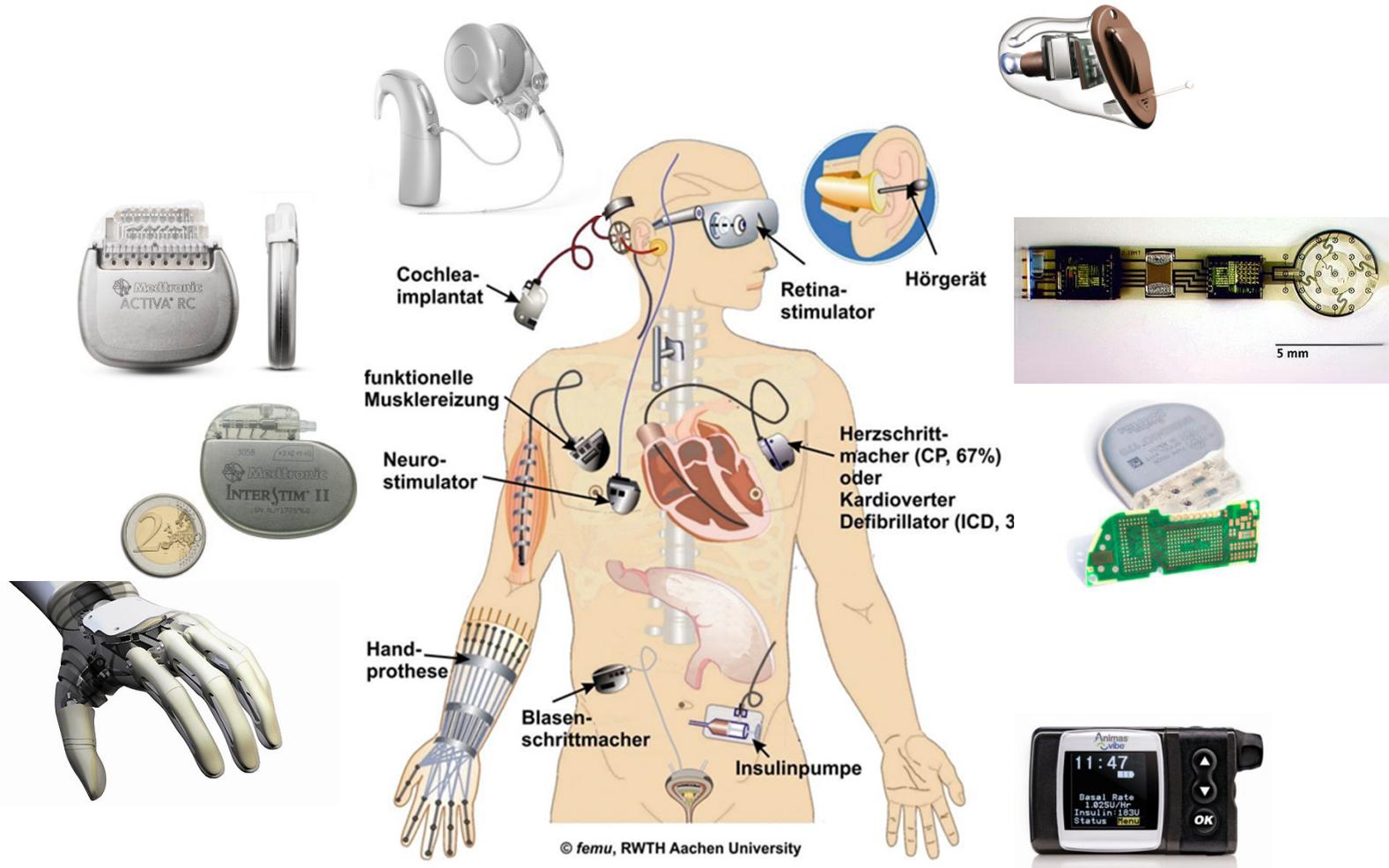
Endoskope

### Wearables

E-Pflaster/ - Bandagen

# Flex-/ Starrflex-Technologien

## Intra-/extrakorporale Anwendungen



Quelle: AT&S, Cicor, O. Bock, Activa, Oticon, Collofong

# Flex-/ Starrflex-Technologien

## Status quo Branche

Merkmal	Status quo Branche	
	Standard	High End
Lagenanzahl starrer Bereich	4 - 8	16
Lagenanzahl flexibler Bereich	2	4
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombination Starrflex mit HDI Lagen</li> <li>- Staggered HDI Aufbauten</li> <li>- Dünne Fullflex 2-8 lagige Aufbauten mit mehrstufigen Biegezonen</li> </ul>	

### Basismaterial

#### Flexible Laminate

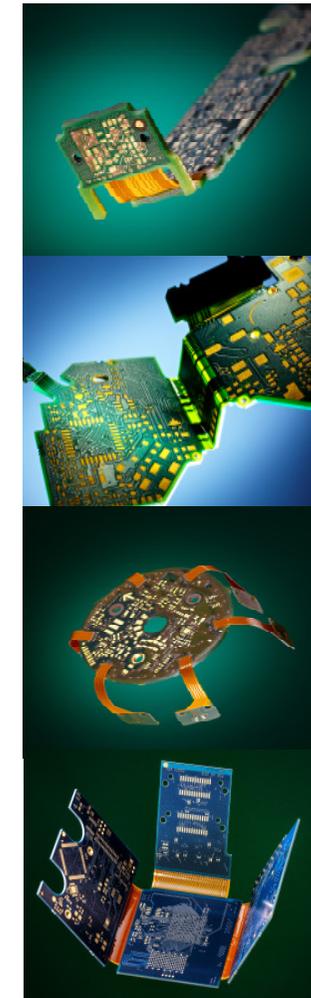
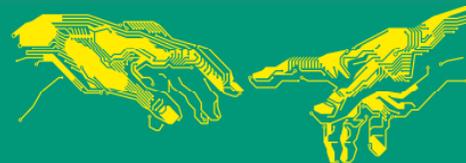
- Polyimid
- Polyester (PET, PEN)
- Liquid Crystal Polymer (LCP)
- Acrylklebersysteme, kleberlose Systeme
- Walz-Cu, elektrolytisch abgeschiedenes Cu

#### Starre Laminate

- Standardmaterialien im Mittel-/ Hoch-Tg-Bereich

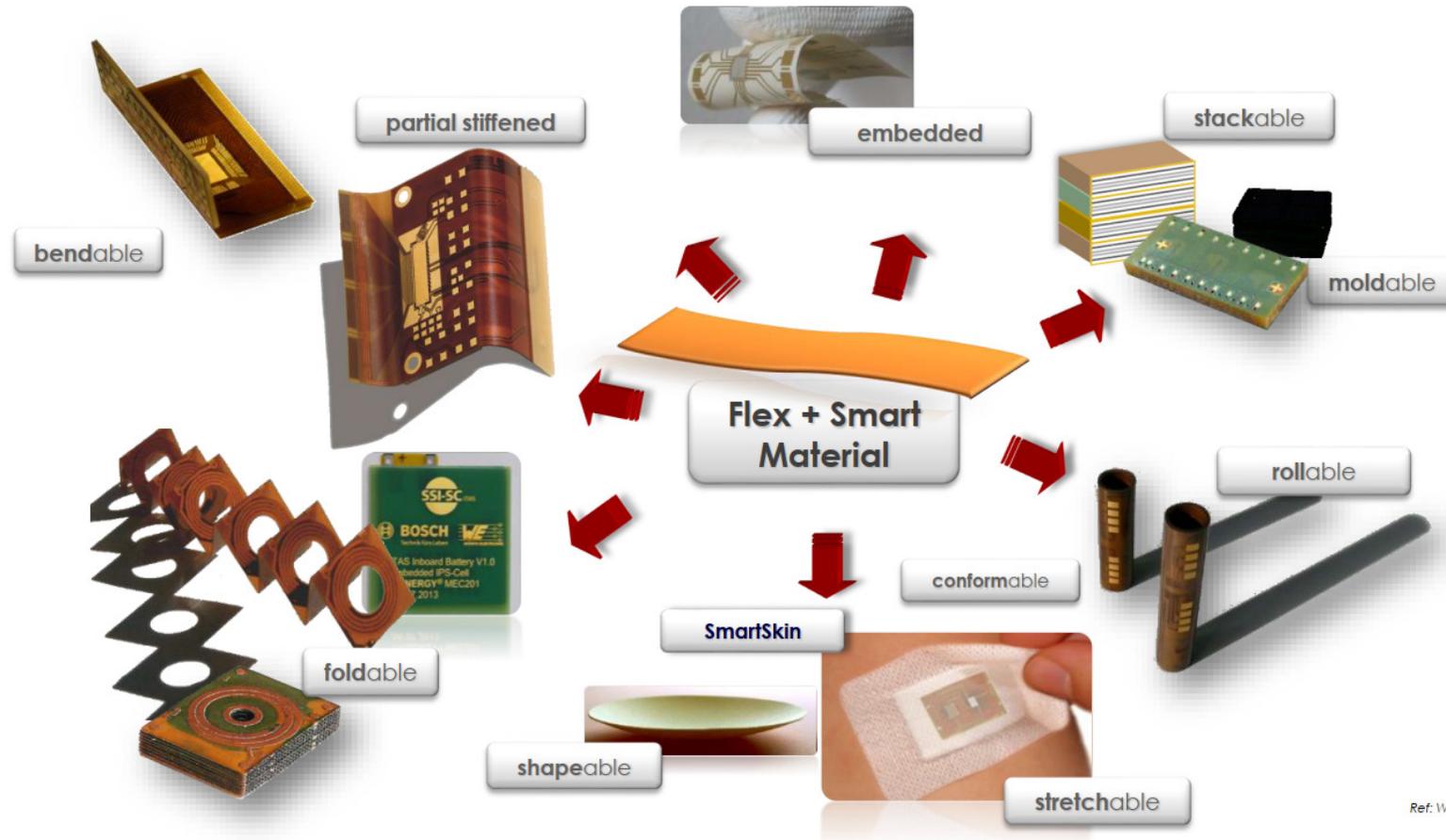
### Technologien (Starrflex)

- unsymmetrische/ symmetrische Anordnung der flexiblen Lage
- Buchbinder Technologie
- Stiffener-Verstärkung
- Coverlay-Abdeckung oder Flexlackbeschichtung



# Flex-/ Starrflex-Technologien

## Trends - Systeme in Flex



Ref: WE

Quelle: Würth Elektronik

# Flex- /Starrflex-Technologien

## Trends - Vom Dienstleister zum Systemlieferanten

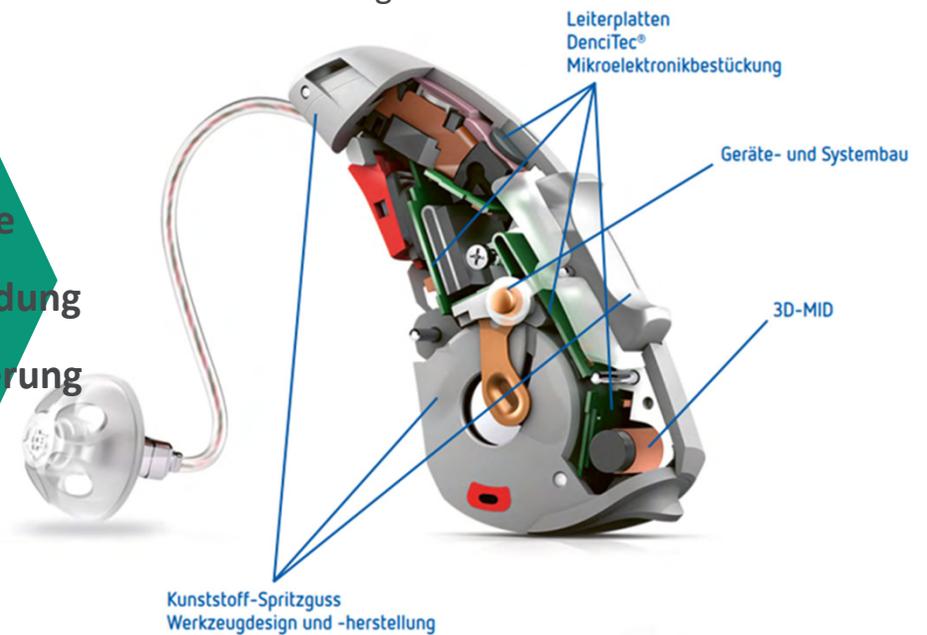
### Dienstleister -Leiterplatte

- Leiterplattenfertigung



### Systemlieferant

- Entwicklungsleistung
- Leiterplattenfertigung
- Komponentenfertigung
- Bestückung
- Montage



Quelle: Cicor, Multi CB

# Flex- /Starrflex-Technologien

## Trends

### Systemintegration - Chip in Foil



### Miniaturisierung - SMART E-Pills



### Funktionalisierung – Fold-/ rollbare PCB



### Funktionalisierung - Dehnbare flexible PCB

Elastische PCB zur Messung Herz-Lungenfunktion  
(EU-Projekt CRADL: Würth Electronic, IZM, Swisstom)

ABOUT CRADL



## CRADL Project

Continuous Regional Analysis Device for neonate Lung  
(CRADL)

Quelle: Würth Elektronik, CRADL-Projekt

# Flex-/ Starrflex-Technologien

## Trends

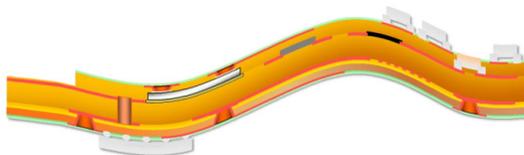
Merkmal	Trend bis 2025	
	Standard <sup>1</sup>	High End
Lagenanzahl starrer Bereich	4 - 12	> 16
Lagenanzahl flexibler Bereich	≤ 4	> 4
Besonderheiten	- Starrflex mit embedded IC's und Inlays - Stacked HDI Aufbauten - Übergang zu Fullflex mit abgedünnten Biegezonen (100 µm gesamt mit 25 µm Biegezone)	

### Multifunktional und formbar



x Flex

Ein System zum Falten, Rollen, Stapeln, Stretchen



Quelle: Würth Elektronik

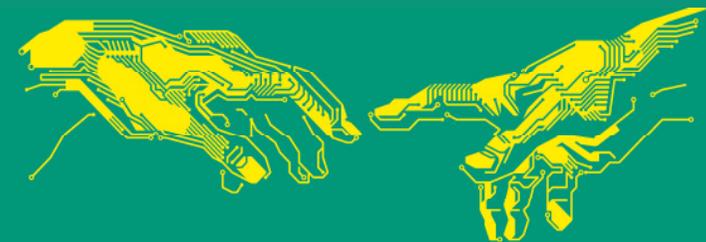
### Trends

### Basismaterial

Anforderungen zur Dehnbarkeit, Flexibilität, Hautverträglichkeit erfordern den Einsatz neuer Materialien wie z.B. Polyurethan

### Leiterplattenmerkmale

- Anstieg der Lagenanzahl im starren und flexiblen Bereich
- Anstieg von Embedded-Lösungen
- Minimierung der mechanischen Toleranzen
- Minimierung der Leiterbild- und Stopplacktoleranzen



# Vision

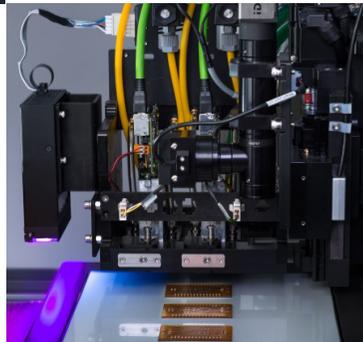
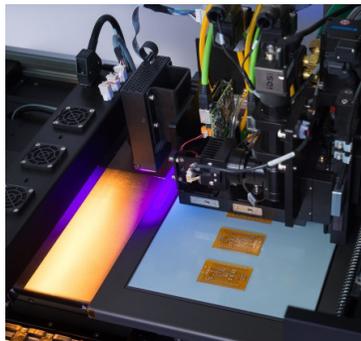
## Additive Fertigungstechnologien

### PCB on Demand

3D-Drucker der Fa. Nano Dimension (Israel) zur Herstellung von PCB-Prototypen/ -Funktionsmustern

Materialien: Dielektrikum = Polymer; Leiterbahnen/DK = Silbertintensystem)

Digitale  
Revolution?  
Nur mit der  
richtigen  
Technologie.



NANO  
DIMENSION  
3D PRINTED ELECTRONICS



Winner of the  
**productronica**  
innovation award 2017

Quelle: Nano Dimension

# Additive Fertigungstechnologien

## Soldermask Inkjetting

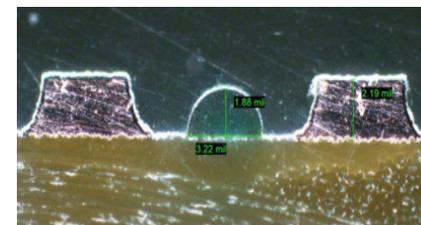
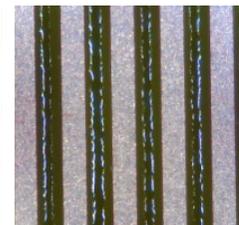
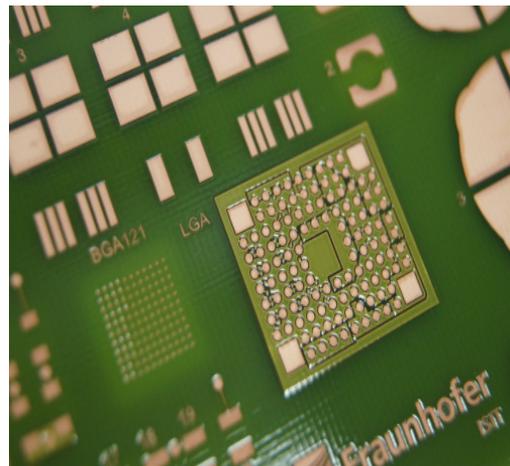
### Digital Applikation der Stopplackmaske

- Reststegbreiten < 70 µm
- höhere Registriergenauigkeit
- Einsparung von Prozessschritten

Digitale  
Revolution?  
Nur mit der  
richtigen  
Technologie.



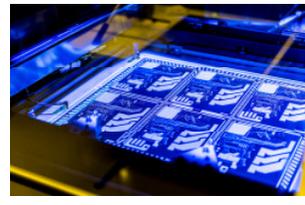
InkJet-System n.jet (Notion)



Quelle: Notion

Quelle: Nano Dimension

# Vielen DANK ...



# ... für Ihre Aufmerksamkeit!

Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nur mit ausdrücklicher Genehmigung der KSG GmbH.

# Referent



Dipl.-Ing. (FH) Ralph Fiehler  
Leiter Entwicklung

Phone +49 (0)3721 266-275  
[ralph.fiehler@ksg-pcb.com](mailto:ralph.fiehler@ksg-pcb.com)

KSG GmbH  
Auerbacher Straße 3 - 5  
09390 Gornsdorf  
[www.ksg-pcb.com](http://www.ksg-pcb.com)



## **Ein starker Partner – von der ersten Minute Ihrer Produktidee / Unser neuer Co-Engineering & Support**

Mit unserem Technischen Support haben wir eine neue, zentrale Anlaufstelle für Sie geschaffen: Per Telefon und E-Mail, Online-Meeting oder Vor-Ort-Workshop beraten wir Sie umfassend zu den technischen Aspekten und Besonderheiten Ihres Projekts. Alle Infos und Leistungen finden Sie auf unserer Webseite unter [www.ksg-pcb.com/tech-support](http://www.ksg-pcb.com/tech-support). Nutzen Sie außerdem für konkrete Fragestellungen unbedingt unsere praktische KSG-Support-Line unter [+49 3721 266-555](tel:+493721266555) und [ts@ksg-pcb.com](mailto:ts@ksg-pcb.com).

© KSG GmbH 2018

Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nur mit ausdrücklicher Genehmigung der KSG GmbH.