



WITTENSTEIN

cyber motor

Regionalgruppen-Vortragsveranstaltung am 12.04.2017

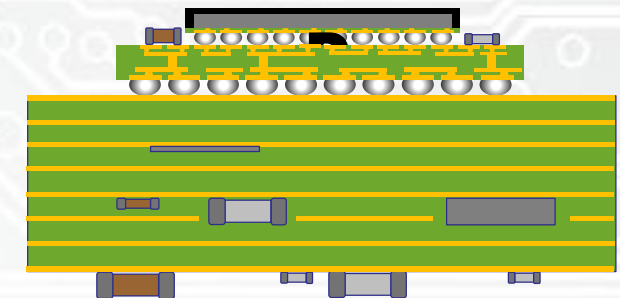
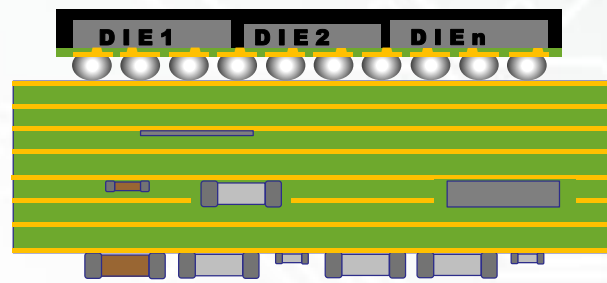
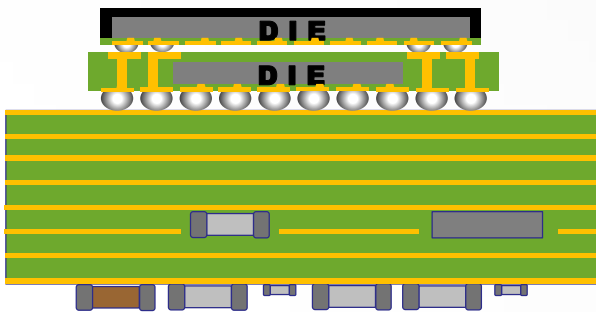
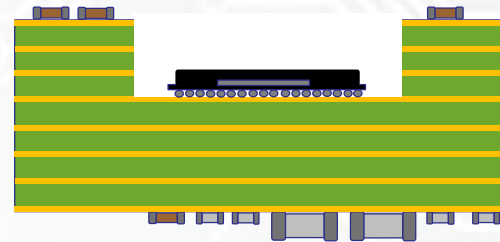
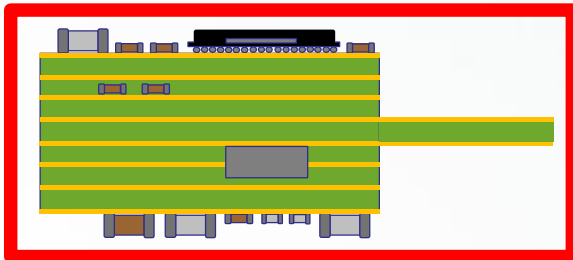
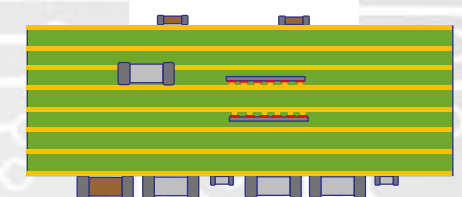
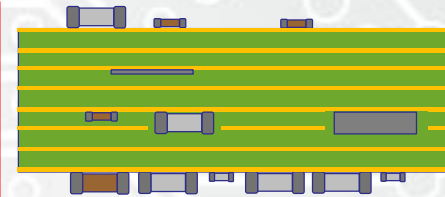
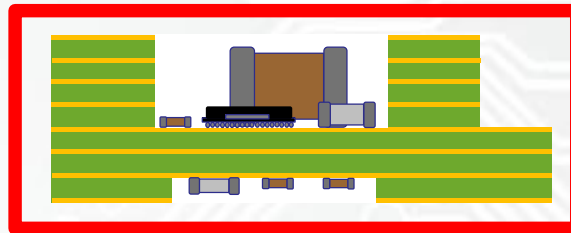
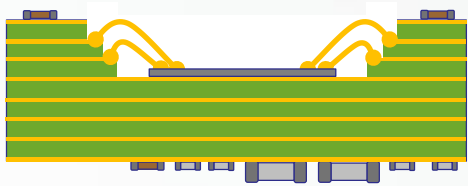
3D-Baugruppen Entwicklung und Umsetzung

bei





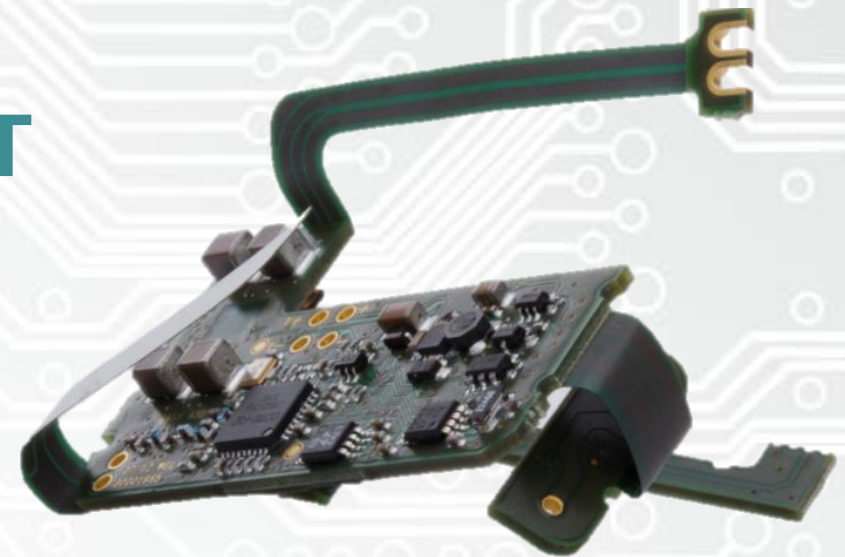
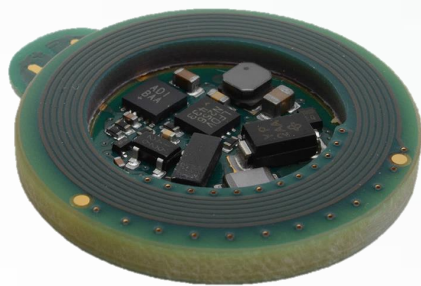
3D-Baugruppen (PCBs)





3D-Baugruppen

EPI & ECT



Entwicklung und Umsetzung



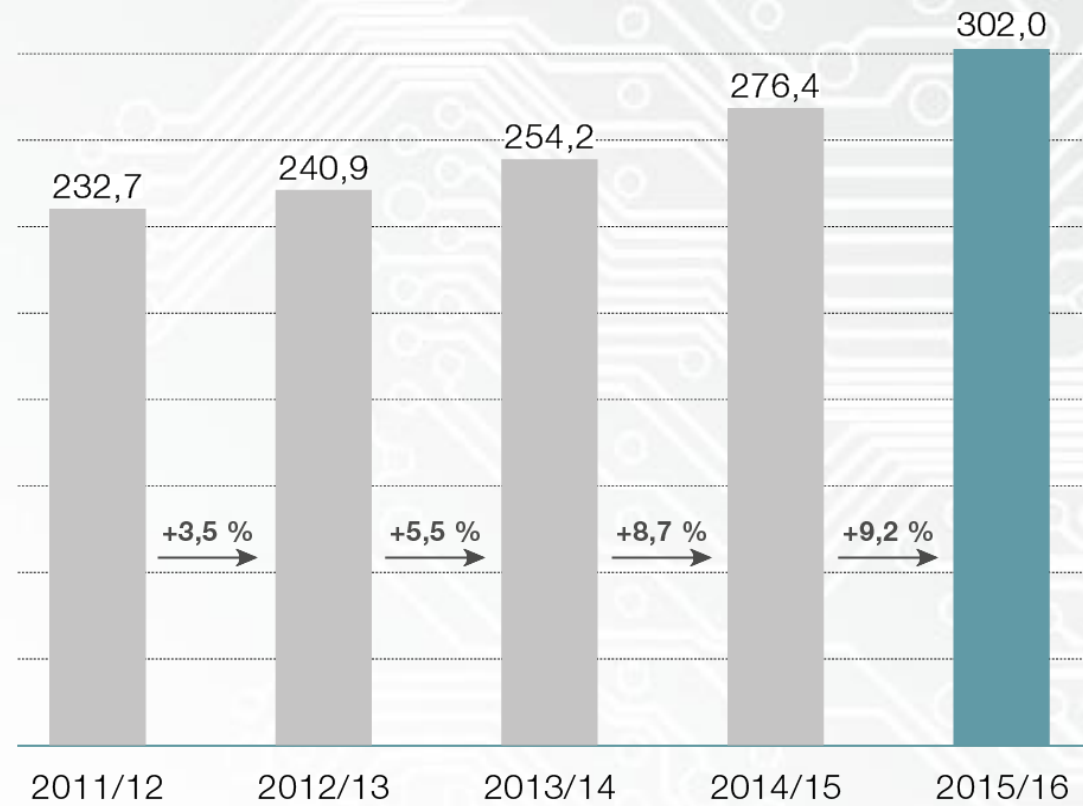
Michael Matthes

- Studium der Elektrotechnik (Schwerpunkt Nachrichtenübertragung in der Telekommunikation) an der FH Darmstadt
- 5 Jahre in der zentralen Elektronikentwicklung der WITTENSTEIN AG in Igersheim
- 2007-2017 bei WITTENSTEIN electronics GmbH, seit April 2017 bei WITTENSTEIN cyber motor GmbH als Elektronikentwickler in den Bereichen Antriebstechnik, Sensorik, Implantate und sonstiger zukunftsweisender Technologien
- Expertenlaufbahn im Bereich „neuer Elektroniktechnologien“ und „EDA-Systeme“ - seit 4 Jahren Senior Expert
- Seit 2014 stellv. Regionalgruppenleiter RG Stuttgart





Umsatz Konzern 5-Jahres-Ist in Mio. EUR

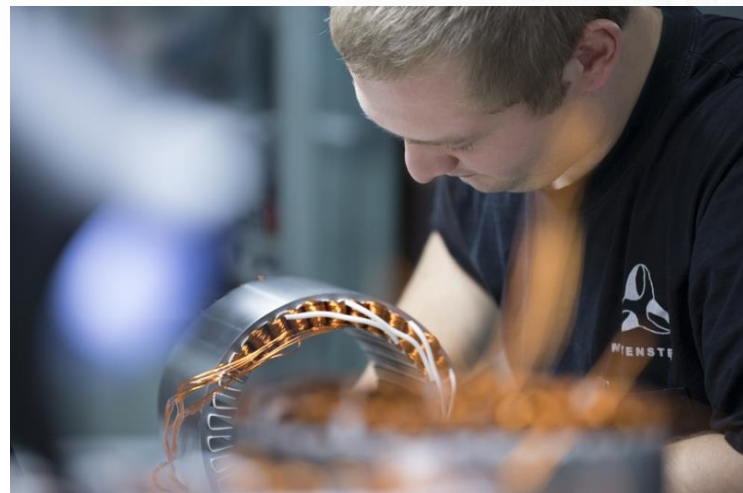


Firmenhauptsitz in Igersheim/Harthausen



WITTENSTEIN

cyber motor



Unsere Kompetenzfelder



WITTENSTEIN

cyber motor

Maschinen- und Anlagenbau



Mining / Extraction



Food & Beverage



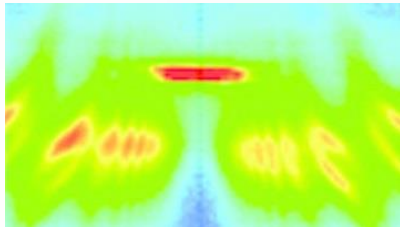
Healthcare und Pharma



Mess- und Prüftechnik



Nanotechnologie



Medizintechnik



Transportation



Consumer Goods



Automotive



Energy



Aerospace



Simulation



FITBONE® – Intramedulläres Verlängerungssystem



WITTENSTEIN

cyber motor

Intramedulläres Verlängerungssystem zur Extremitätenverlängerung in Femur und Tibia

- Distraction pro Tag durchschnittlich: ~ 1 mm
- Maximale Verlängerung: 60 mm in der Tibia (Unterschenkel) bzw. 80 mm im Femur (Oberschenkel)

Vorteile

- Hohe Produktsicherheit
- Minimiertes Infektionsrisiko
- Geringe Schmerzbelastung
- Hoher Trage- und Behandlungskomfort
- Geringe Narbenbildung
- Kurzer stationärer Klinikaufenthalt



zum Vergleich:
externer Fixateur und FITBONE®

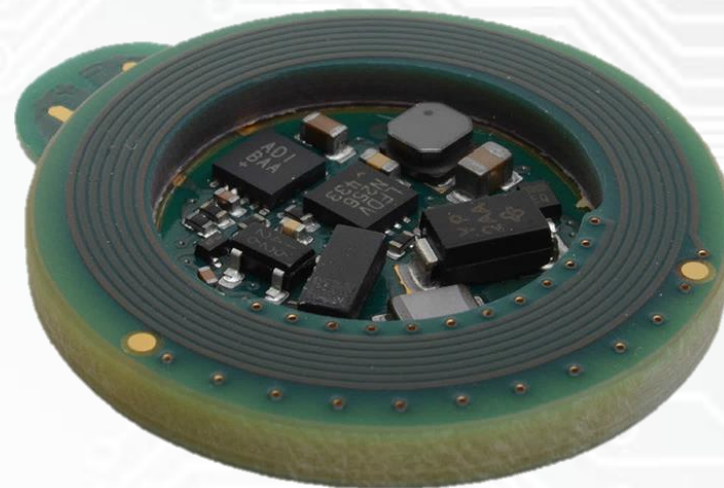


WITTENSTEIN

cyber motor

Projekt EPI

Embedded Planar Inductance

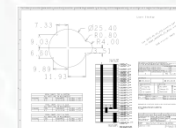
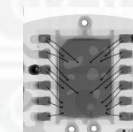
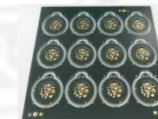
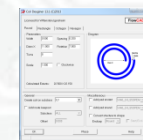
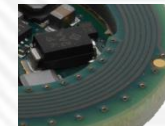
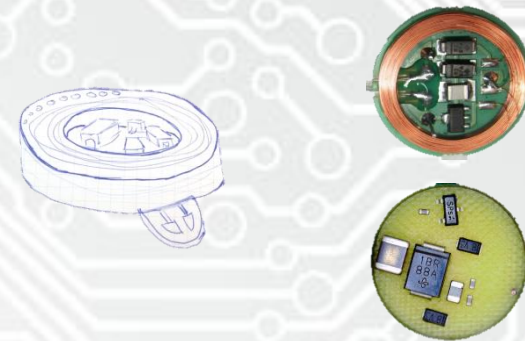


Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

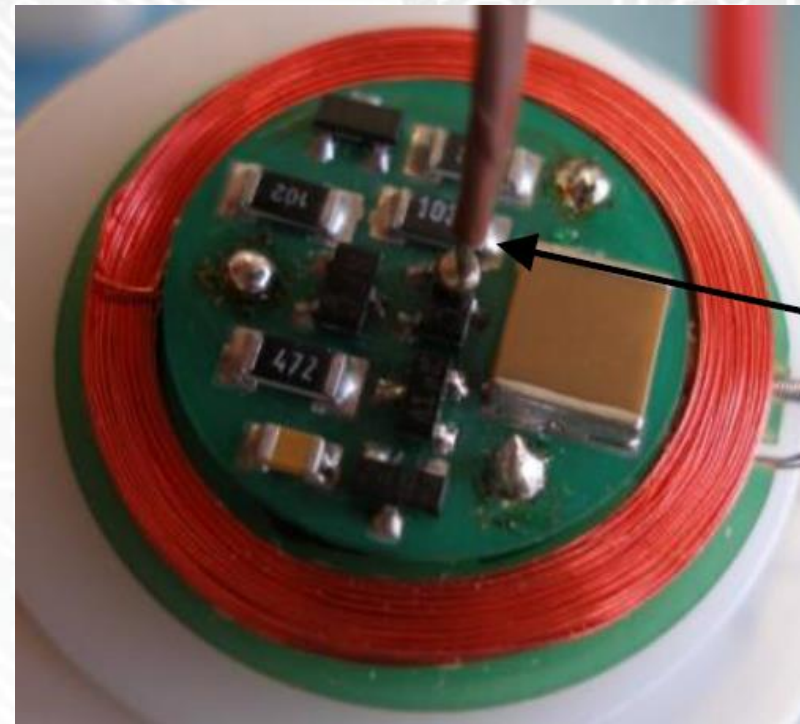
Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation



bisheriges Konzept

- 1 gewickelte Spule mit Mittenanzapfung
- 2 Leiterplatten
- getrennte Tests der einzelnen Baugruppen
- „aufwändige“ Montage der Spule (Verwechslungsgefahr der 4 Spulenanschlüsse)
- Zusammenbau und Verlötung des Systemstapels durch mehrere Lötstifte

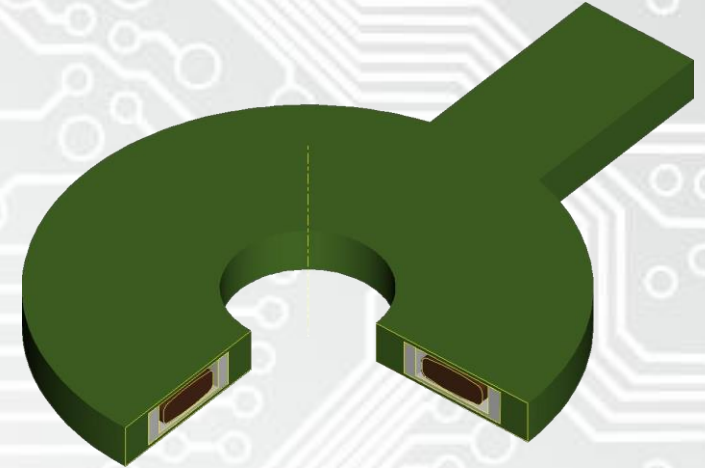




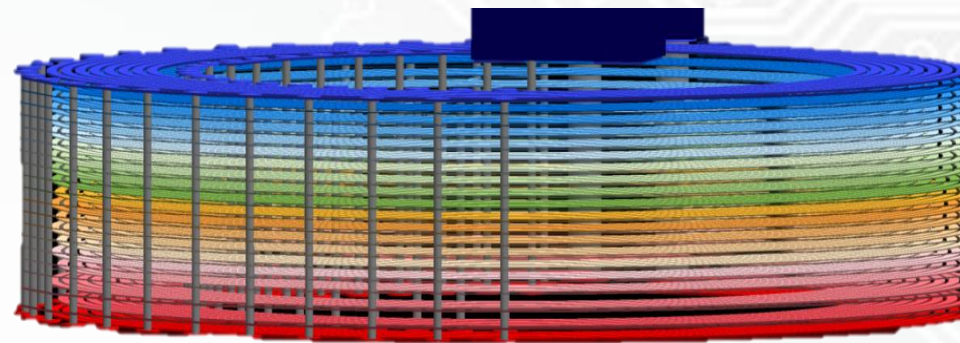
Umsetzungsmöglichkeiten



Falt-Flex



Embedded Ferrit



Embedded Planar Inductance



Embedded Planar Inductance – EPI

WEL → Motivation / Anforderungen

WEL → EPI mit Cavity

WEL → Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

WEL → Designanforderung

WEL → Zusammenarbeit

WEL → Umsetzung in EDA-Tools

WEL → Leiterplattenumsetzung

WEL → Bestückung

WEL → Inspektion / Test

WEL → Dokumentation



Miniaturisierung

- Volumenreduzierung
- Einsparung der Bestückfläche auf den „Außenlagen“



Performance/ Funktion

- gesteigerter Funktionsumfang
- vereinfachte, schnellere Montage
- optimierte Testbarkeit



Zuverlässigkeit

- vollflächige Fixierung
- Schutz vor Umwelteinflüssen
- THT-Verbindungen entfallen



Embedded Planar Inductance – EPI

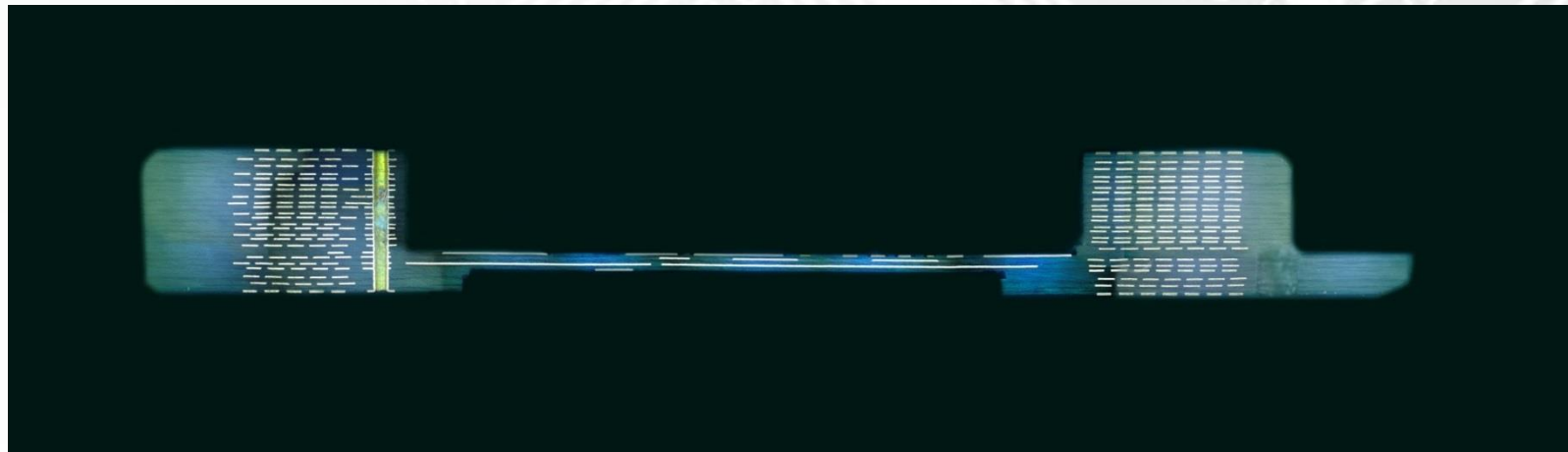
- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation

Embedded Planar Inductance – EPI

- 24 lagige Spule mit ca. 170 Windungen als Leiterplatte realisiert
- Fläche / Volumen für Komponenten in Kavität im Zentrum der Spule





Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation



- **Einsatz von verfügbaren Standardbauteilen in kleinen Bauformen**
- **keine schwer zu beschaffende Spezialbauteile (ungehäuste Chips, passive, für Einbettung geeignete Kondensatoren / Widerstände mit Kupferterminierung)**
- **keine speziellen Technologien/Maschinen zur Bestückung der Bauteile nötig**

Bei Bedarf:

- **Einsatz von Bare Dies auf, aber auch in Membran denkbar**
- **Embedding von aktiven und passiven Komponenten innerhalb der Induktivität möglich**



Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

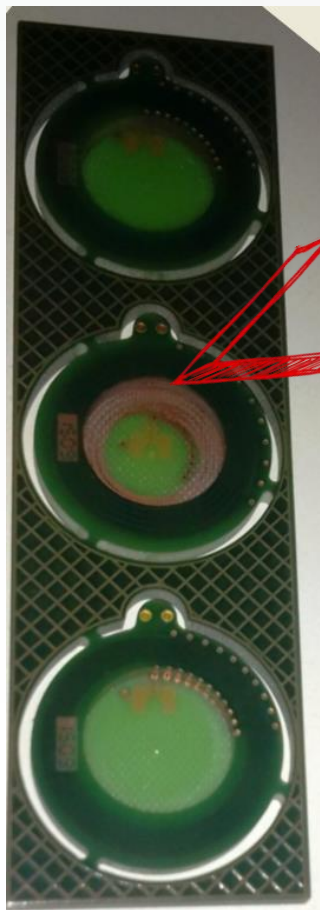
- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation



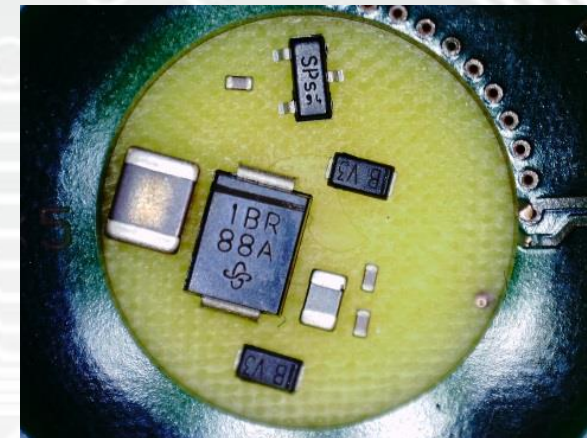
- **Entwicklung eines robusten und zuverlässigen Designs**
- **Begrenzter Bauraum -> Bestückung nur im Zentrum der Induktivität möglich**
- **Bestehende Stapelsteckverbindungen mussten auf Grund der Komplexität und des Volumenbedarfs eliminiert werden**
- **Drahtlose Energieübertragung -> Vermeidung von Wirbelströmen**
- **Integration einer geeigneten Teststruktur**

Vorarbeiten

Funktionsmuster zur Verifikation der Induktivitäts- und Leistungsdaten



**Manuell
gefertigte
Tiefenfräsung**



Komponenten in Kavität ->

Tiefe der oberen Kavität bedingt durch maximale Bauteilhöhe von ca. 2,3mm in etwa 16. Innenlage



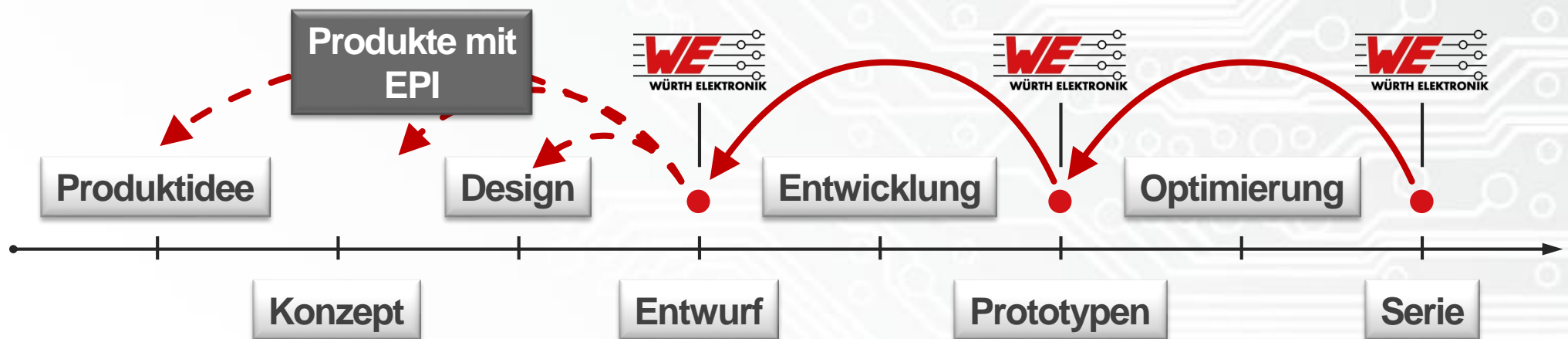
Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation

Sehr enge Zusammenarbeit bereits in der Konzeptions- und Designphase für den Erfolg absolut notwendig





Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

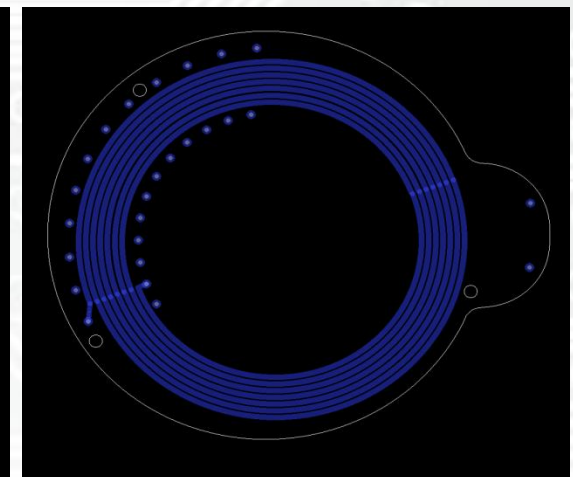
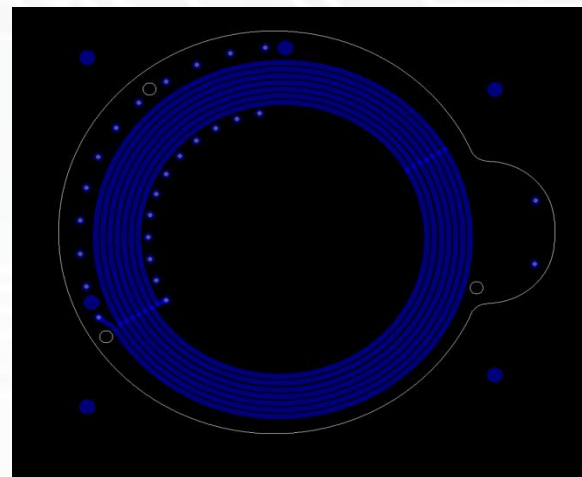
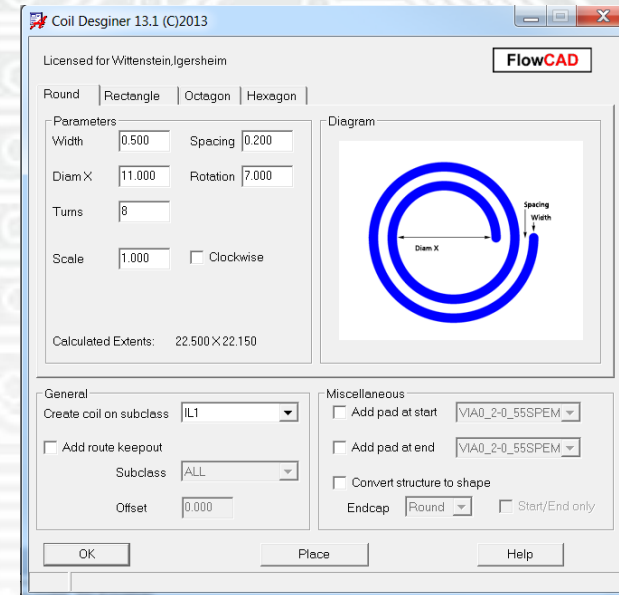
Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation



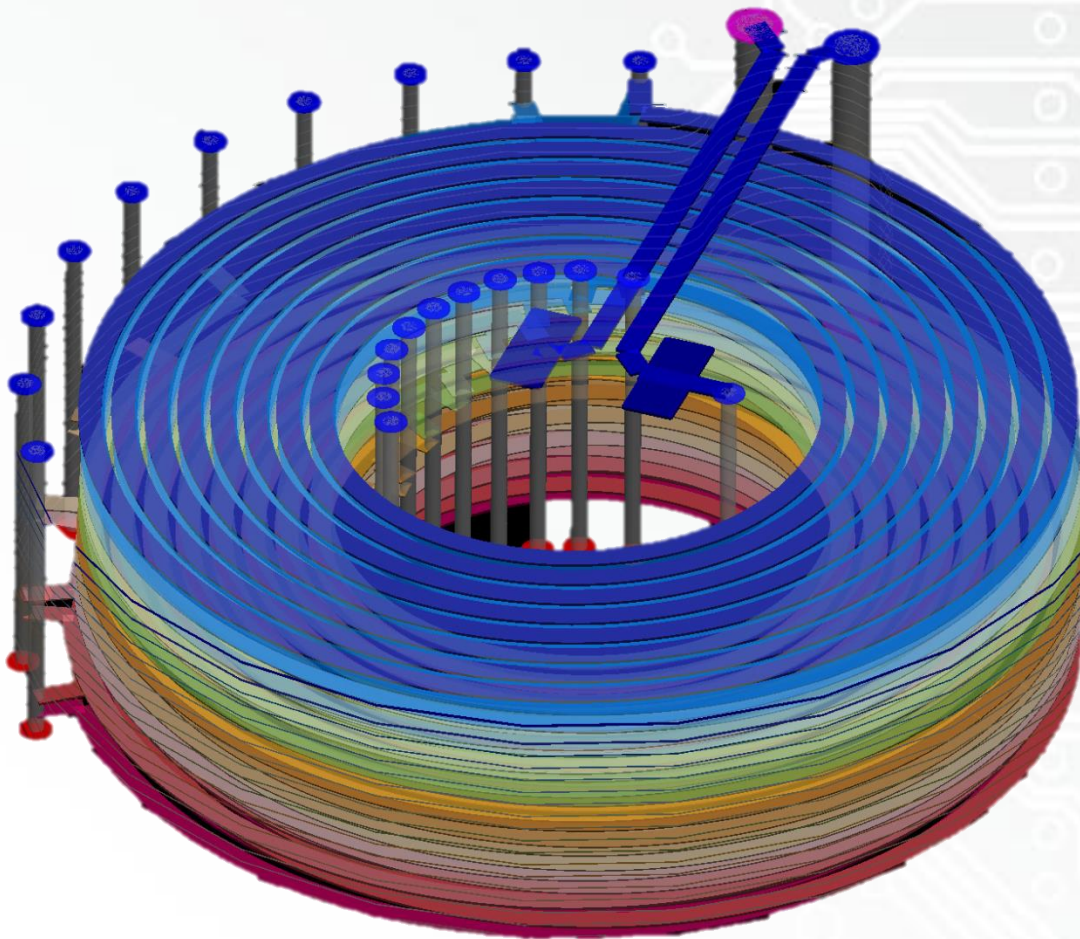
Design der Leiterplattenspule

- Erstellen einer archimedischen Spule mit benötigter Windungszahl auf einer Lage mit dem FloWaremodul Coil Designer.
- Spiegeln der Geometrie und kopieren auf die zweite – anschließen.
- Kopieren der Geometrie der ersten Lage – um benötigte Gradzahl rotieren – anschließen.
- Kopieren der Geometrie der ersten Lage – um benötigte Gradzahl rotieren – anschließen.
- ...





3D – View der fertig konstruierten Planarinduktivität (Z-Achse überhöht)



Lagenwechsel an umlaufenden Vias abwechselnd innen und außen erkennbar (Drehsinn muss beibehalten werden).



Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation

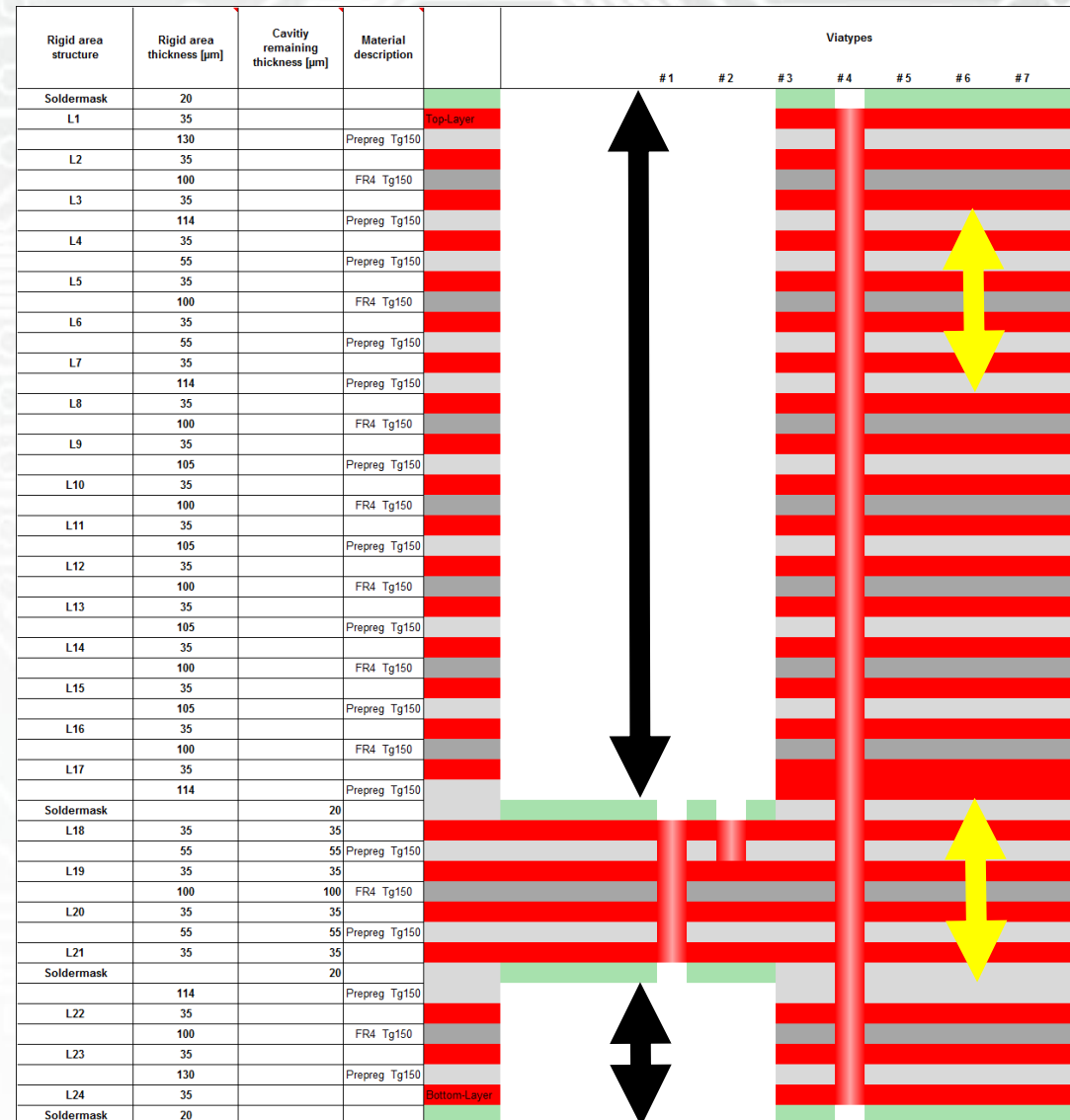


Anforderungen an die PCB-Fertigung

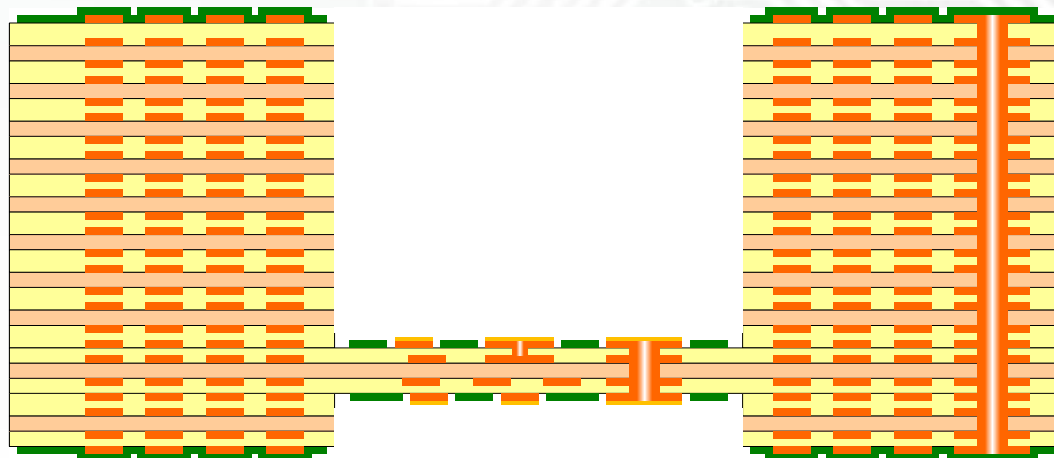
- **Wichtigste Randbedingungen:**
 - Einhaltung der maximalen Enddicke von 3,1 mm inkl. aller Bauelemente
 - 24 Lagen mit möglichste geringem Lagenabstand
 - „Runde“ Kanten für besseren Verguss der Baugruppe
- **Folgen der Randbedingungen**
 - Bauelemente müssen tiefer gelegt werden, da mit 24 Lagen bereits Enddicke erreicht wird
 - Adaption eines Starr-Flex-Prozessablaufs mit Opferschichten
 - Asymmetrischer Kavitäts-Aufbau (von oben tiefer als von unten)
 - Dünne 4-lagige Membran (350 μm) mit Lötstopplack und Lötfläche für die interne Bestückung
 - Neue Fräswerkzeuge zur Kantenverrundung

Lagenaufbauplanung

- Definition der Tiefen der Kavitäten
- Kalkulation des Harzbedarfs für die entsprechenden Füllgrade der Kupferlagen
Ziel: Minimaler Abstand bei Void-freier Verfüllung der Leiterbahnen
- Einhaltung der Basis-Symmetrie um Verwindung/Verwölbung zu vermeiden



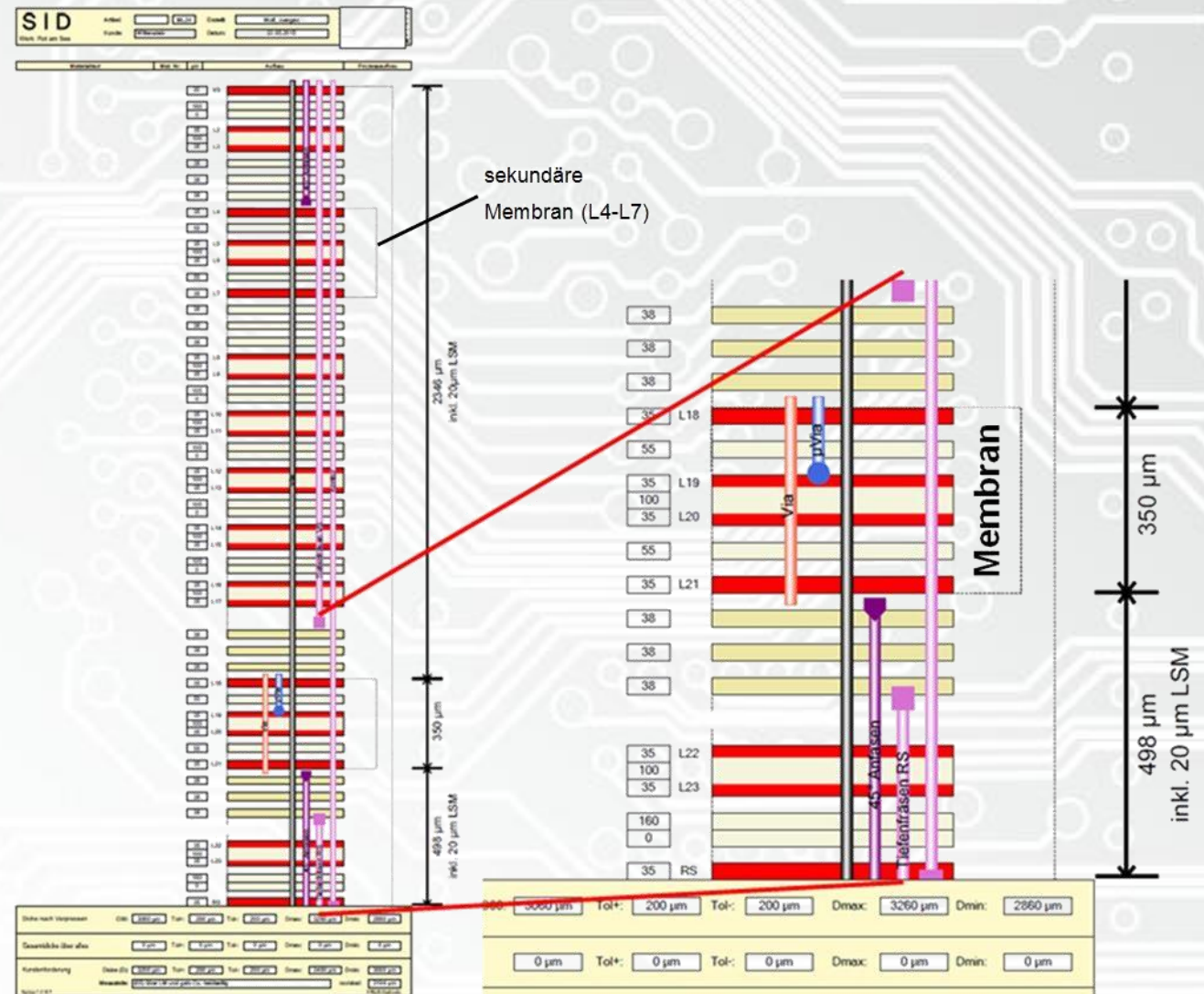
Animation – Adaption des Starr-Flex-Prozesses



- Verlegung 24-lagig
- Opferschicht
- Dünner 4-lagen ML mit Lötstoppsystem als Bestück-Membrane
- Opferschicht
- Fertigung der Außenlagen
- Kavität fräsen von oben
- Kavität fräsen von unten
- Oberfläche aufbringen und Kontur fräsen

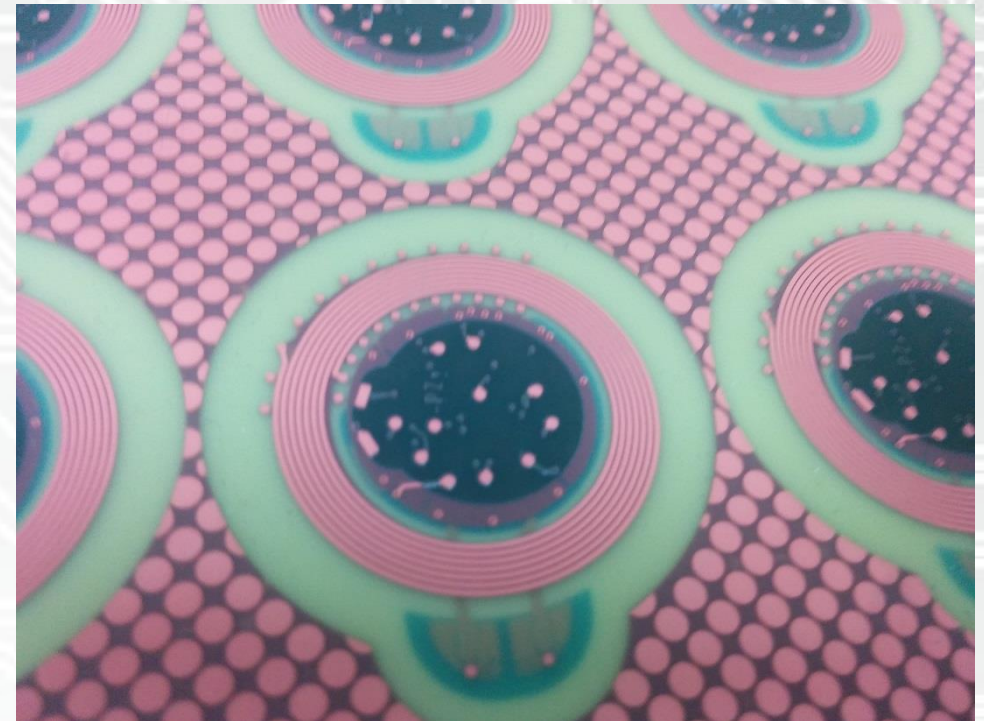
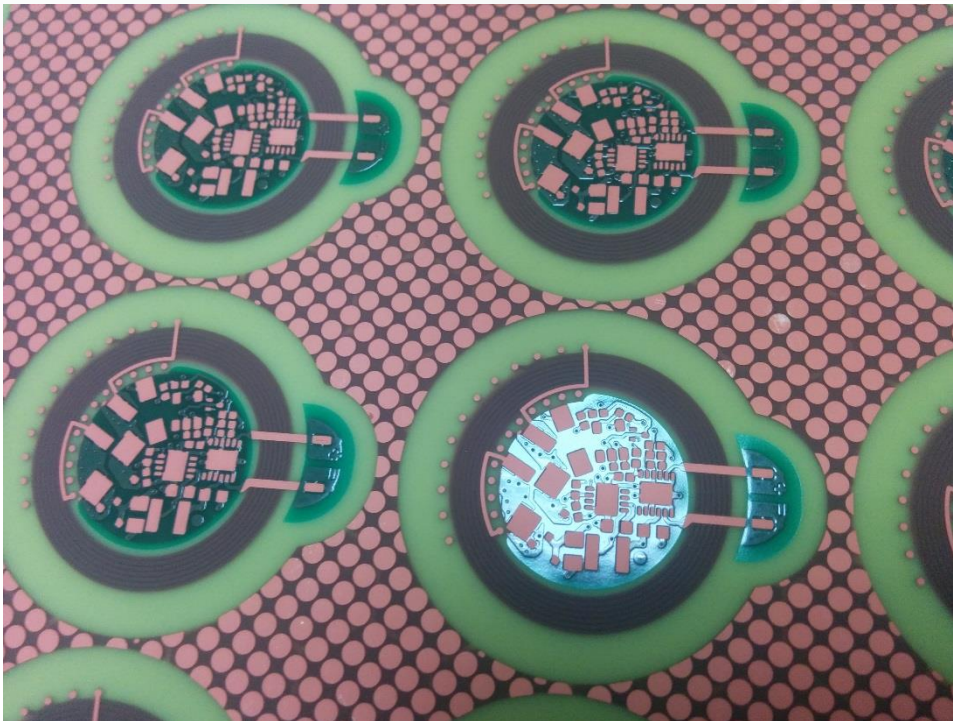
Fertigungsumsetzung

- Definition der benötigten Mechanik-Programme:
 - Membran: HDI-Aufbau 1-2-1
 - Verrundung der Kanten von oben
 - Verrundung der Kanten von unten
 - Tiefenfräsungen von Vorderseite
 - Tiefenfräsungen von Rückseite
 - Kontur fräsen



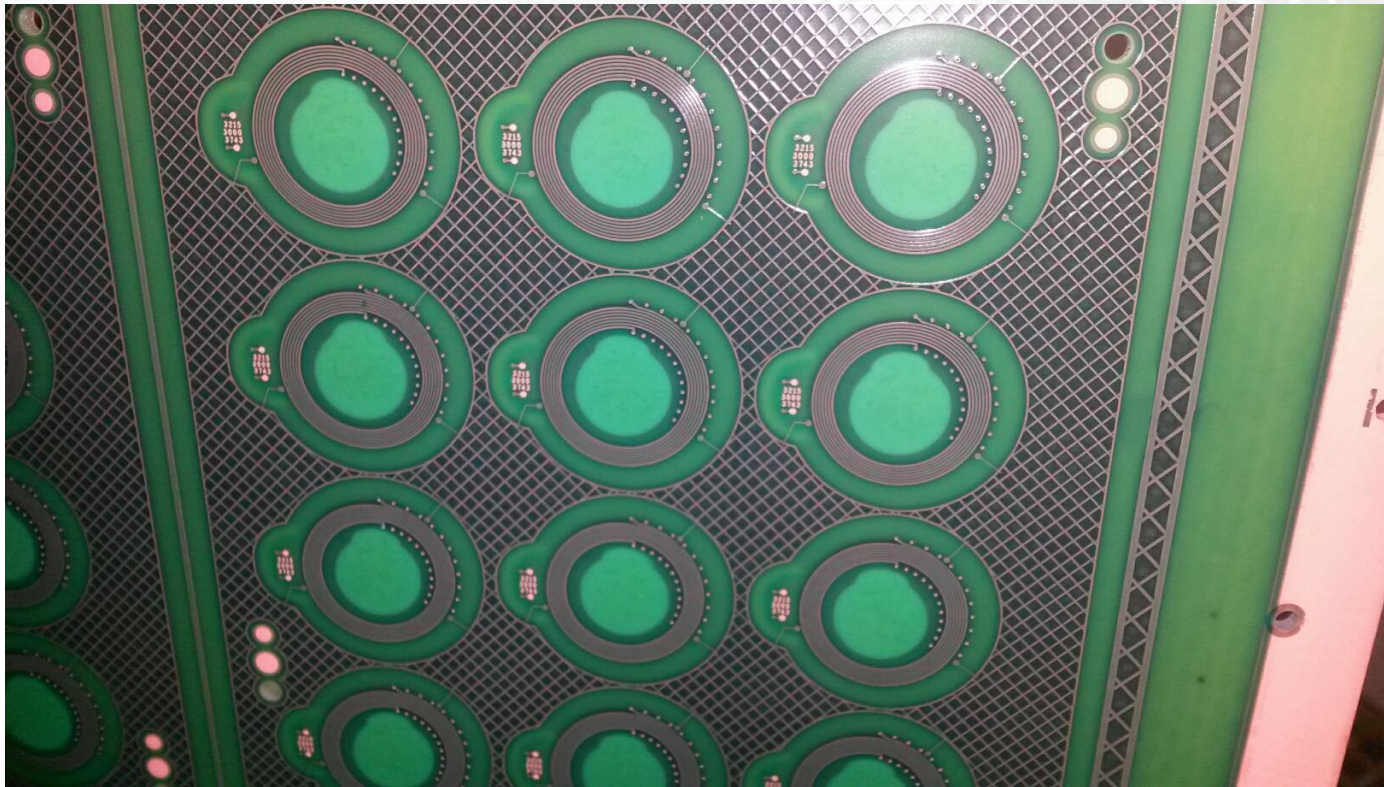
Einblick in die Fertigung

- 4-lagige Innenlagen-Membrane mit Lötstoppsystem



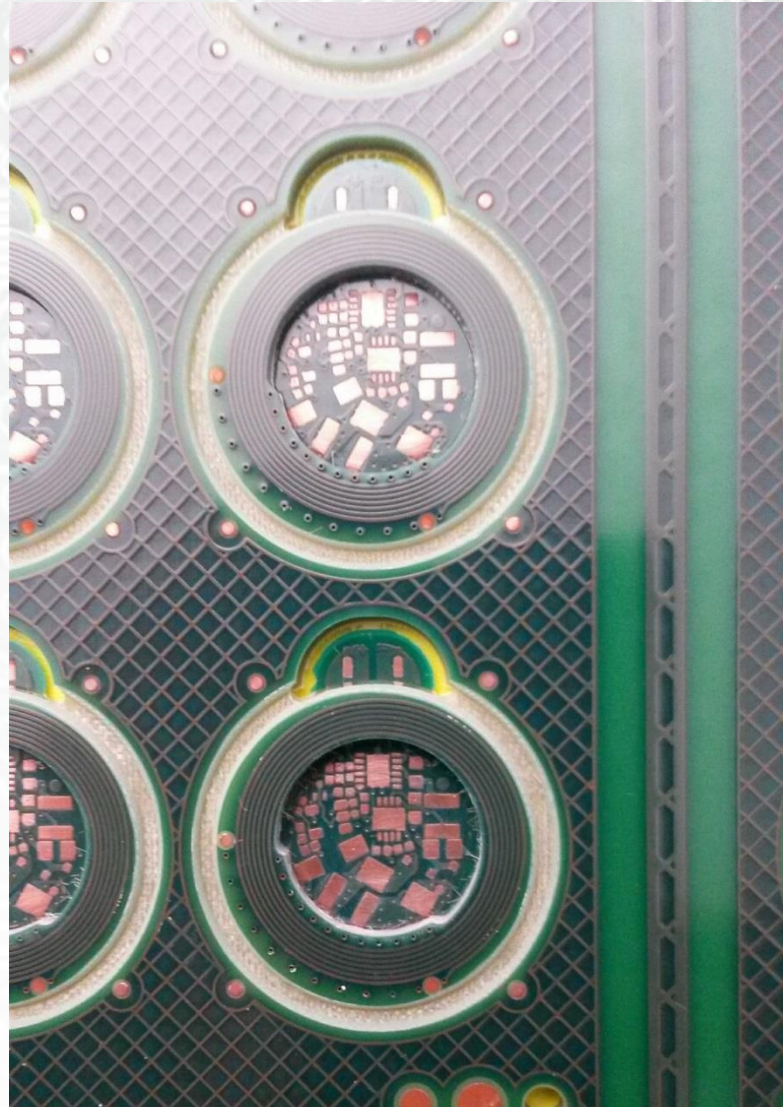
Einblick in die Fertigung

- Panel mit Lötstopplack der Außenlagen vor Tiefenfräsen der Rückseite
- Opferschicht scheint durch das Material



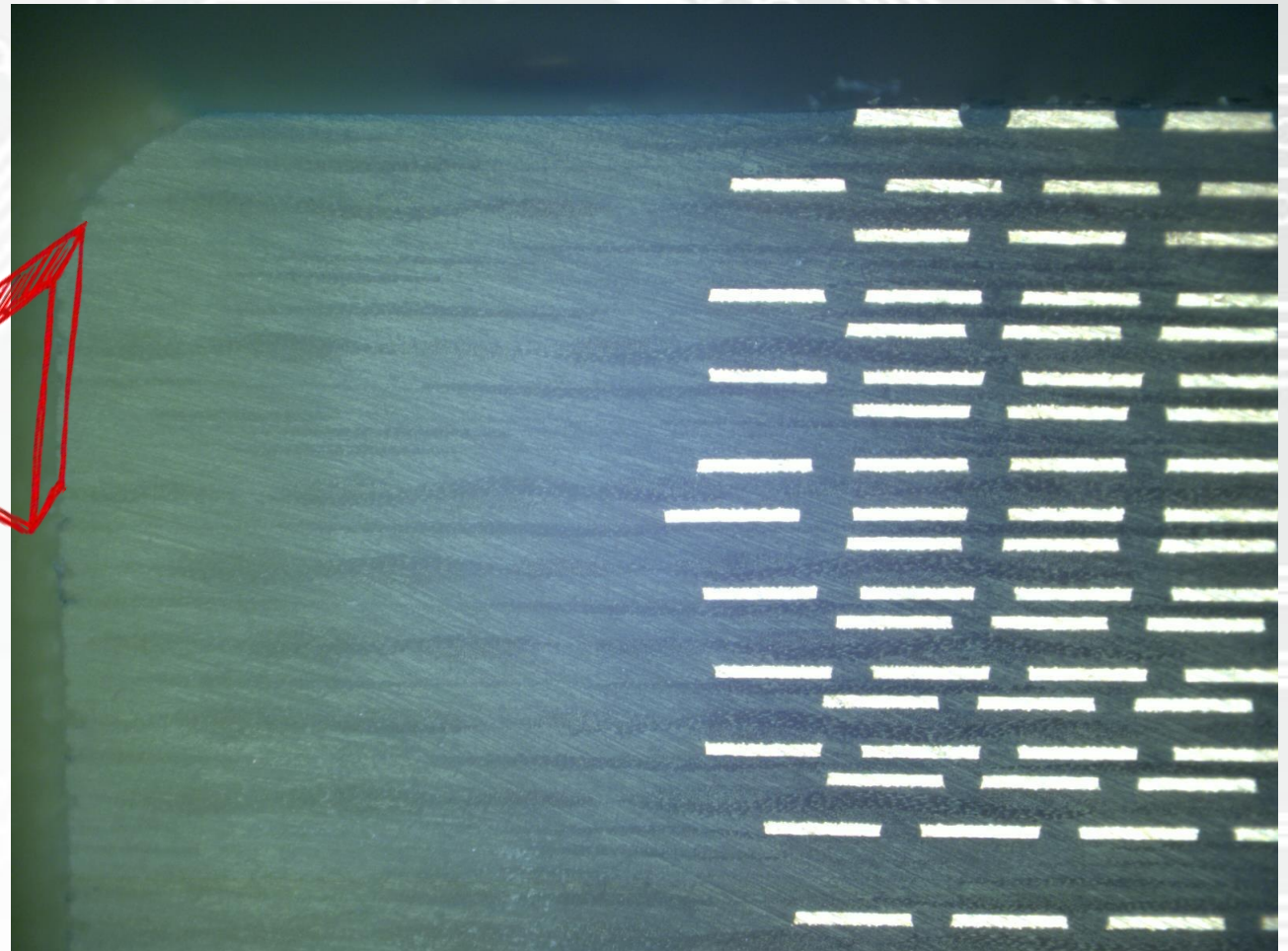
Einblick in die Fertigung

- **Panel nach Tiefenfräsen der Vorderseite**
- **Entfernung der Opferschicht**
- **Membrane (noch ohne Lötfläche) wieder sichtbar**





Kantenverrundung – Radius 0,5 mm – Sonderwerkzeug





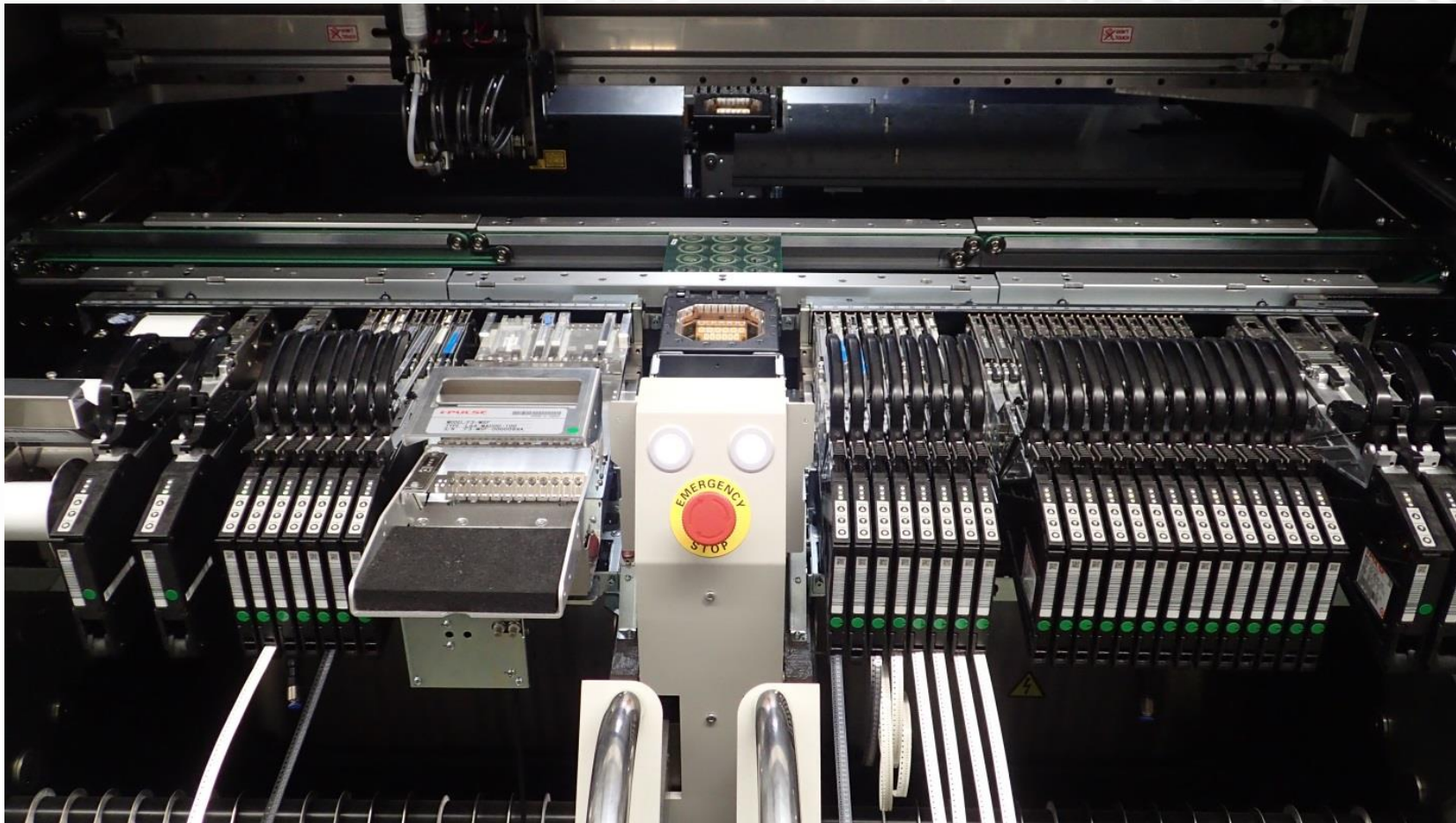
Embedded Planar Inductance – EPI

- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

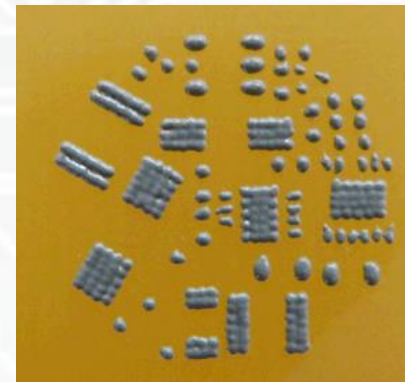
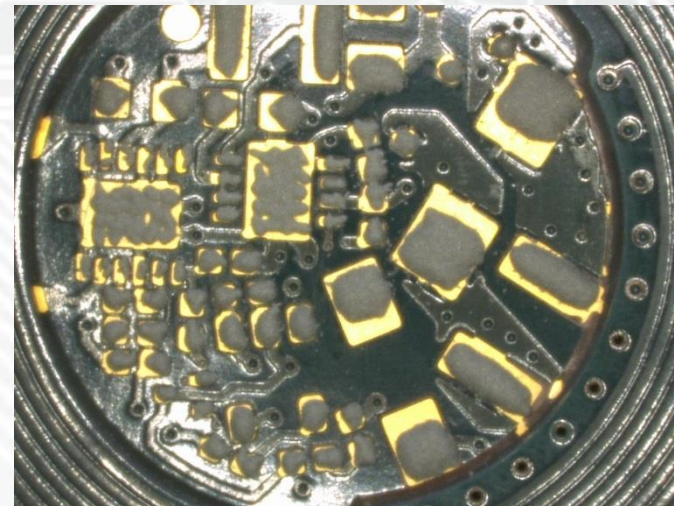
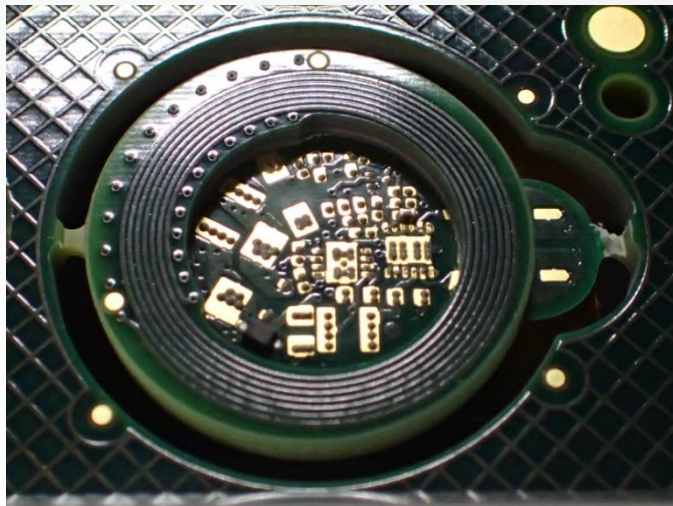
Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation

An Bestückungsautomaten werden keine besonderen Anforderungen gestellt .



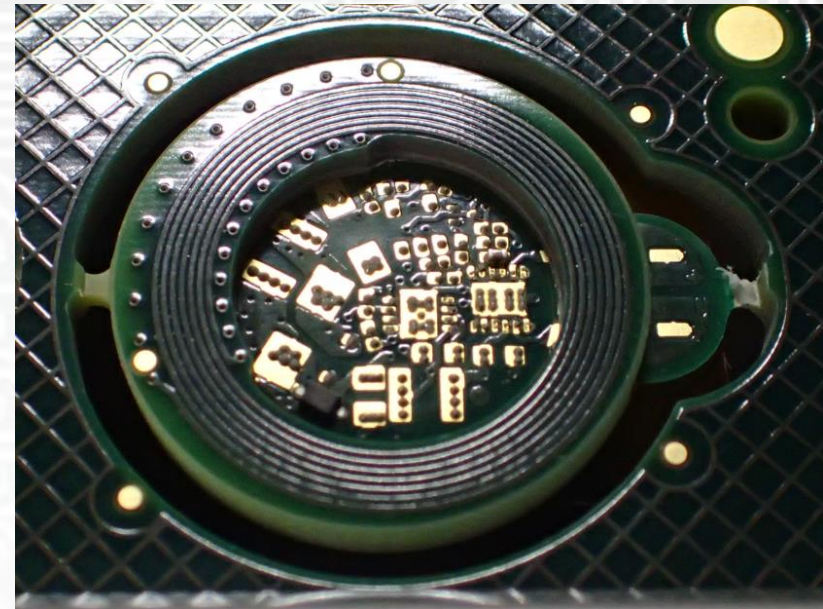
Vergleich unterschiedlicher Pasten-Applikationsverfahren



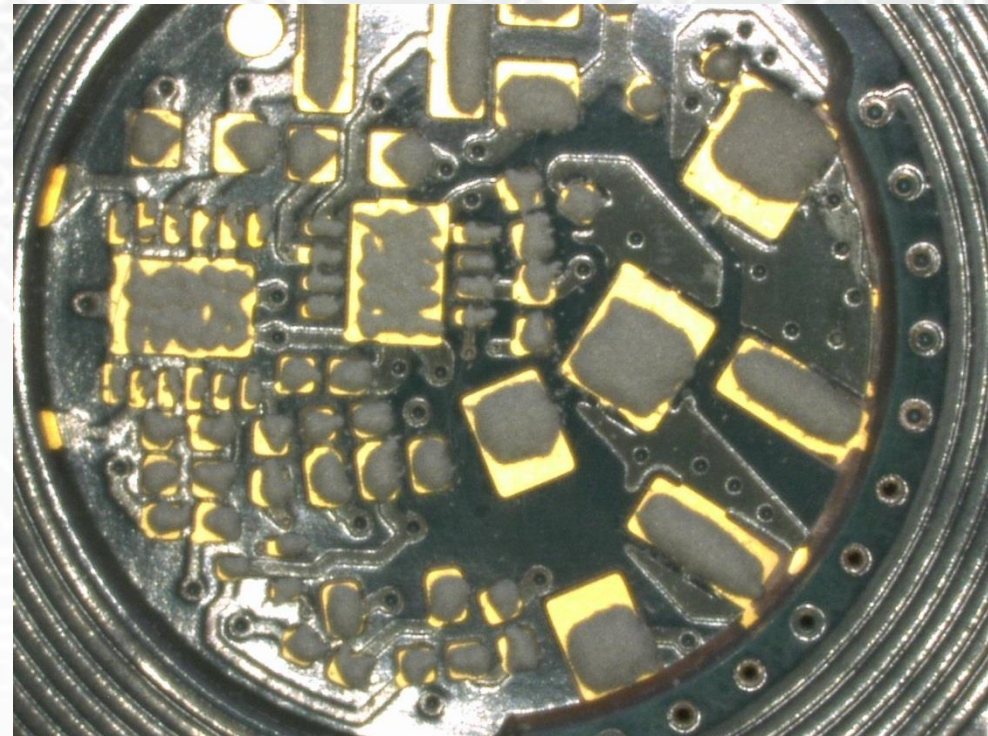
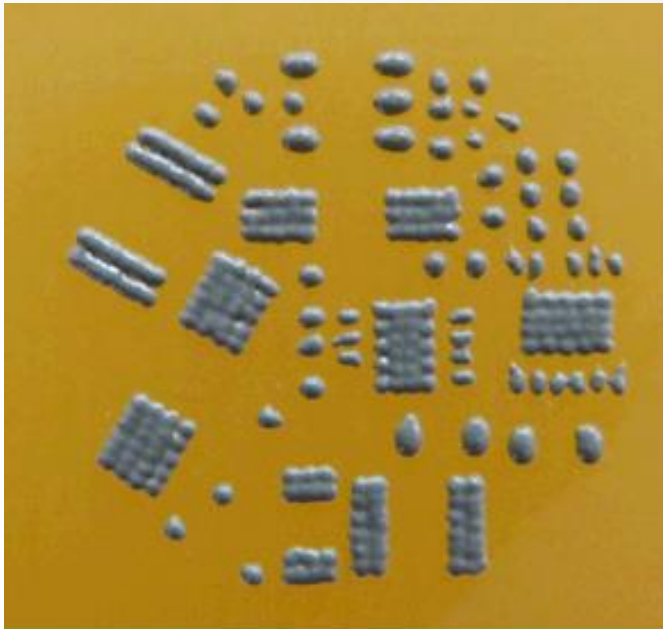
Dispensen



- sehr kleine Nozzle nötig
- im Randbereich schlecht dispensbar

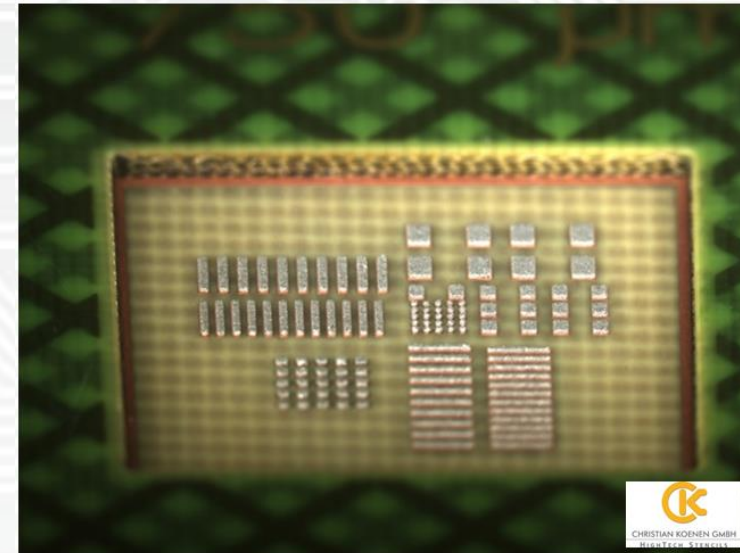
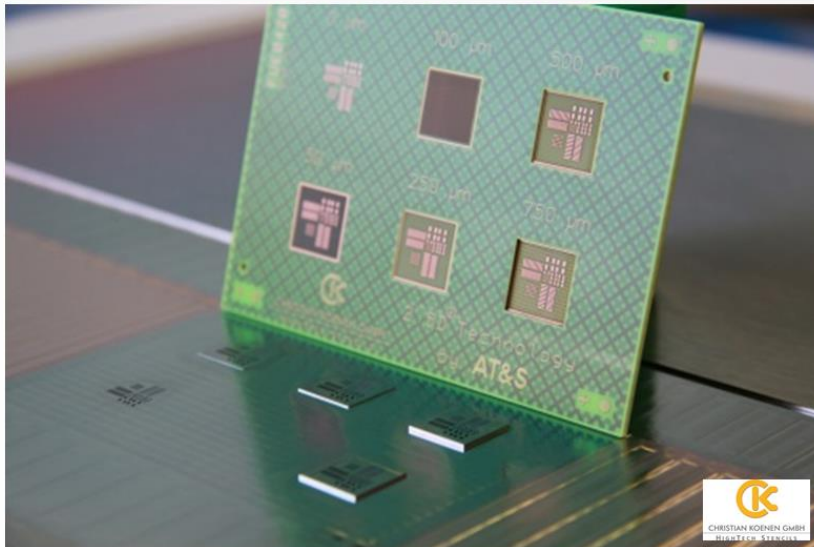


Jetprinten

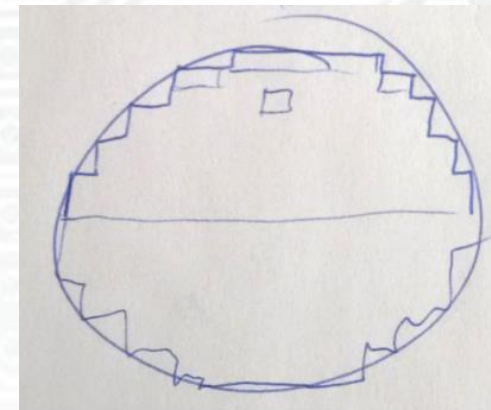


- auf ebener Fläche problemlos
- in Kavität treten leichte Verwirbelungen auf

3D Stufenschablone



- durch 45°-Winkel zum Einfahren in und Abziehen aus Kavität unnötig viel Platzbedarf
- Randbereich in Kavität nicht bedruckbar
- Aufrasterung und geschlitzter Rakel nötig





Embedded Planar Inductance – EPI

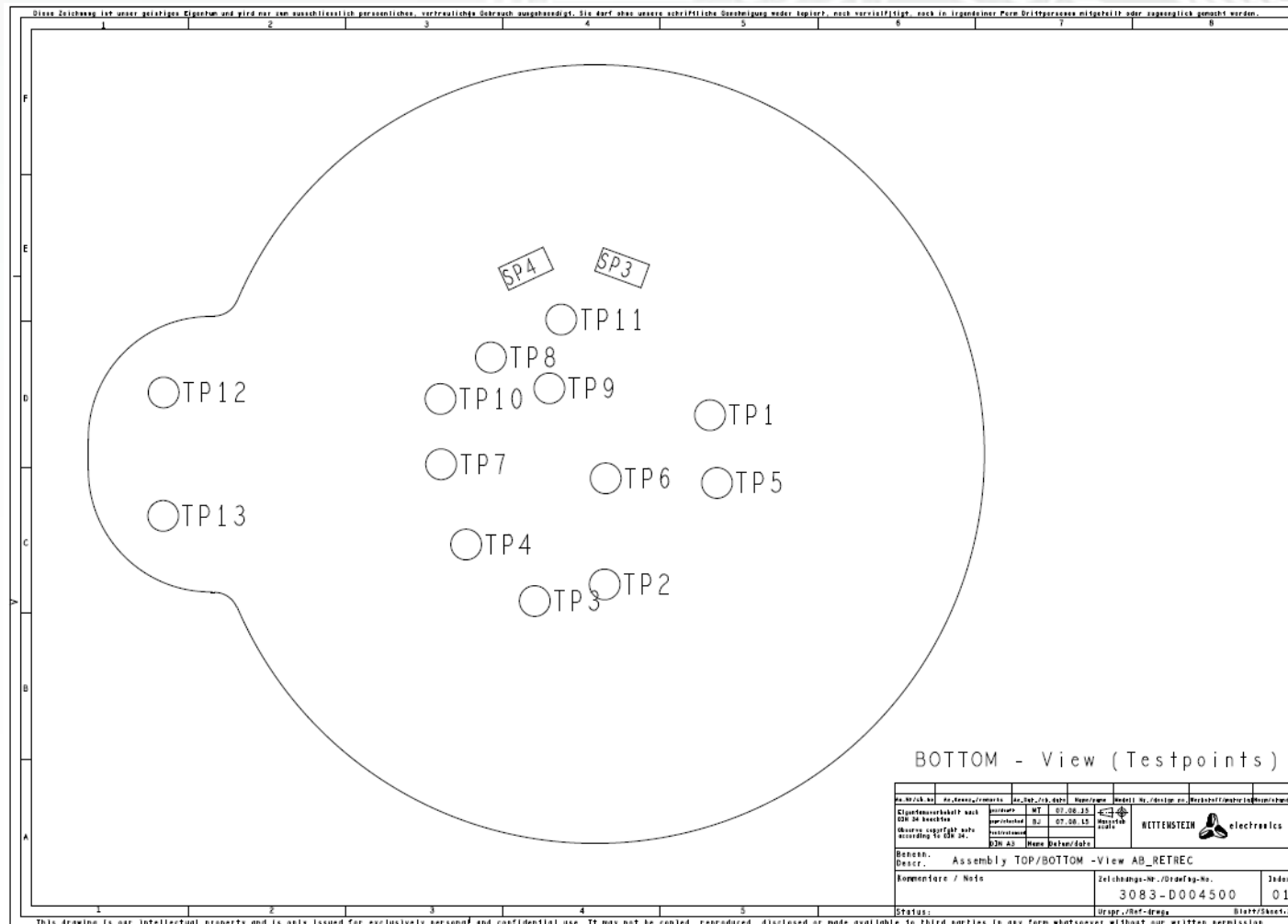
- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

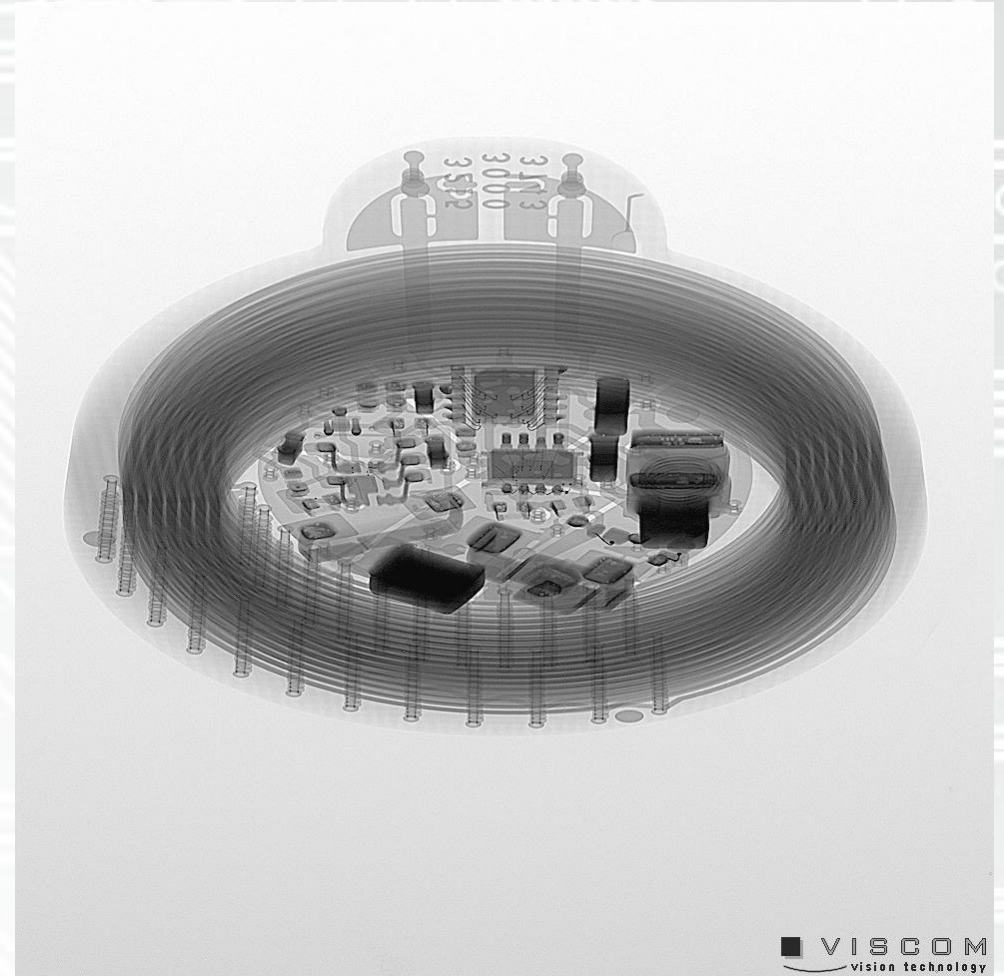
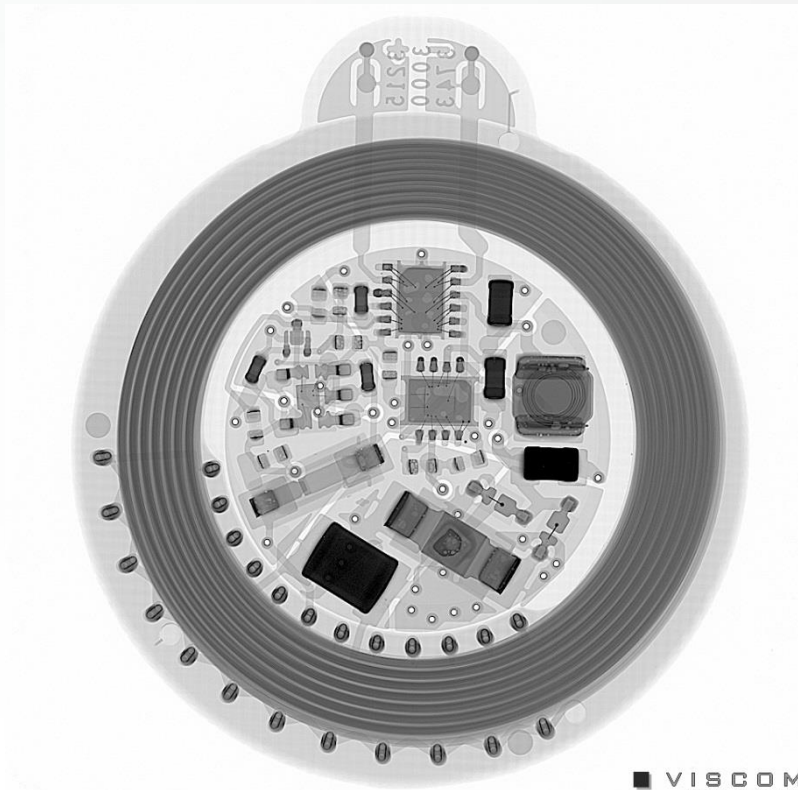
Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation



Flying Probe über gut zugängliche Testpunkte in Bottom-Kavität.









Embedded Planar Inductance – EPI

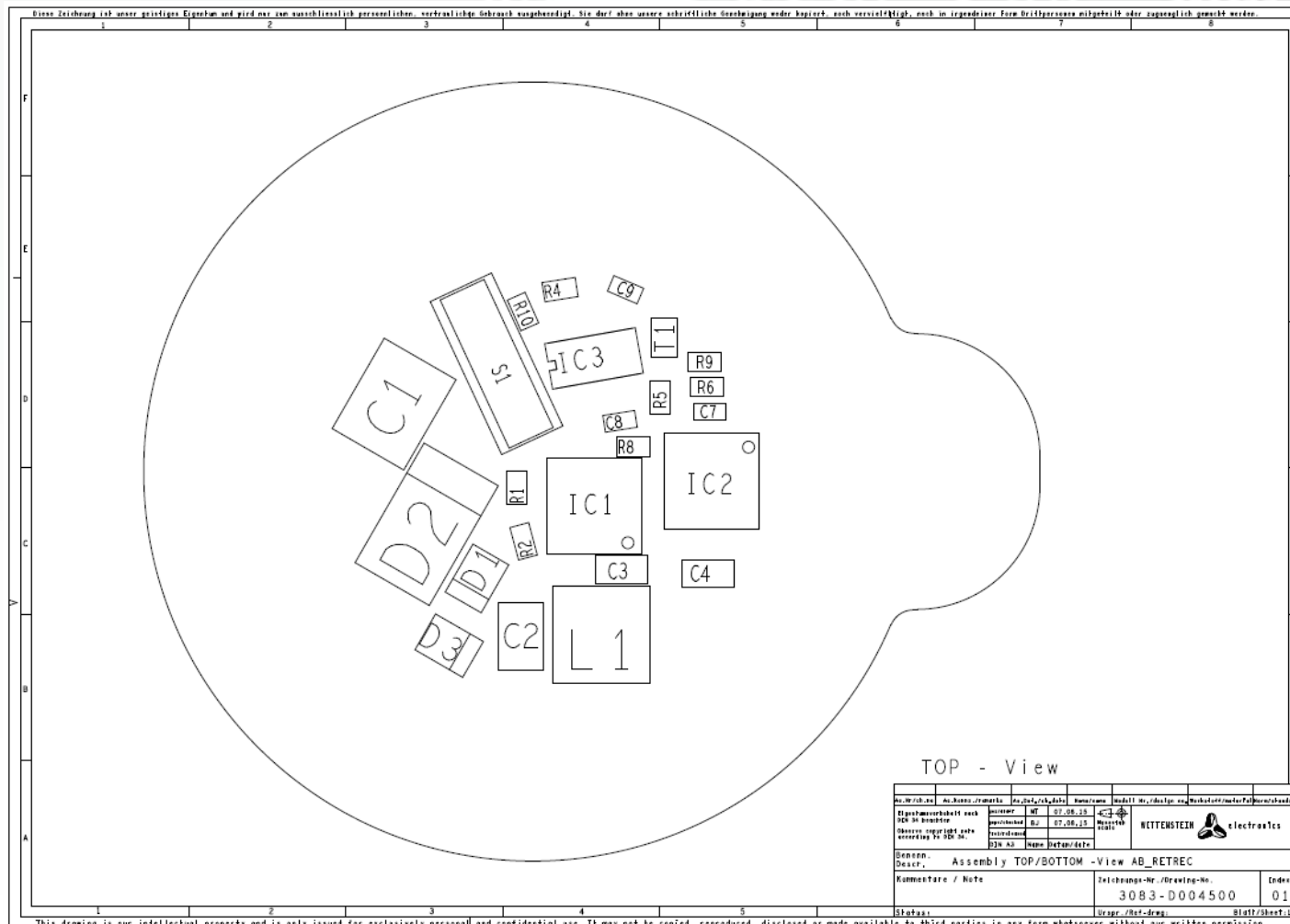
- WEL Motivation / Anforderungen
- WEL EPI mit Cavity
- WEL Bauelemente

Aktives Implantat mit EPI

- WEL Designanforderung
- WEL Zusammenarbeit
- WEL Umsetzung in EDA-Tools
- WEL Leiterplattenumsetzung
- WEL Bestückung
- WEL Inspektion / Test
- WEL Dokumentation

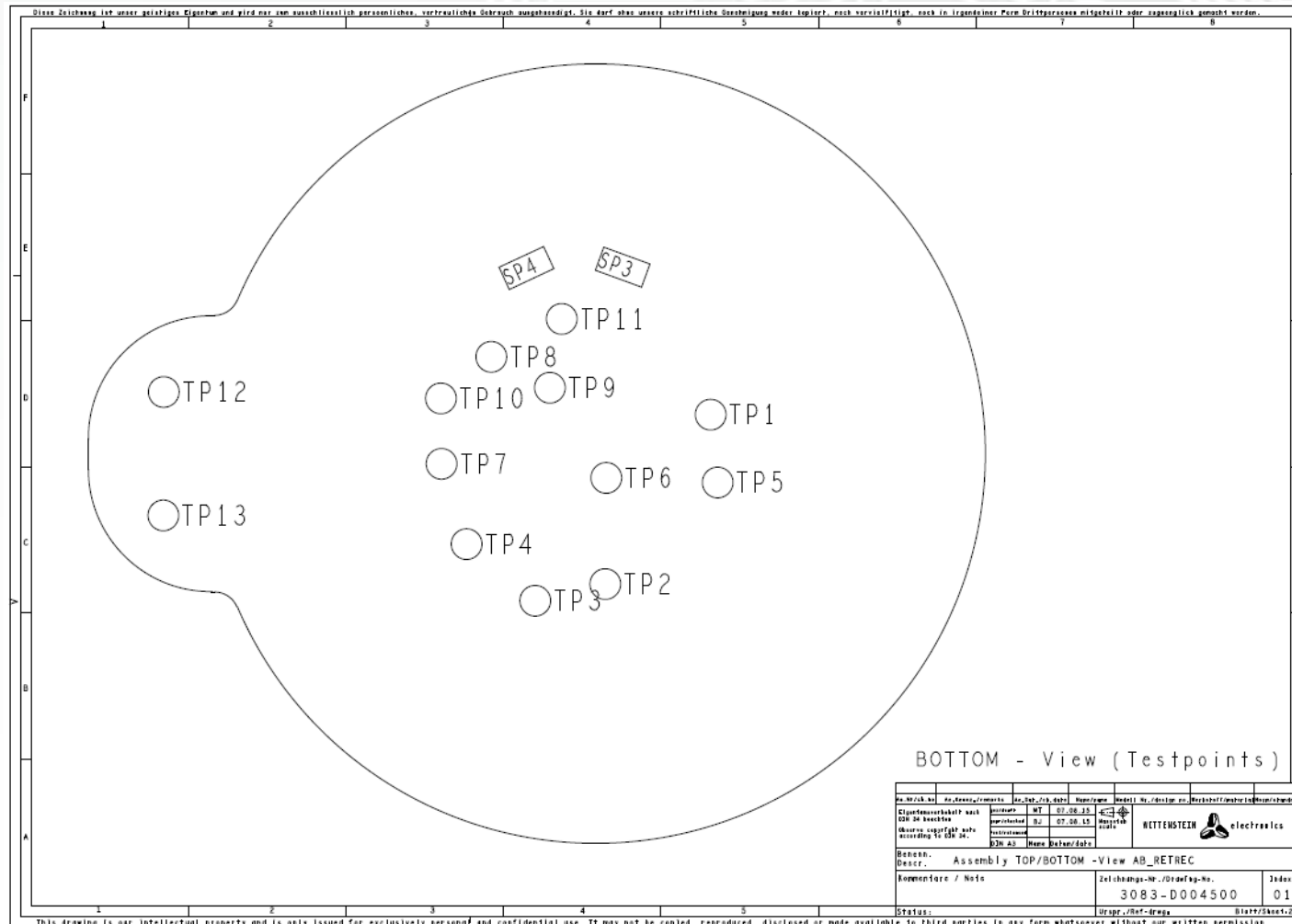


Standard-Dokumentation



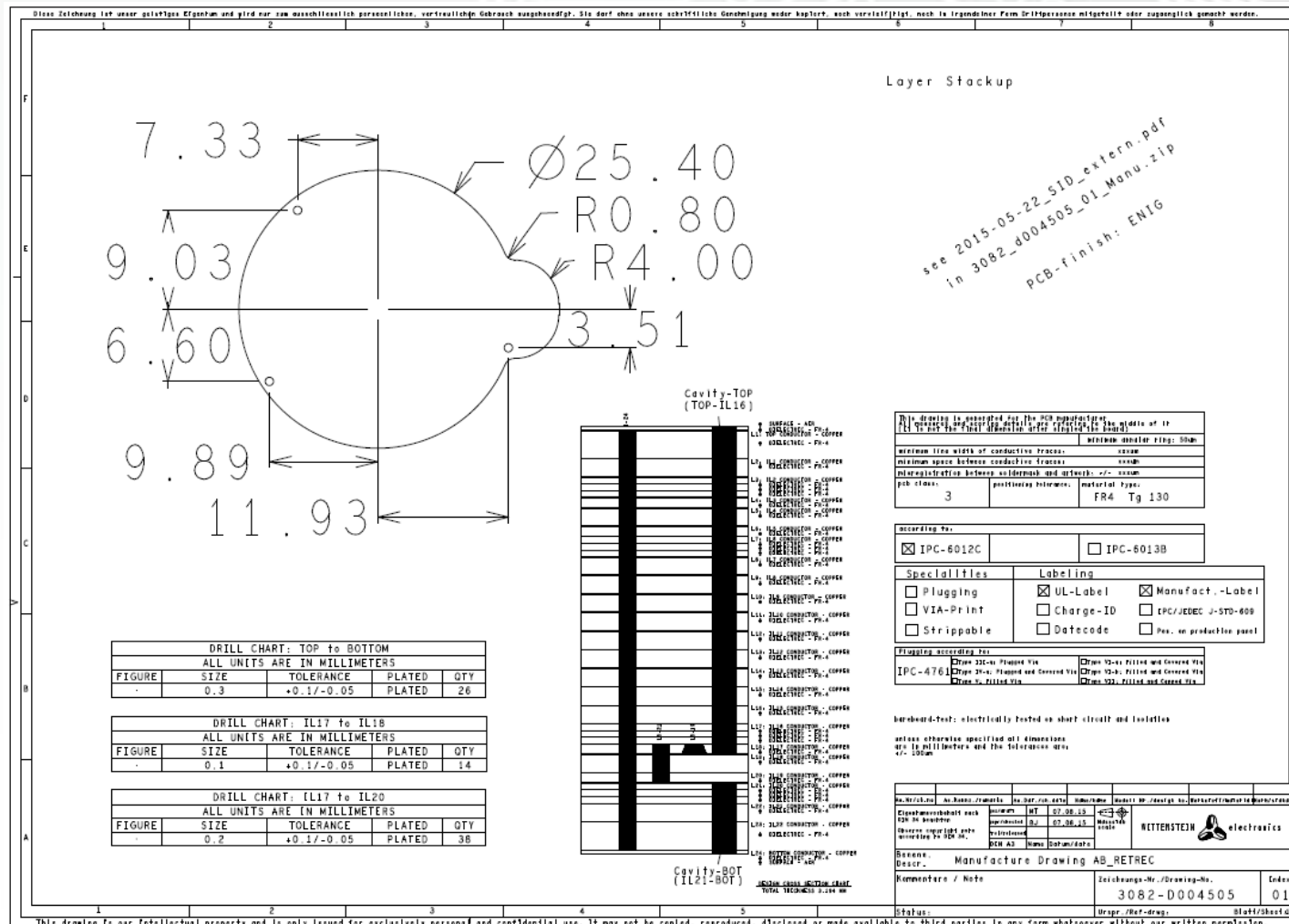


Standard-Dokumentation

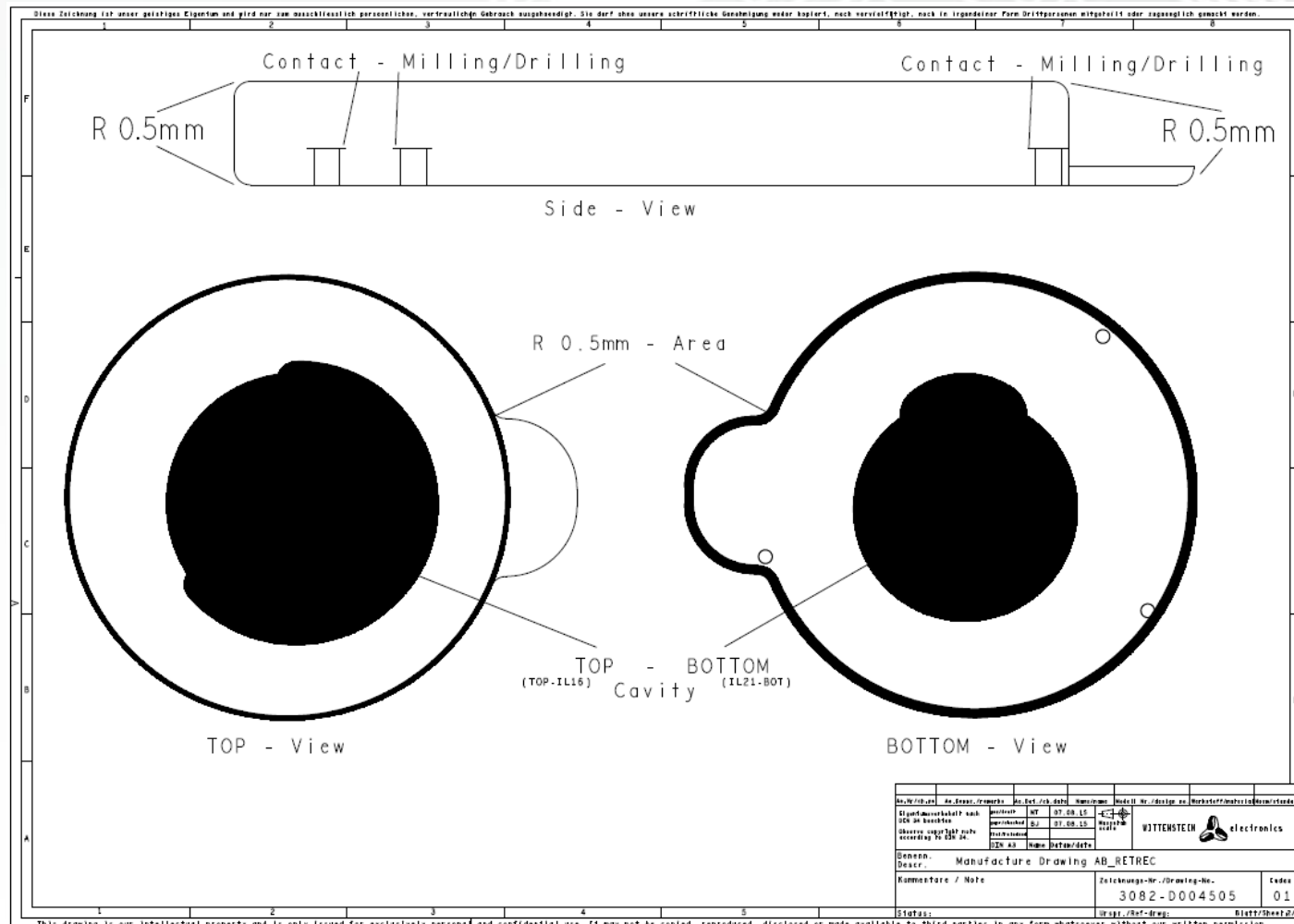




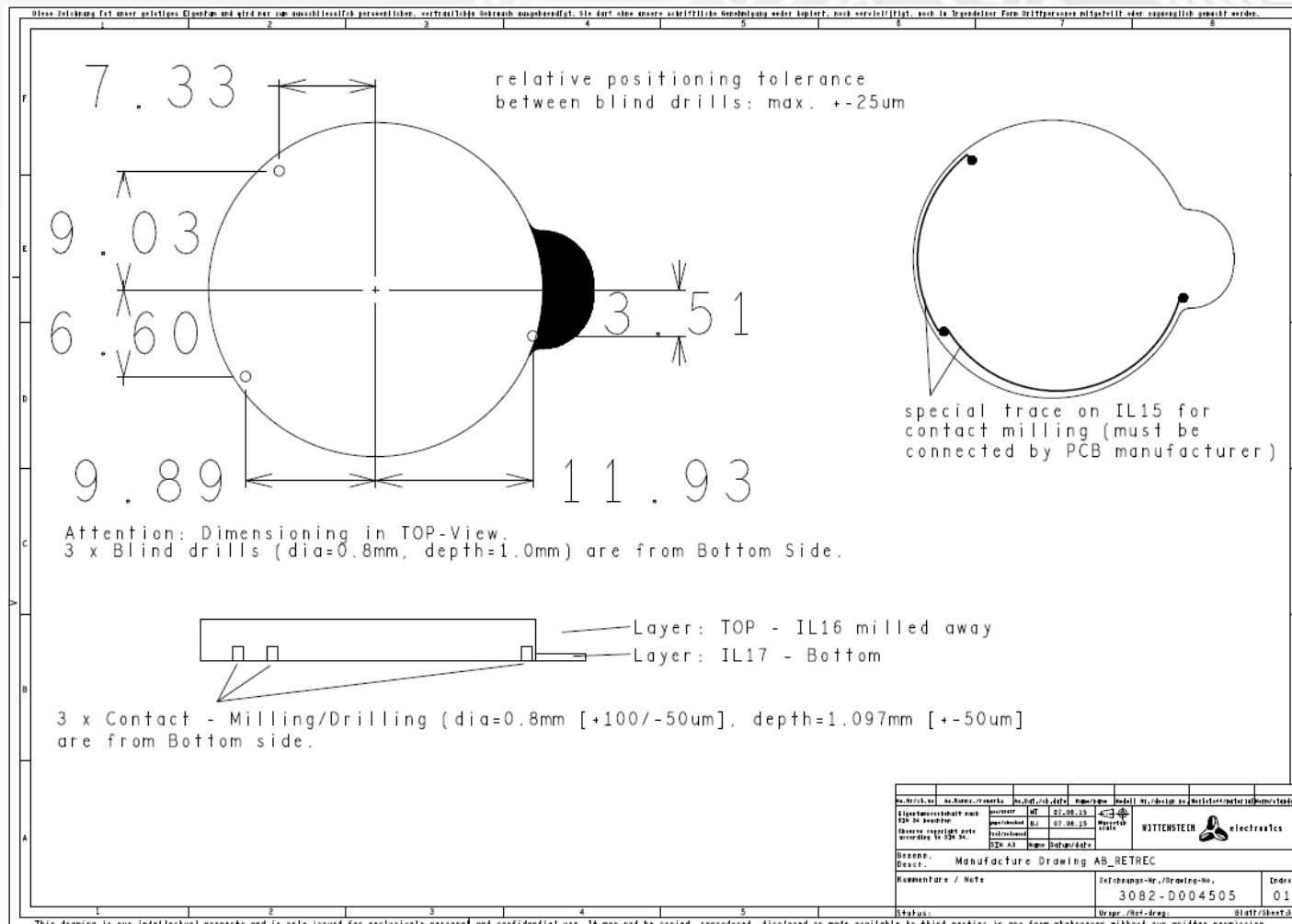
Standard-Dokumentation



zusätzliche, über den Standard hinaus reichende Dokumentation

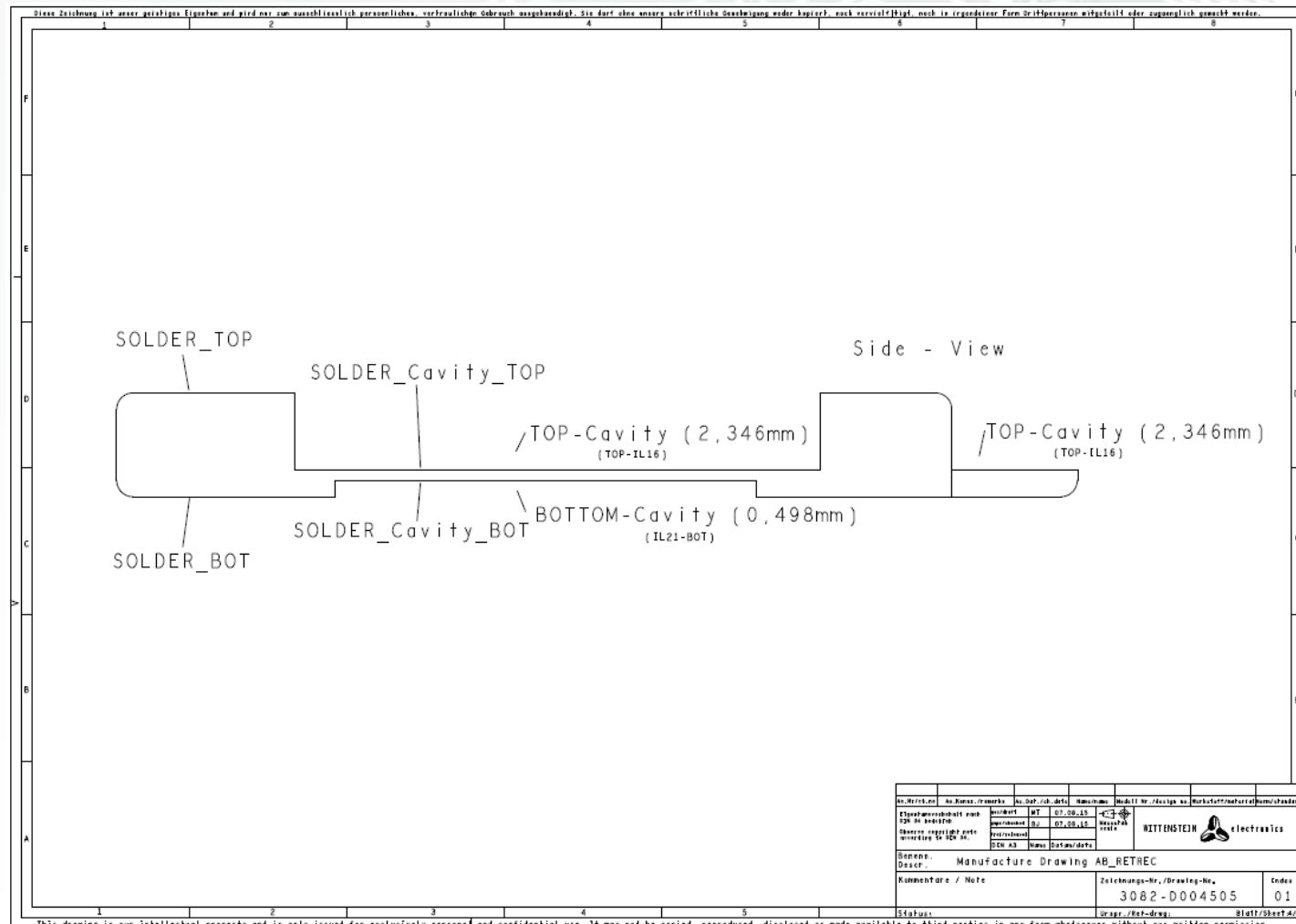


zusätzliche, über den Standard hinaus reichende Dokumentation



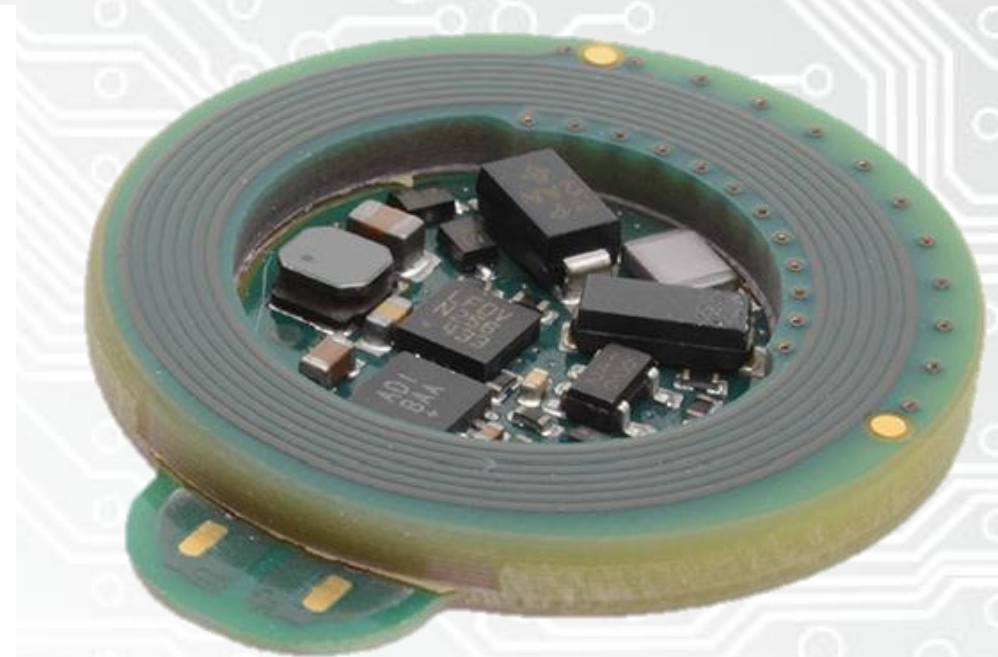
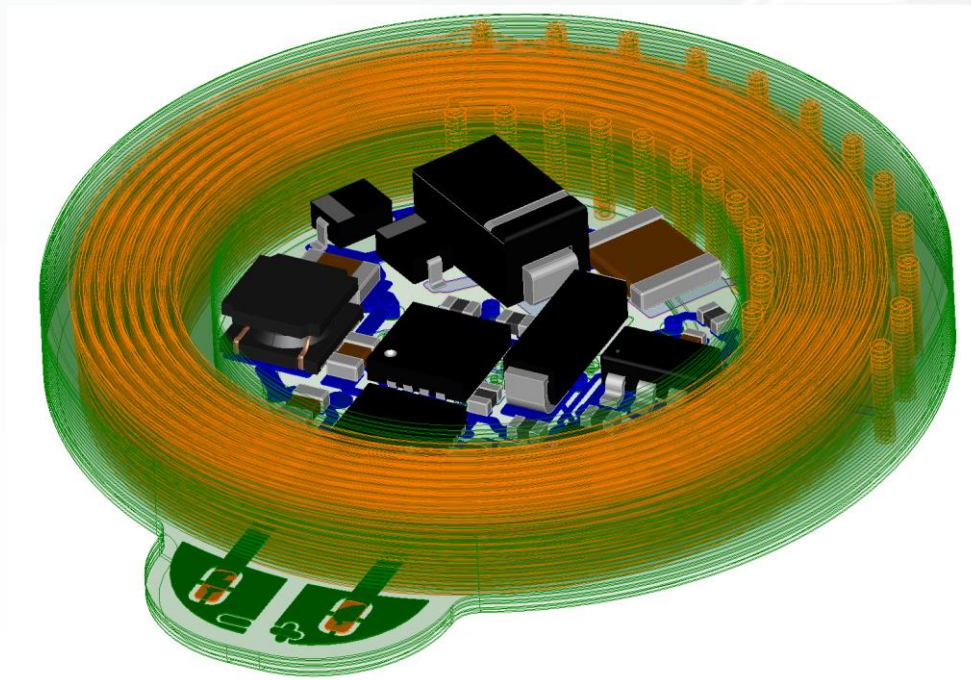


zusätzliche, über den Standard hinaus reichende Dokumentation





Vergleich der Simulation und der bestückten Leiterplatte



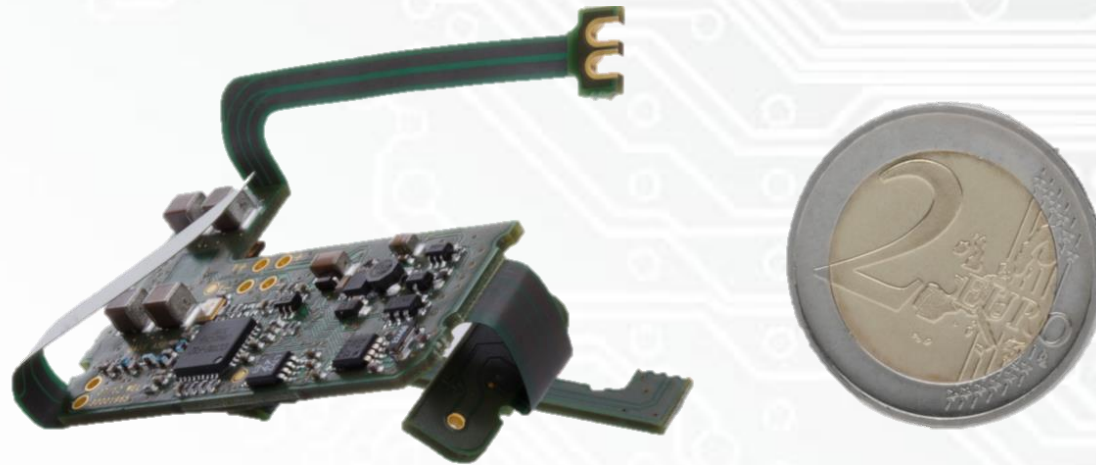


WITTENSTEIN

cyber motor

Projekt mit ECT

Embedding von passiven und aktiven Komponenten in eine Starrflex Leiterplatte

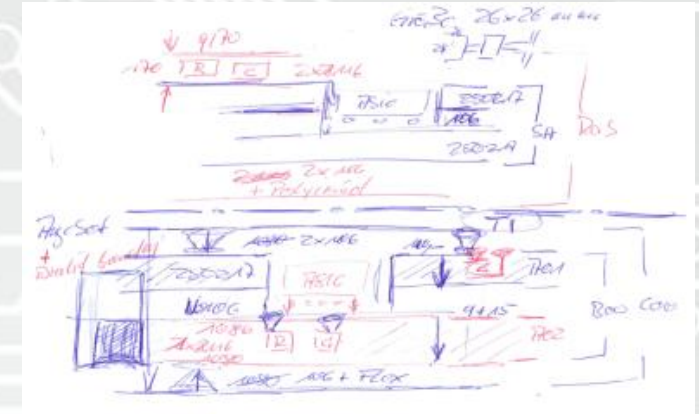
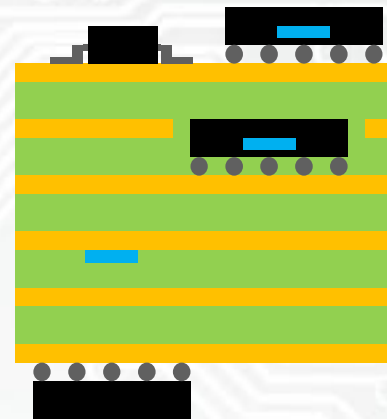


- Designanforderungen

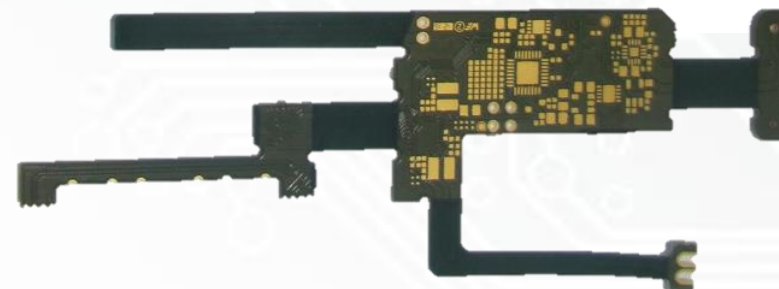
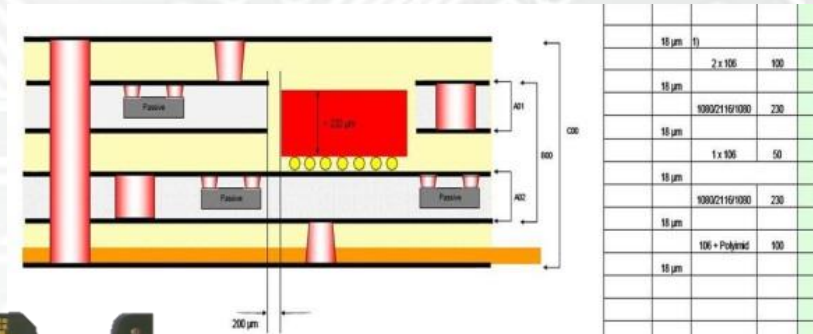
- Möglichkeiten in eCAD Tools

- Anforderungen an die Fertigung

- Realisierung



Embedded Components





- Entwicklung eines robusten, zuverlässigen und hoch verfügbaren Prototypen-Designs
- Aktives Implantat -> sehr begrenzter Bauraum mit komplexen Störkonturen
- Steckverbindungen mussten auf Grund des Volumenbedarfs eliminiert werden
- Kritische EMV, da verschiedene HF-Quellen (drahtloser Energie- & Datenübertragung) onboard
- Direkter Anschluß unterschiedlicher Aktoren & Sensoren
- Entwicklung einer geeigneten Teststruktur

Aktives Implantat mit ECT

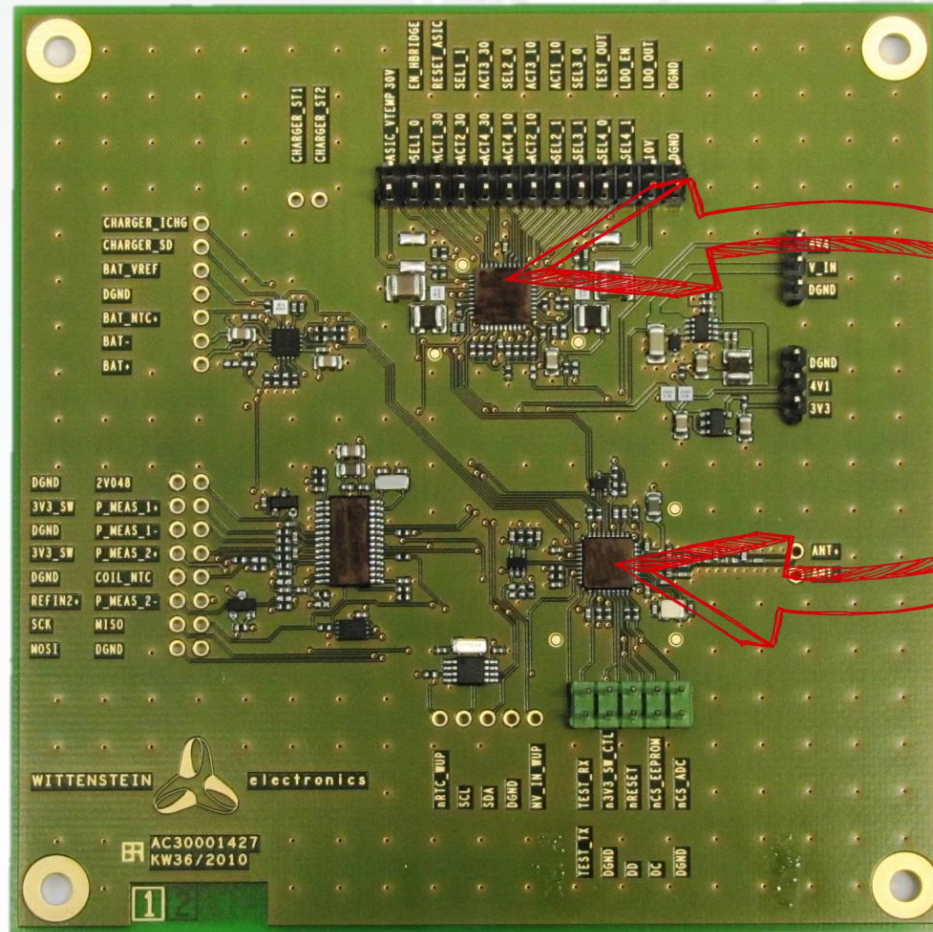
Vorarbeiten



WITTENSTEIN

cyber motor

Funktionsmuster mit „Standard“-Multilayeraufbau



ASIC
und **μController**
noch in gehäuseter
Variante verbaut

Bestückung mit SMD-Komponenten

Aktives Implantat mit ECT

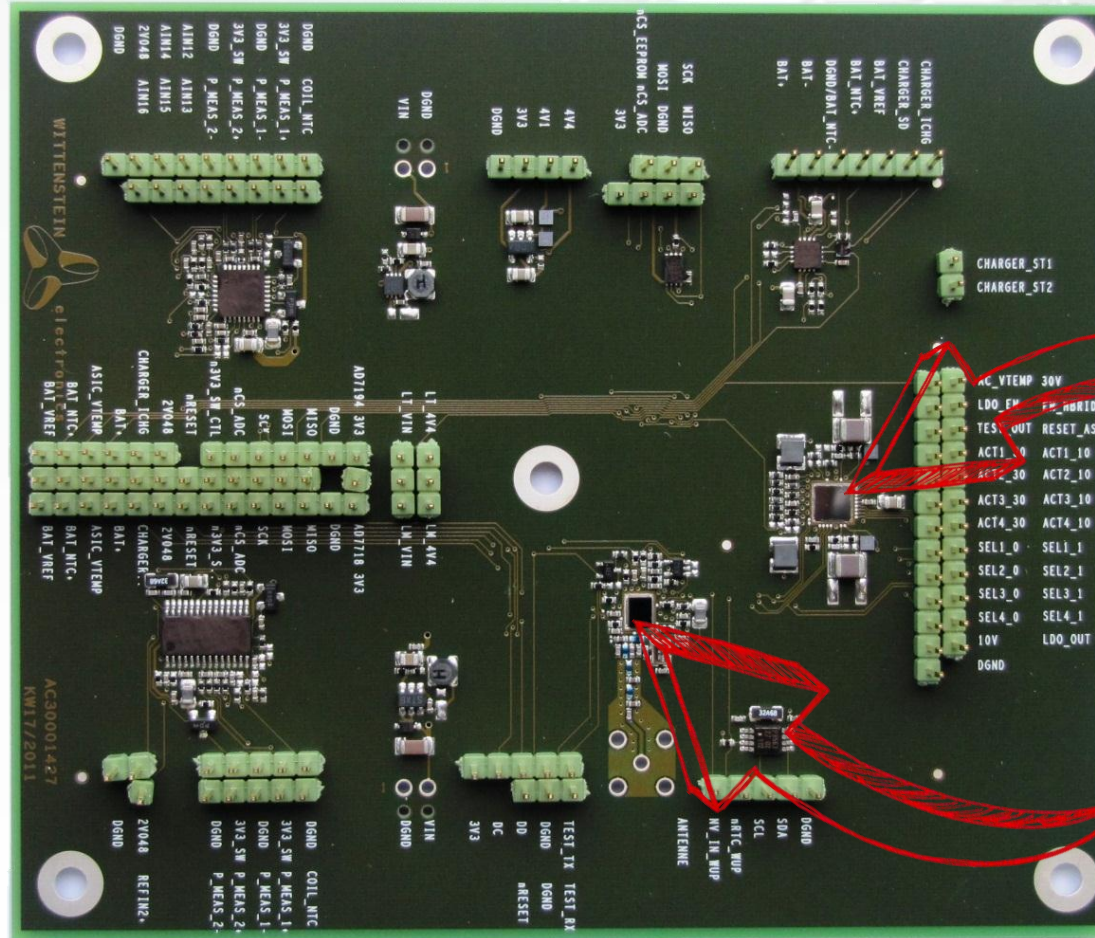
Vorarbeiten



WITTENSTEIN

cyber motor

Funktionsmuster mit Multilayer und Kavität auf erste Innenlage



ASIC

µController

Bestückung mit Flip Chip-Komponenten auf 1. Innenlage

Aktives Implantat mit ECT

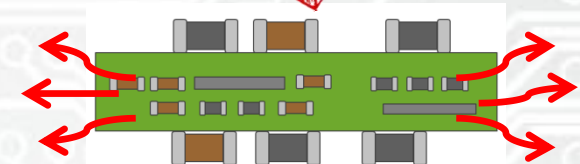
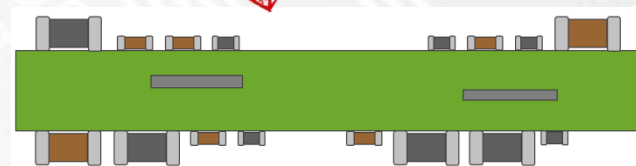
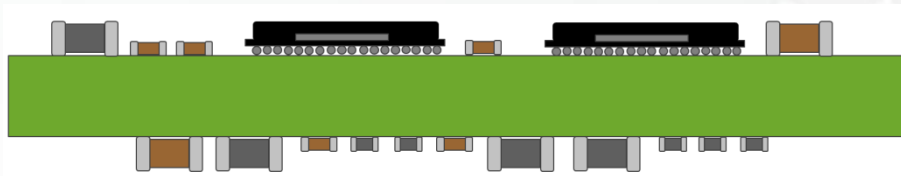
Entscheidung für Einbetttechnologie bei Wittenstein



WITTENSTEIN

cyber motor

Vorteile von Embedded Components

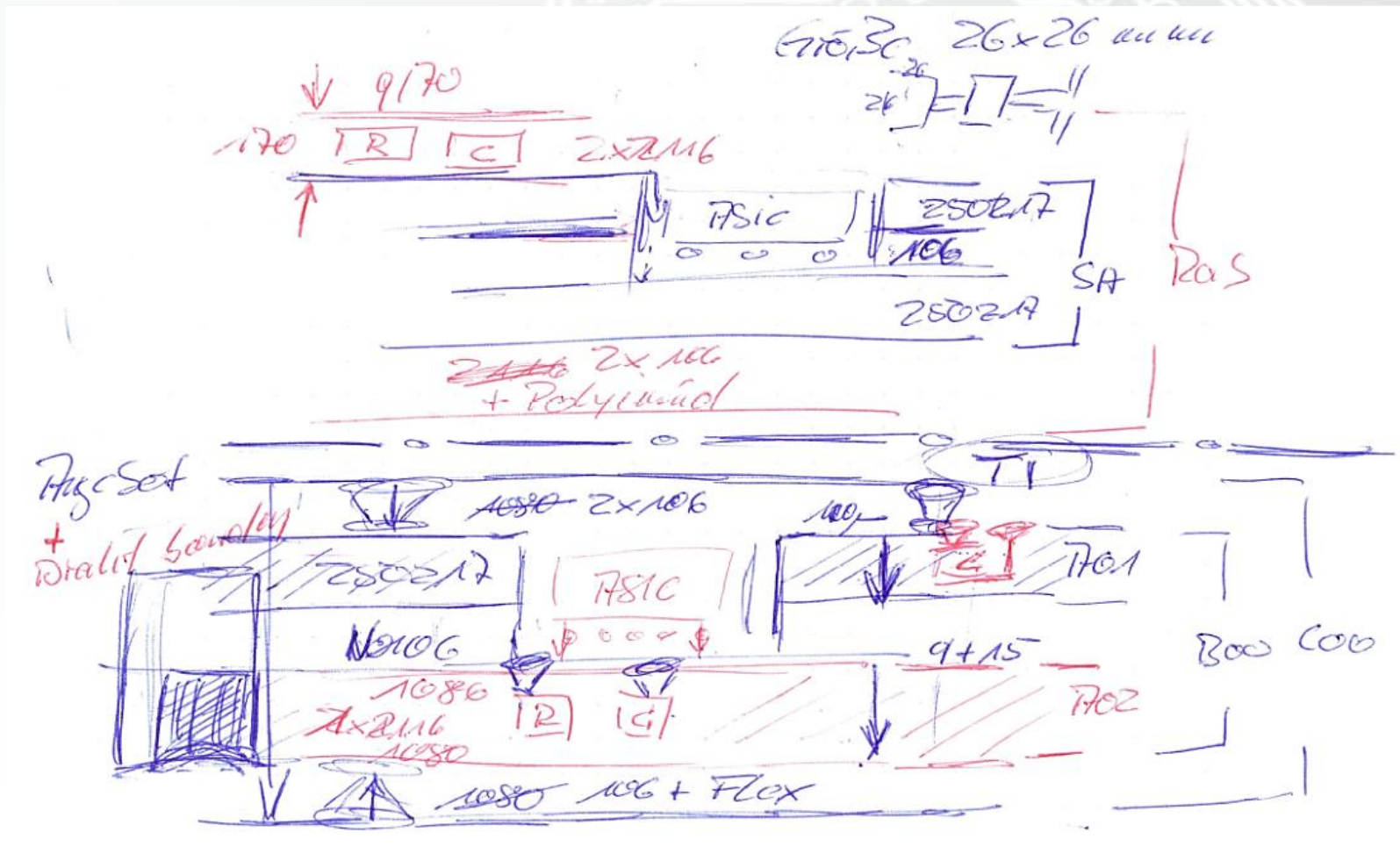


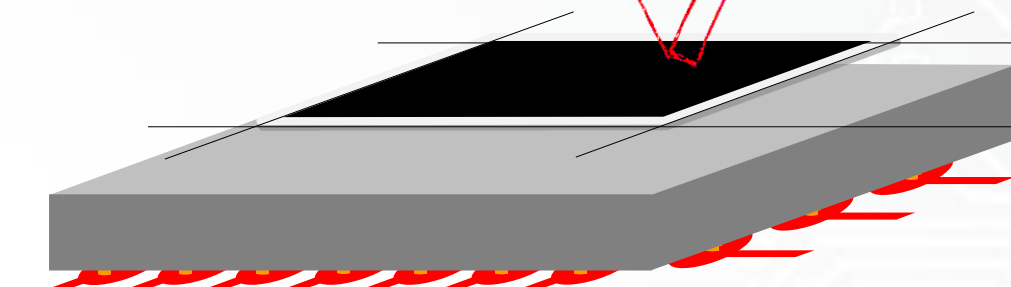
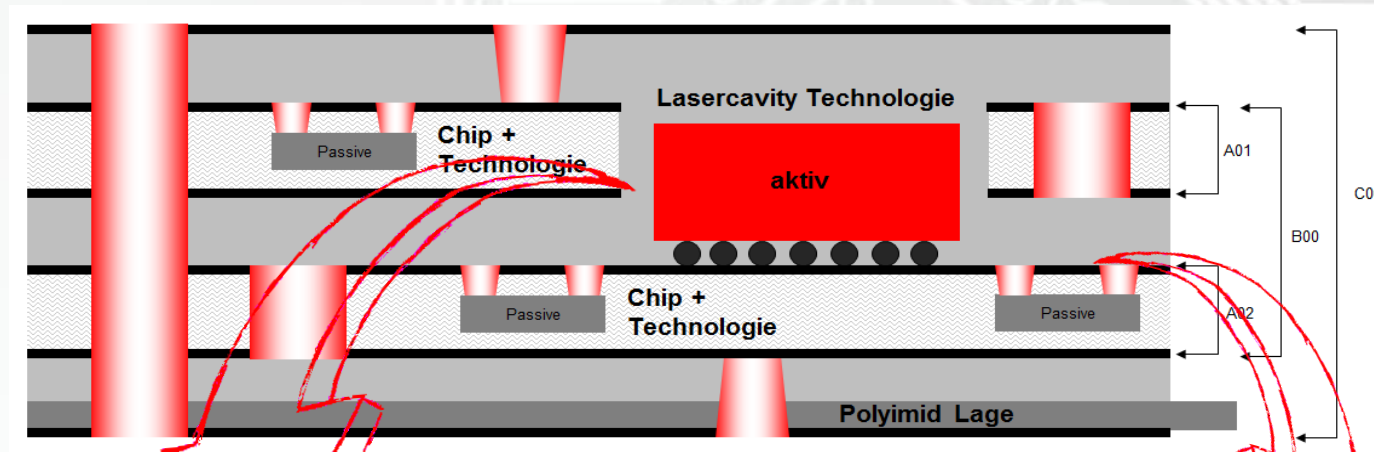
- Reduzierung des Volumens

- Erhöhung der Robustheit

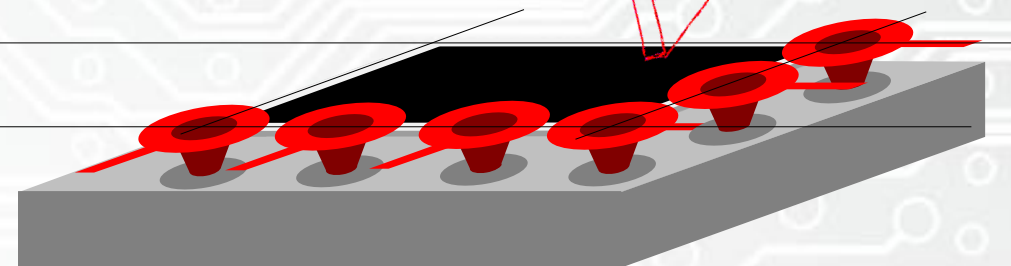
- Verbesserung der thermischen Performance durch optimierte Wärmeleitung

Erste Projektbesprechung, welche Möglichkeiten bestehen?

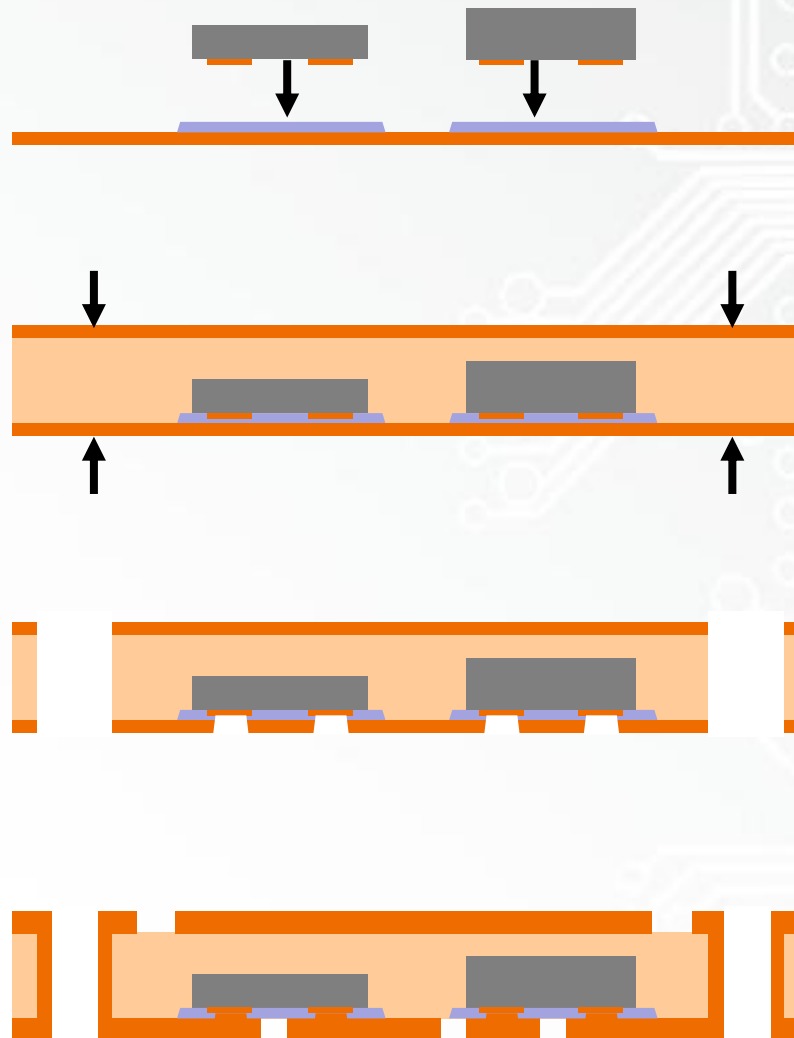




**Lasercavity
Bauteil face down**



Chip+Bauteil face up



- **Bestückung auf Cu-Folie**

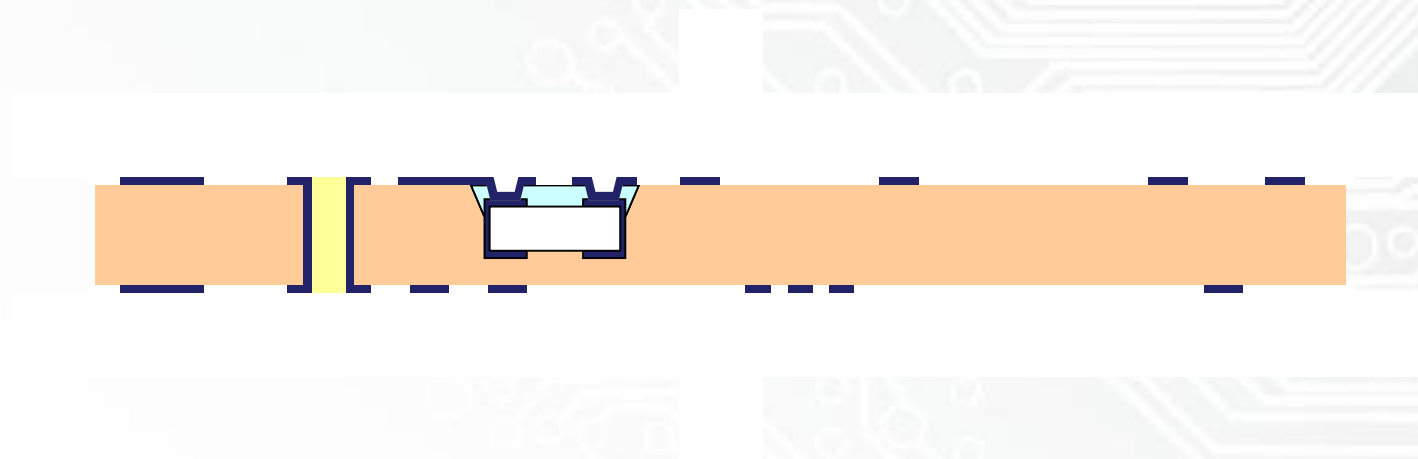
- **Multilayer/Core verpressen**

- **Microvias und Vias bohren**

- **Plating and structuring**

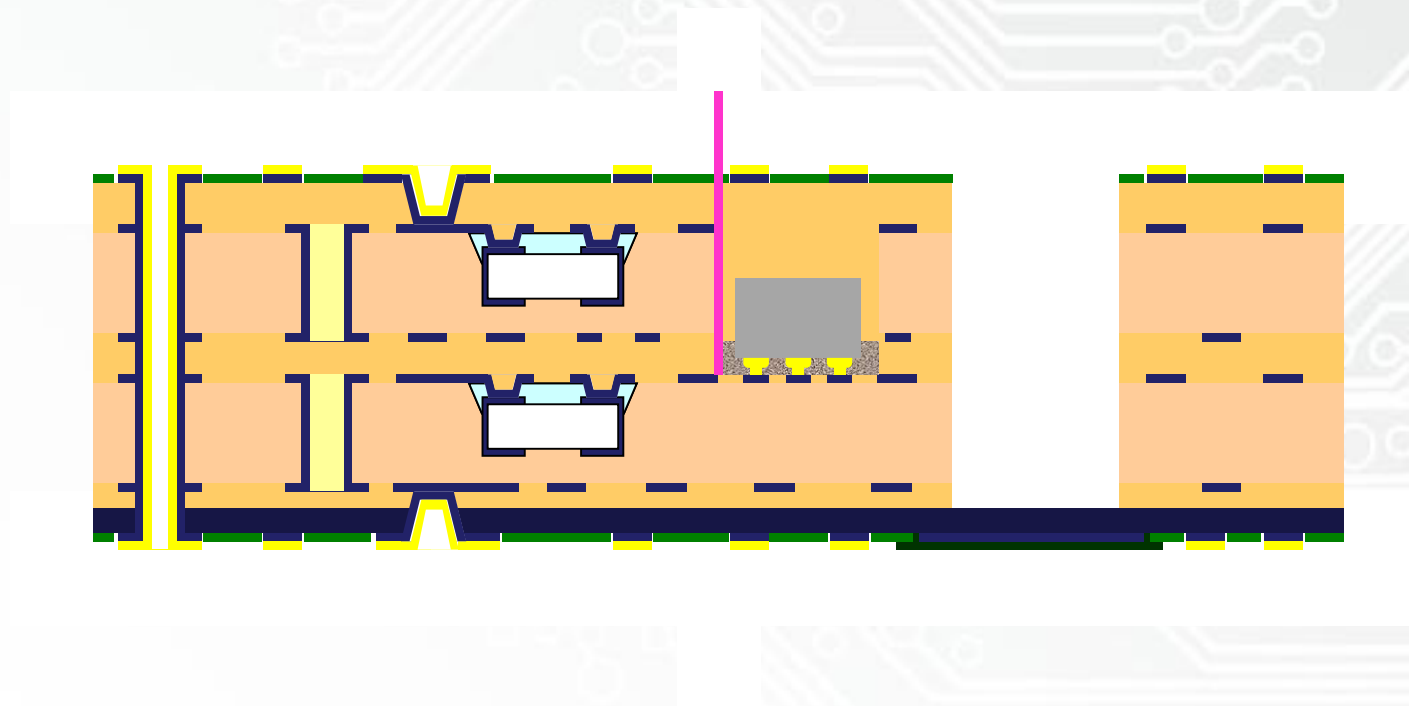


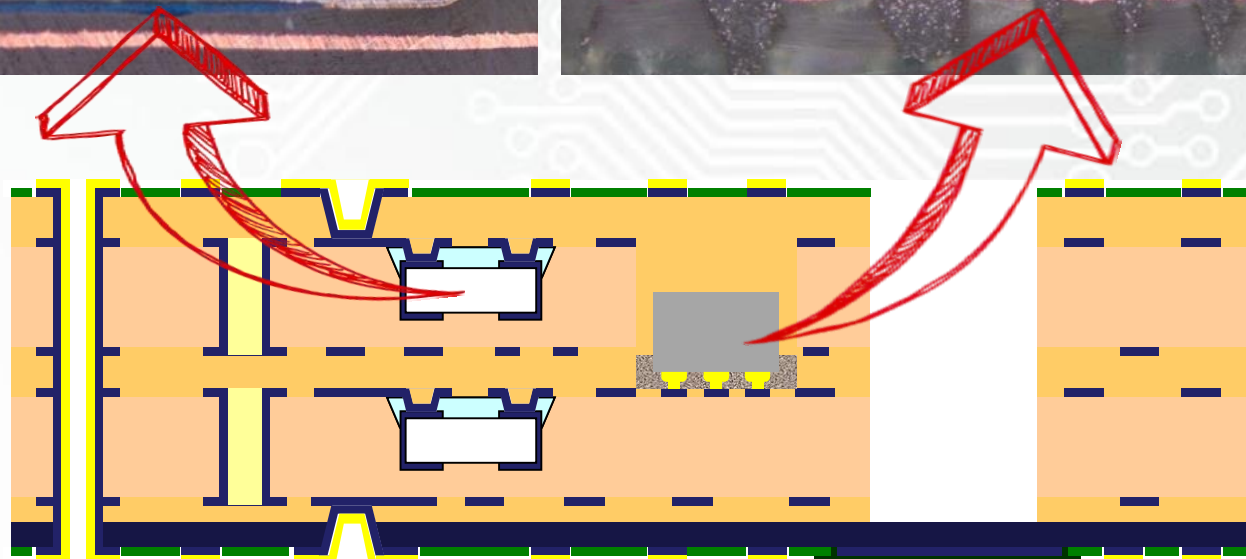
Substrat mit eingebetteten Widerständen





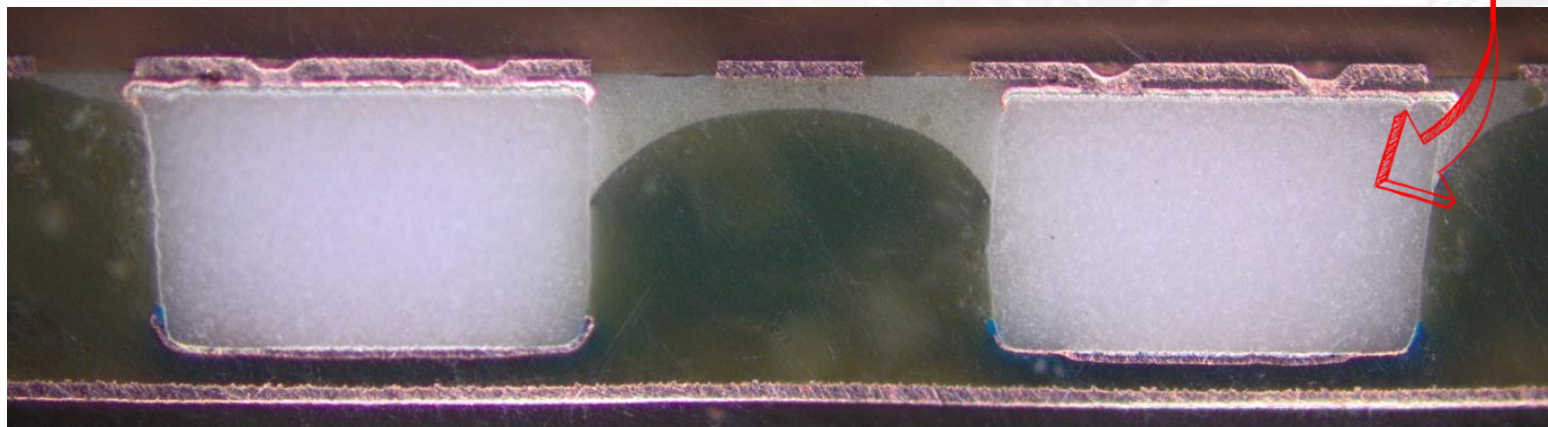
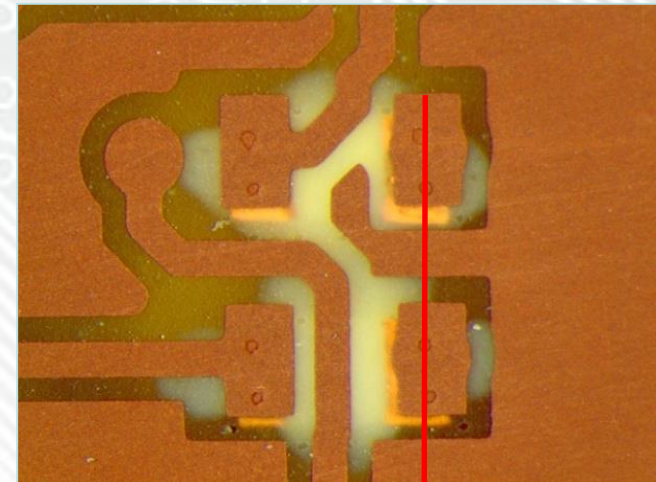
Skizzierter Lagenaufbau und Prozessablauf







Redundante Anbindung der Terminierungen der Widerstände durch doppelte Mikrovias

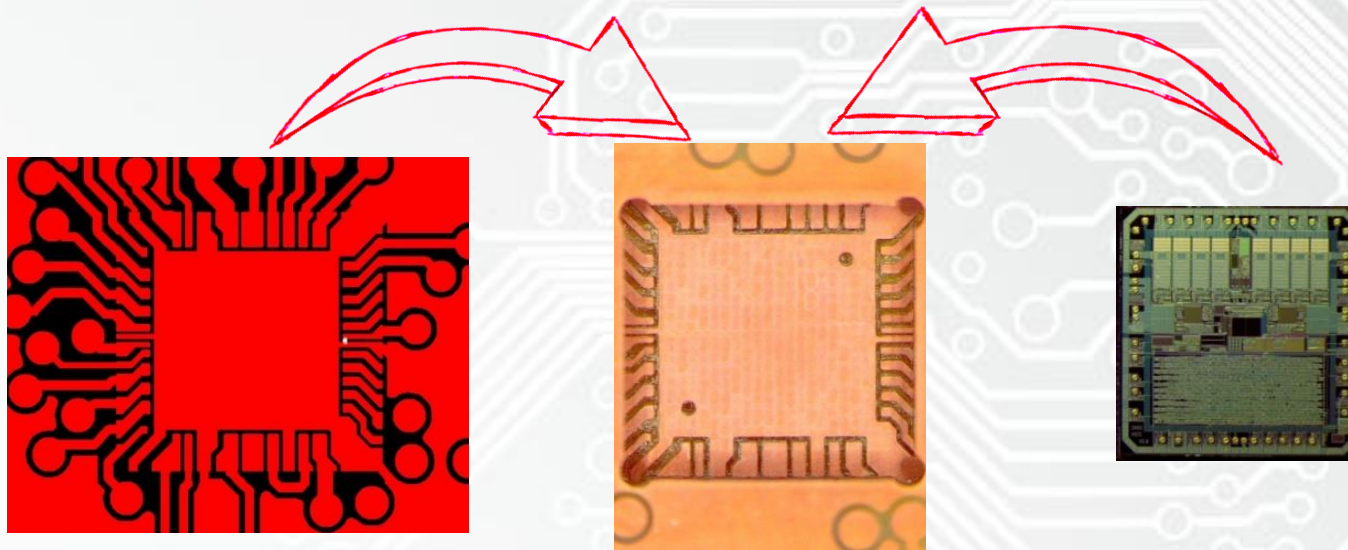


Herstellung der Lasercavity + Flip Chip Bonden

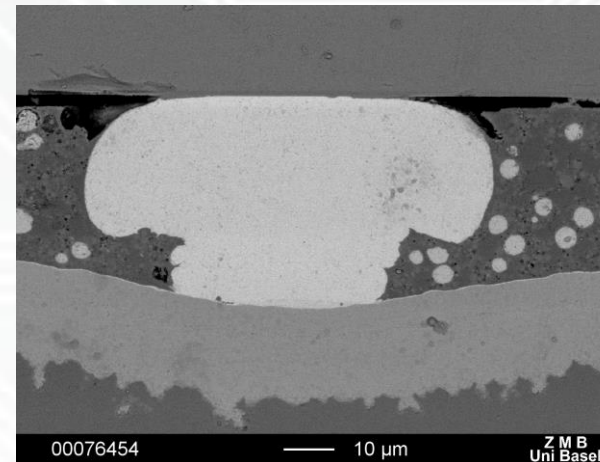
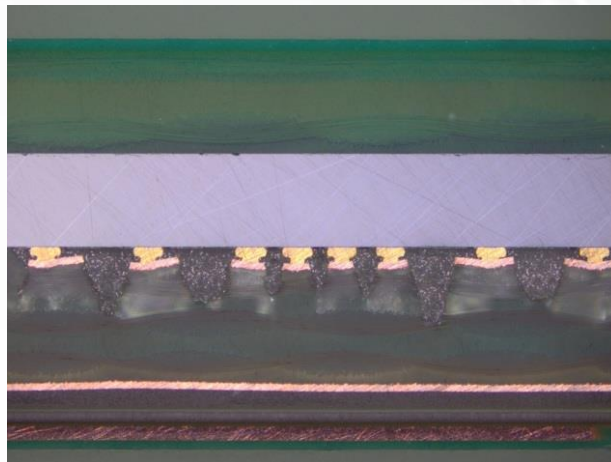


WITTENSTEIN

cyber motor



Lasercavity auf Lage 4

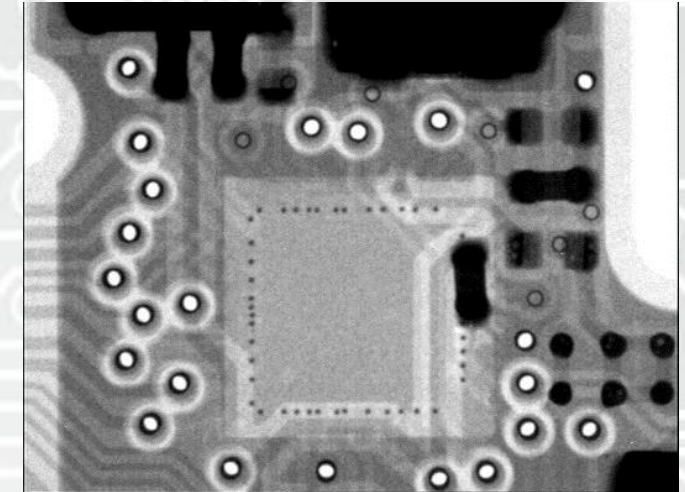
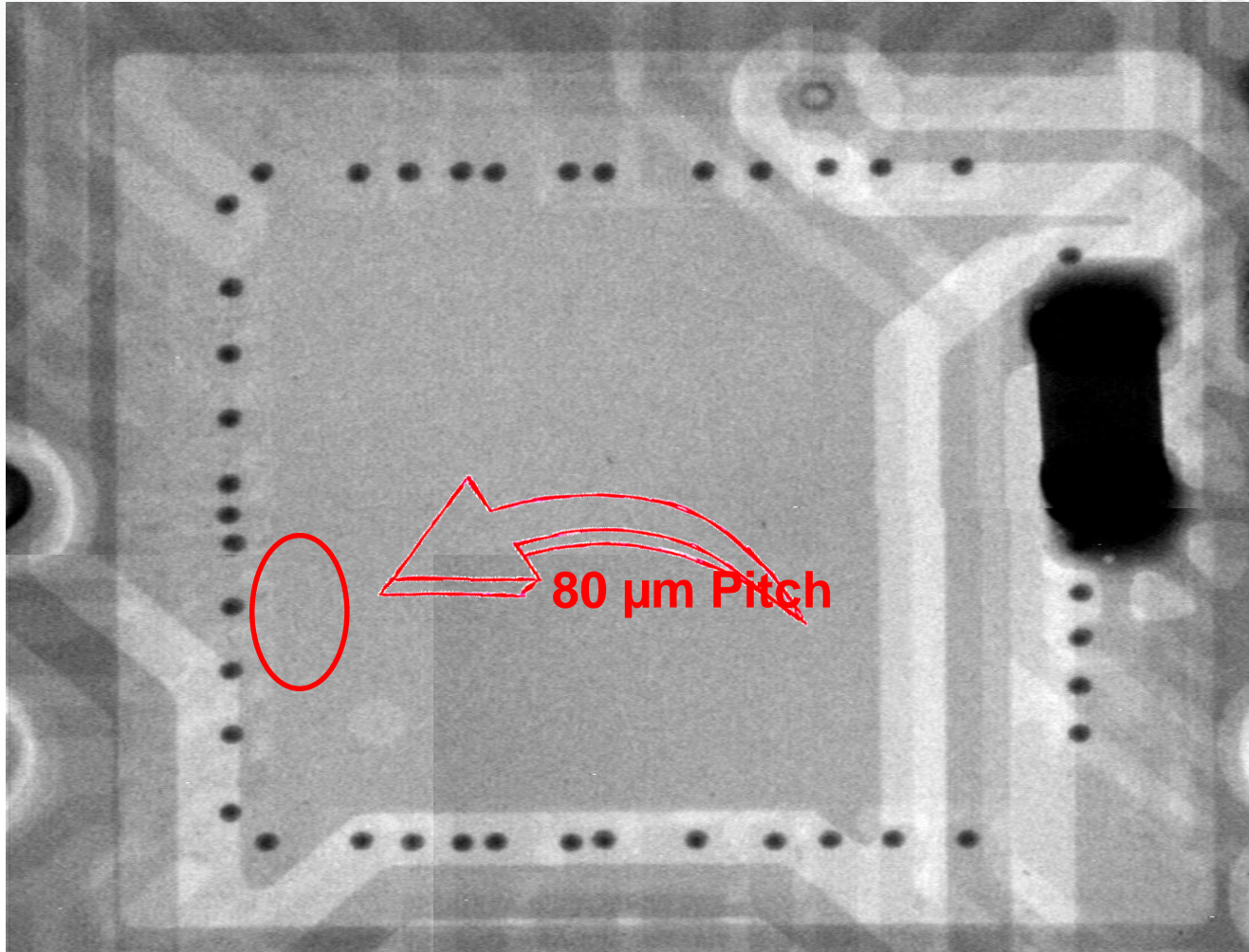


Röntgenaufnahme embedded Chip



WITTENSTEIN

cyber motor



**X – Ray Aufnahme
des ASIC**

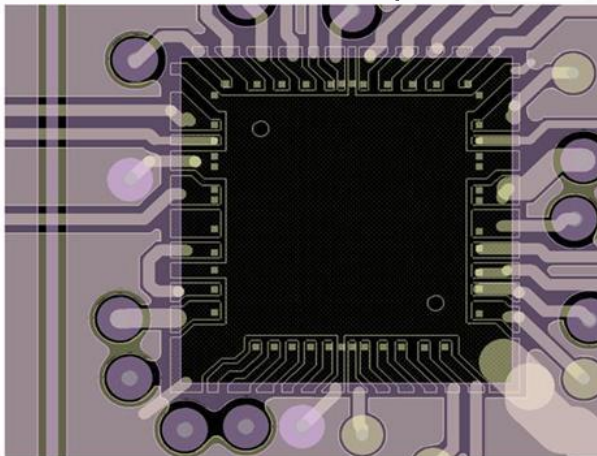


Komplexe Kombination der unterschiedlichsten Leiterplatten-Technologien:

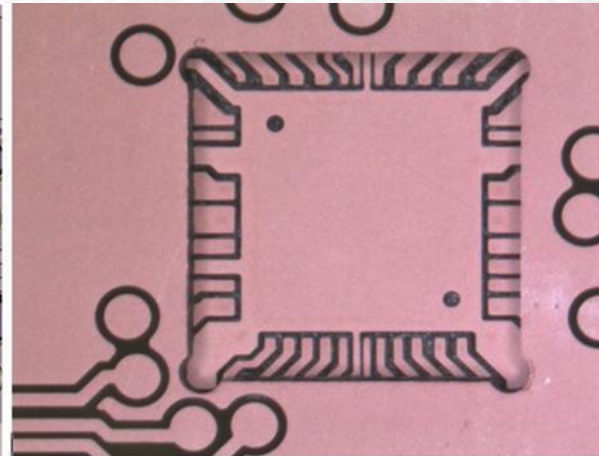
- **Starr-Flex 1F-5Ri**
- **Gepluggte Buried Vias**
- **Mikrovias von VS und RS (HDI-Aufbau 1-2b-2b-1)**
- **Halboffene Durchkontaktierungen am Rand**
- **40µm Iso-Abstände auf Innenlagen**
- **CHIP+: eingebettete Widerstände in zwei Ebenen**
- **Lasercavity: eingebetteter Flip Chip**

- Entwicklung eines robusten, zuverlässigen und hoch verfügbaren Prototypen-Designs.

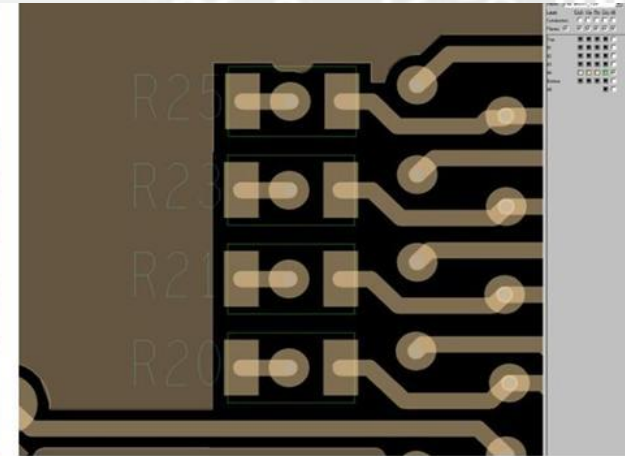
Umsetzung: -> Einsatz von embedded Components (Die und Widerstände)



ASIC Cavity (Design)



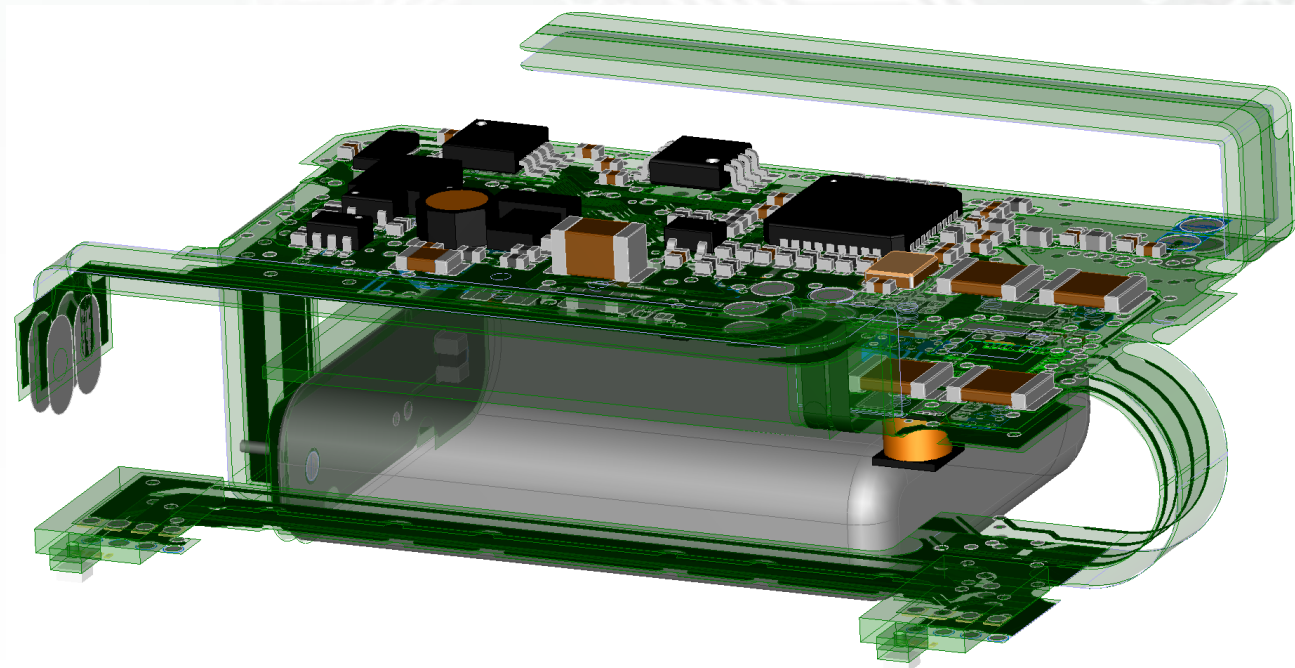
ASIC Cavity (Foto)



Embedded R's im Core

- Da es um ein aktives Implantat handelt ist der Bauraum sehr begrenzt.

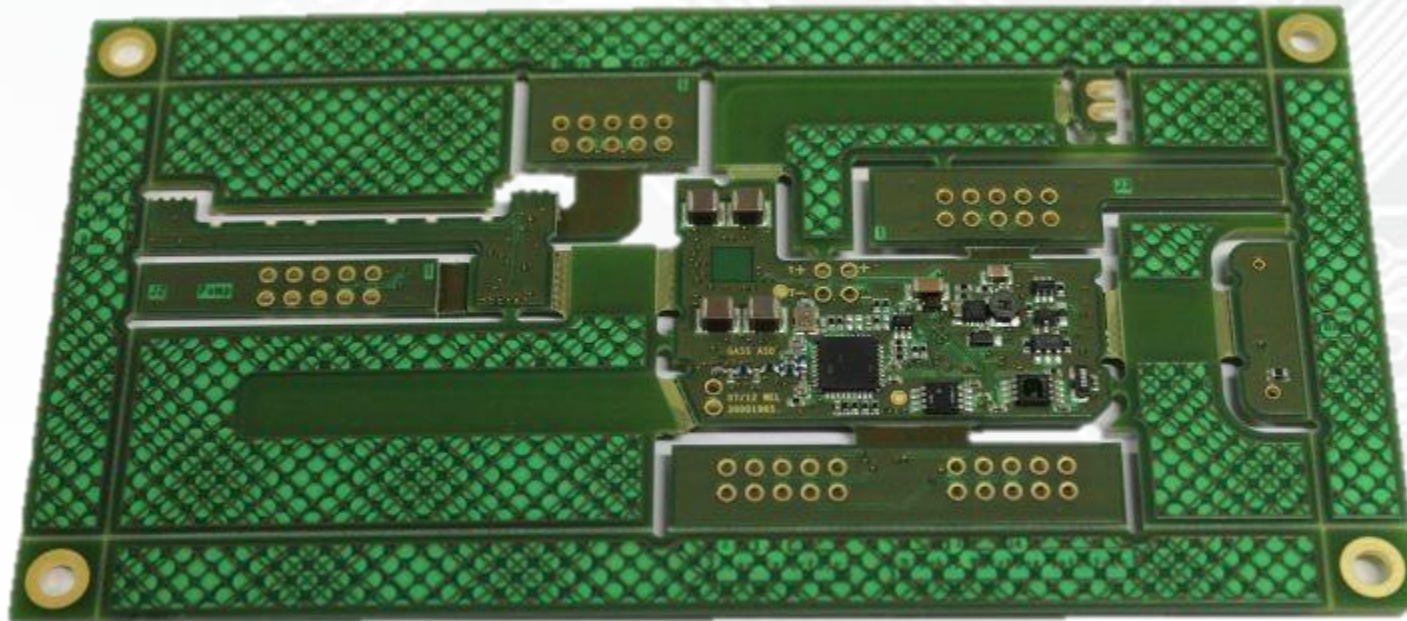
Umsetzung: Realisierung nur durch komplexe Outlines möglich
-> Konstruktion der Baugruppe im 3D-Bauraum



- Da es um ein aktives Implantat handelt ist der Bauraum sehr begrenzt.

Umsetzung: Realisierung nur durch komplexe Outlines möglich

-> Abwicklung des bestückten Schaltungsträgers im Halterahmen



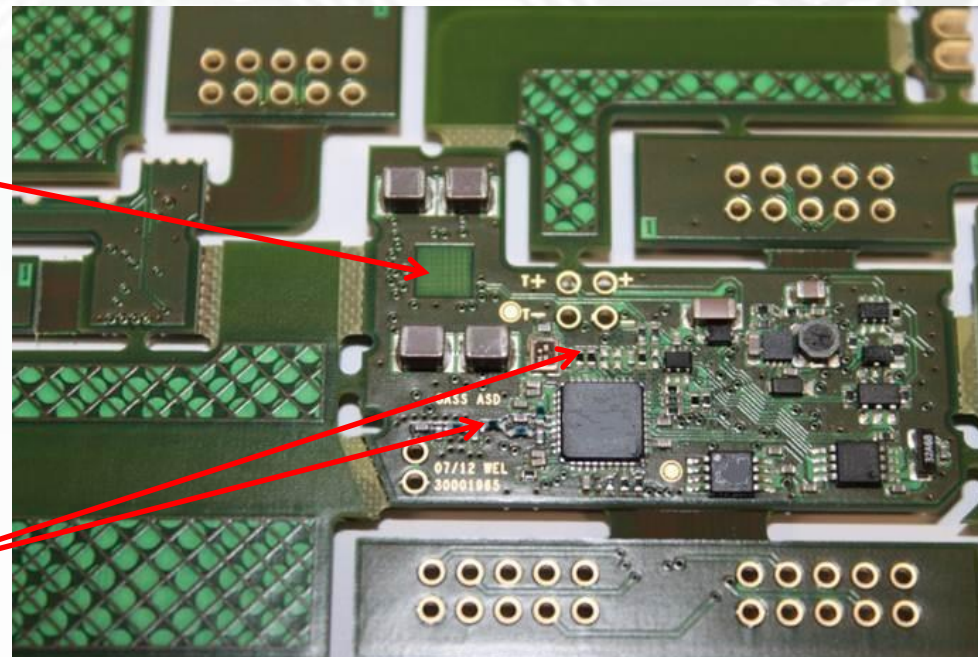
- Da es um ein aktives Implantat handelt ist der Bauraum sehr begrenzt.

Umsetzung: Realisierung nur durch komplexe Outlines möglich

-> Detailaufnahme des bestückten Schaltungsträgers

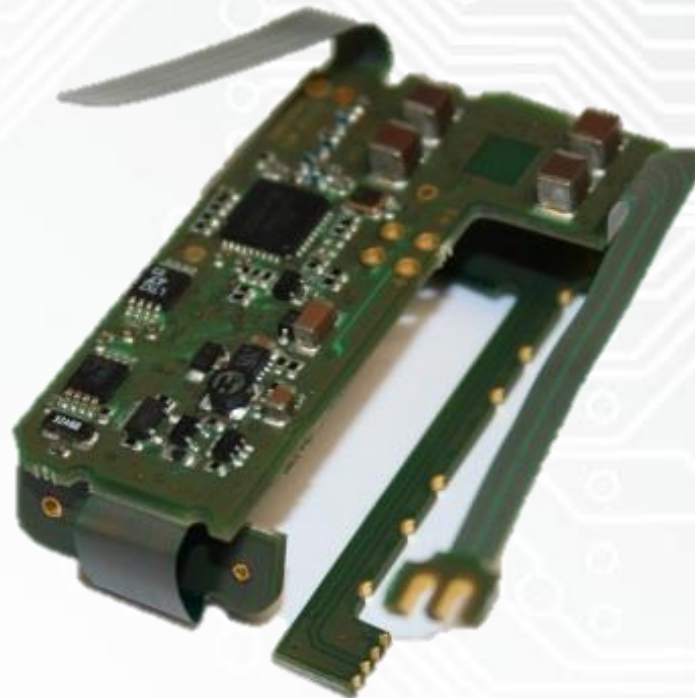
Embedded Die

Embedded Resistors

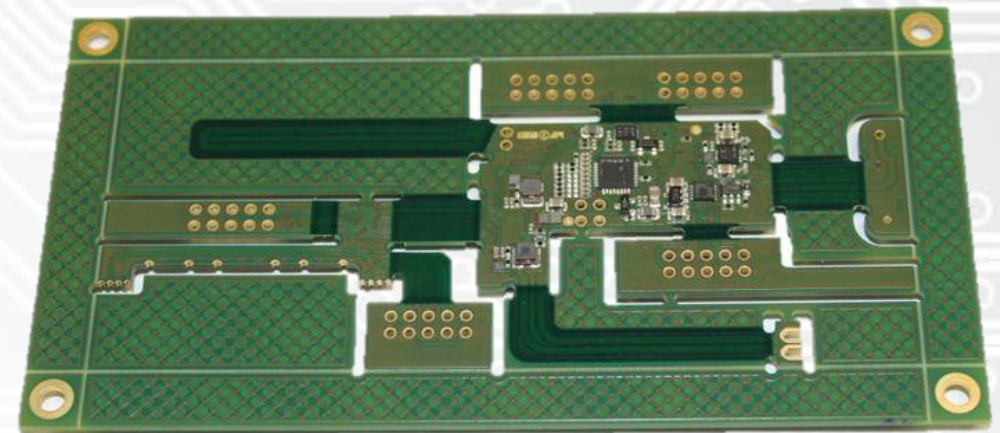
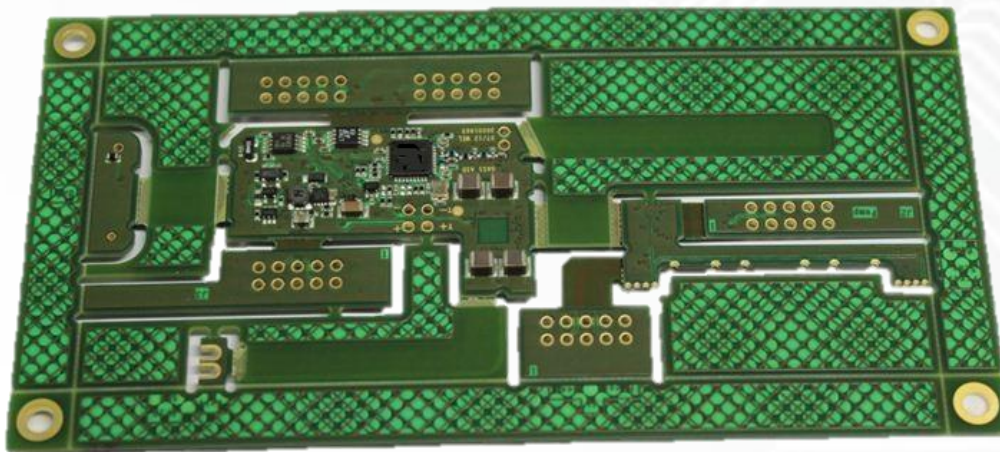


- Da es um ein aktives Implantat handelt ist der Bauraum sehr begrenzt.

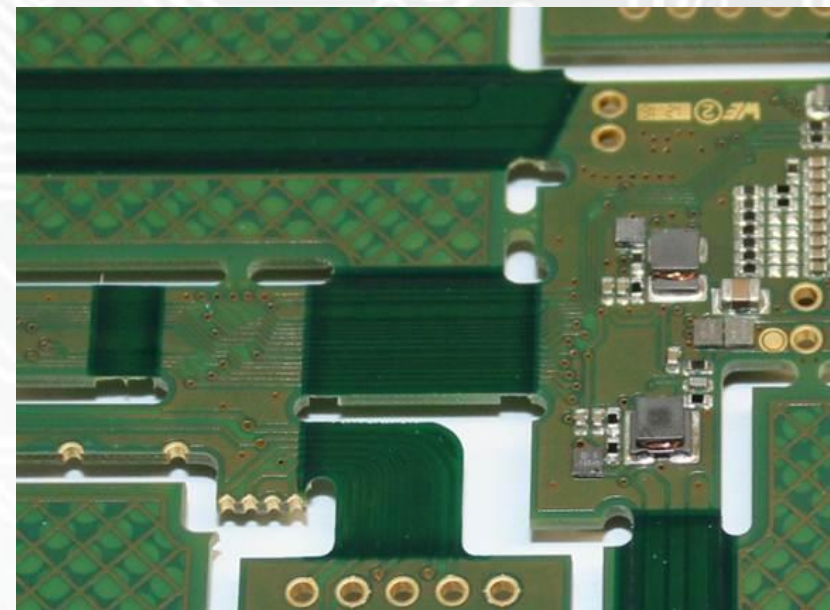
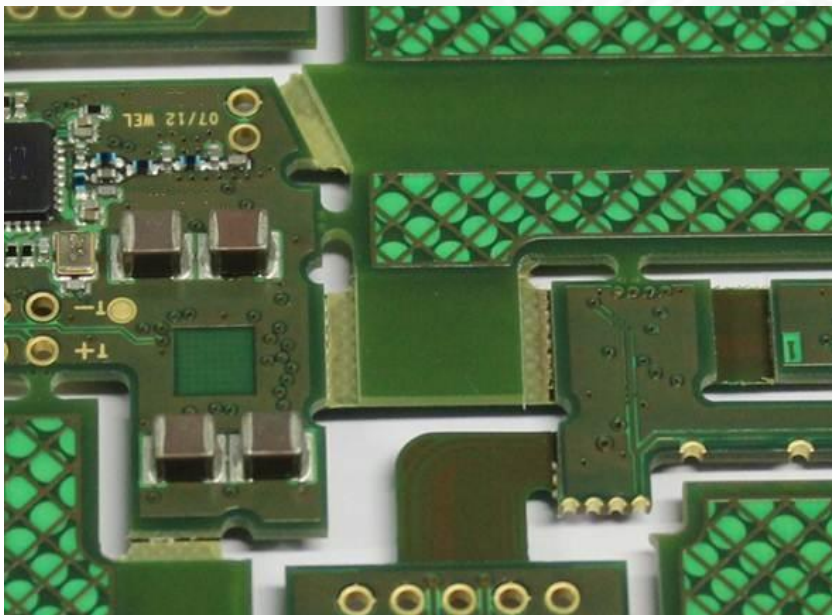
Umsetzung: Realisierung nur durch komplexe Outlines möglich
-> gebogener, bestückter Schaltungsträger in originaler Einbausituation



- Steckverbindungen müssten auf Grund des Volumenbedarfs eliminiert werden.
Umsetzung: Realisierung nur durch Einsatz flexibler Bereiche möglich

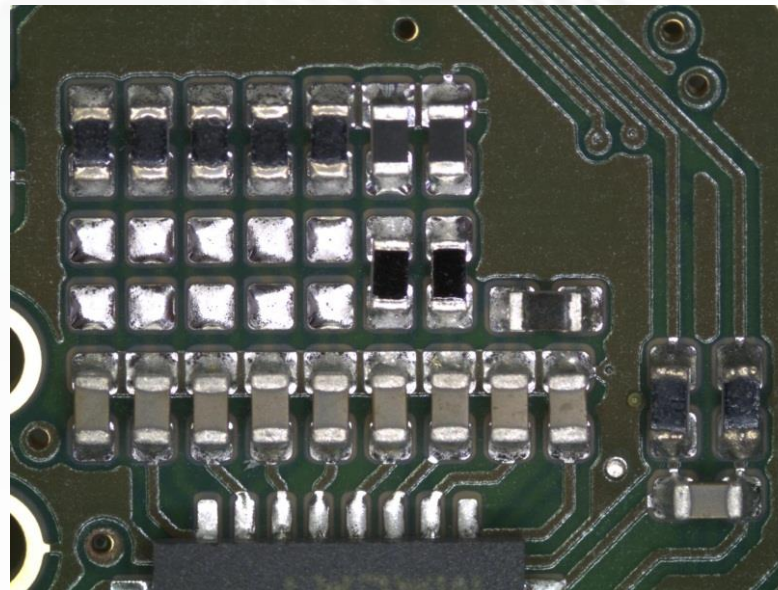


- Steckverbindungen müssten auf Grund des Volumenbedarfs eliminiert werden.
Umsetzung: Realisierung nur durch Einsatz flexibler Bereiche möglich

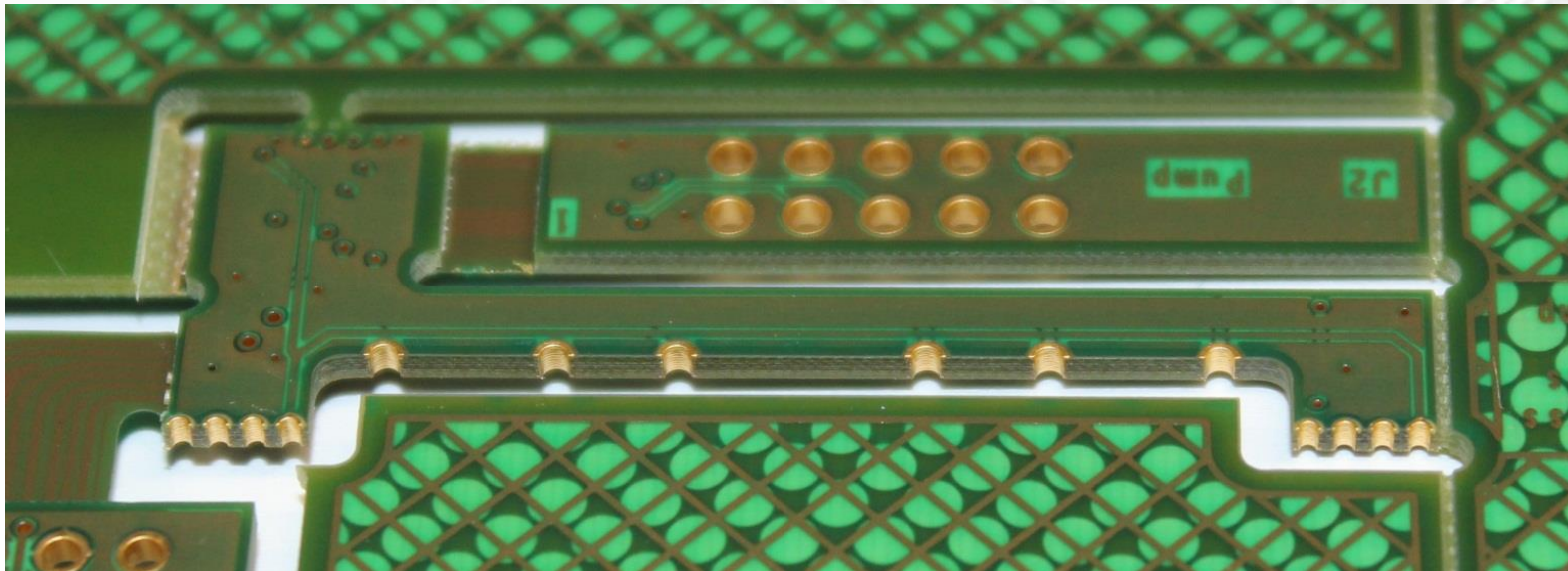


- Kritische EMV, da verschiedene HF-Quellen (drahtloser Energie- & Datenübertragung) onboard.

Umsetzung: Flutung der Freiräume mit Masseflächen, räumliche Trennung des HF- und Analogteils, differentielle Leitungsführung und diskrete Filterstrukturen im Analogteil

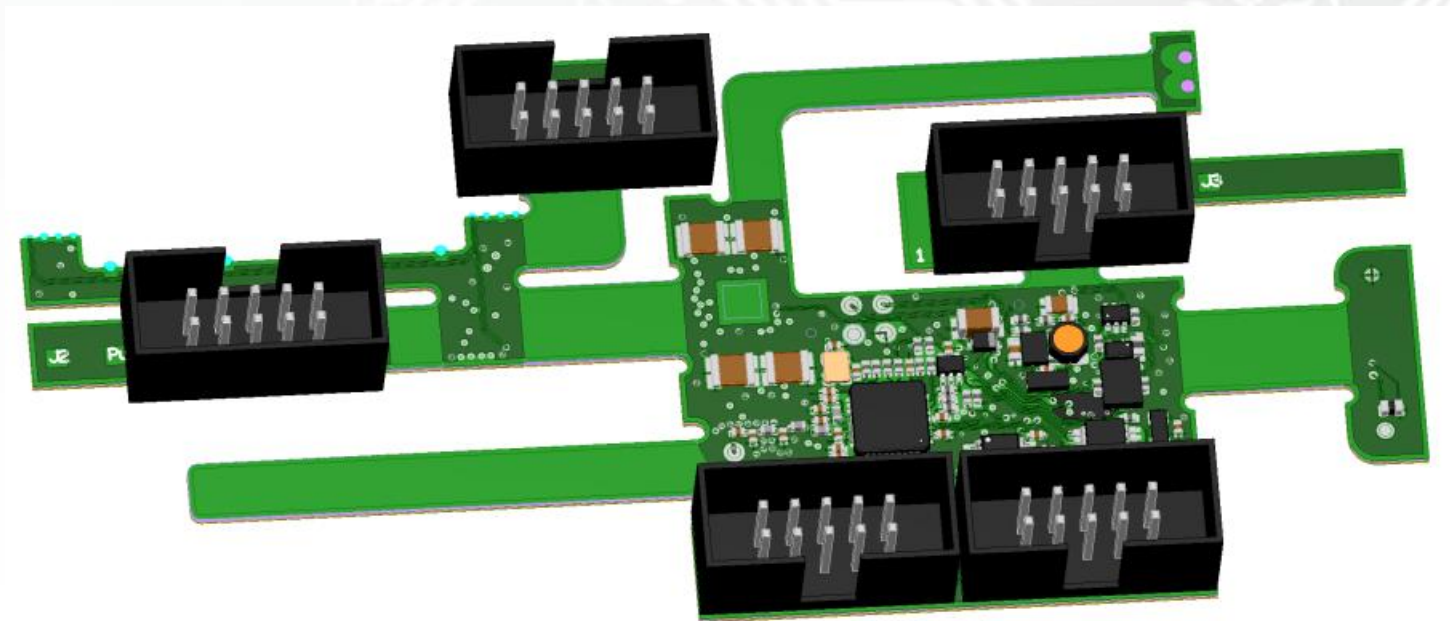


- Direkter Anschluß unterschiedlicher Aktoren & Sensoren.
Umsetzung: Wegfall weiterer Anschlussstecker durch direkte Kontaktierung an Leiterplattenkanten



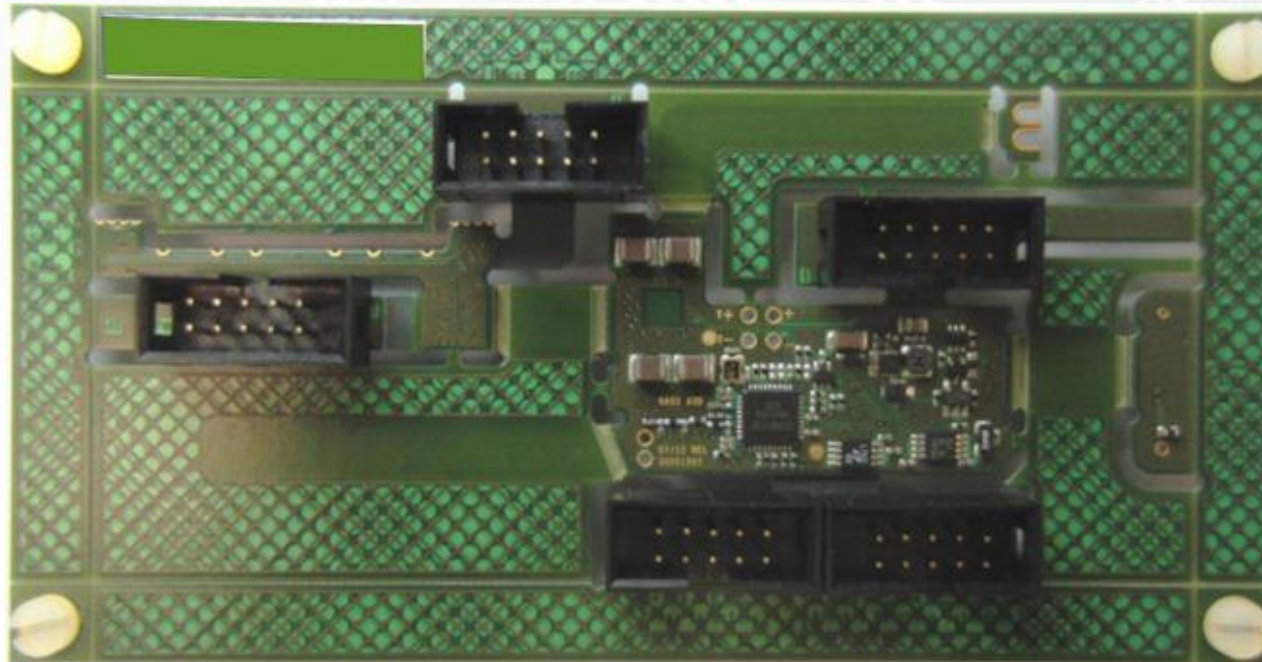
- Abtrennbare Teststruktur nach Programmierung, Test und Inbetriebnahme.

Umsetzung: Durch dieses Konzept kann nach erfolgter Inbetriebnahme die Teststruktur abgetrennt werden. Trennstellen werden im Produkt vergossen.



- Abtrennbare Teststruktur nach Programmierung, Test und Inbetriebnahme.

Umsetzung: Durch dieses Konzept kann nach erfolgreicher Inbetriebnahme die Teststruktur abgetrennt werden. Trennstellen werden im Produkt vergossen.





- Nächste Schritte (Stand 2014):
 - Konsequentes Embedding von auf dem Markt verfügbaren Bauteilen
 - Widerstände
 - Kondensatoren
 - weitere ICs als bare Die
 - weitere Anpassung und Optimierung der Konturen
 - Entwicklung eines Testkonzepts/-struktur um den Die nach dem Setzen zu Prüfen.



Zusammenfassung / Fazit

- **Technologien**
 - es handelt sich um eine Aneinanderreihung einer Vielzahl von standardisierten Arbeitsschritten
- **Tools**
 - decken einen Großteil der Anforderungen ab, müssen aber auch noch teilweise an die neuen Anforderungen angepasst werden
- **Zusammenarbeit**
 - enorm wichtig für den Erfolg und bereits schon in der Planungsphase

