

Wave

Reflow

Selective



**Ressourcenschonende Lötprozesse**  
**Dr.-Ing. Andreas Reinhardt, SEHO Systems GmbH**

# Agenda

- Kurzvorstellung SEHO
- Wellenlöt
  - Selektives Fluxen und Plasmafluxen
  - Optimierung der Vorheizung: High Mix-High Volume bei niedrigem Energieverbrauch
  - Einsatz von Niedrigtemperaturlöten
- Reflowlöt
  - Energieeffiziente Lötprozesse durch integrierte Heizstrukturen in Leiterplatten

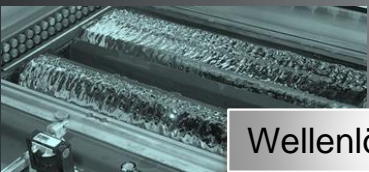


# SEHO – Daten & Fakten



- gegründet 1976
- eigentümergeführt  
= Flexibilität und Kreativität für unsere Kunden
- Hauptsitz und Fertigung in Deutschland
- Tochtergesellschaften und Offices:
  - SEHO North America, Inc.
  - SEHO Office Mexico
  - SEHO Office China
  - SEHO Korea
  - SEHO Asien Network
- mehr als 230 Mitarbeiter weltweit

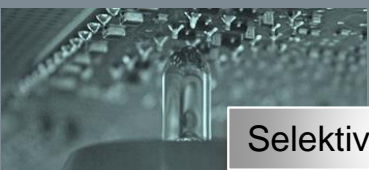
# Alles aus einer Hand



Wellenlötén



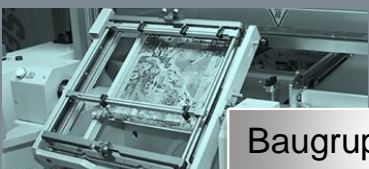
Reflowlötén



Selektivlötén



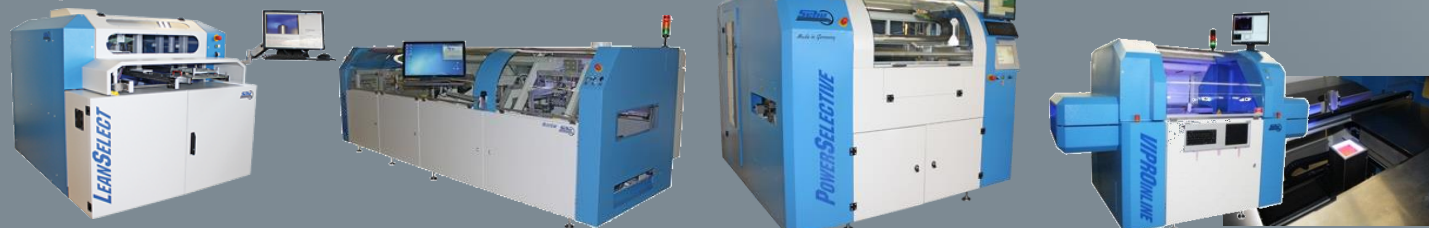
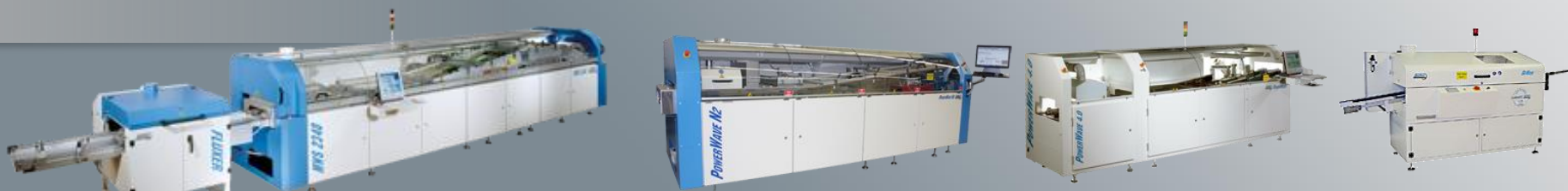
AOI



Baugruppenhandlung



Training



	Wellenlötén	Reflowlötén Tempern	Selektivlötén	AOI THT Lötstellen- inspektion	Baugruppen- handlung und Sonderlösungen
<b>niedrige Produktions- volumen</b>	GoWave	GoReflow 1.8 GoReflow 2.3	StartSelective		
<b>mittlere Produktions- volumen</b>	PowerWave 3.0 PowerWave 4.0 PowerWave N2	PowerReflow-2	LeanSelect SelectLine-C	PowerVision	Standard-anlagen und individuelle Lösungen, zugeschnitten auf Ihre Fertigungs- anforderungen
<b>hohe Produktions- volumen</b>	MaxiWave 2300 C MWS 2300	MaxiReflow 3.0 MaxiReflow 3.6 MaxiReflow 4.5	SelectLine PowerSelective MaxiSelective	PowerVision	

# Agenda

- Kurzvorstellung SEHO
- Wellenlöt
  - Selektives Fluxen und Plasmafluxen
  - Optimierung der Vorheizung: High Mix-High Volume bei niedrigem Energieverbrauch
  - Einsatz von Niedrigtemperaturlöten
- Reflowlöt
  - Energieeffiziente Lötprozesse durch integrierte Heizstrukturen in Leiterplatten



## Wellenlötprozess: **Selektiver Flussmittelauftrag**



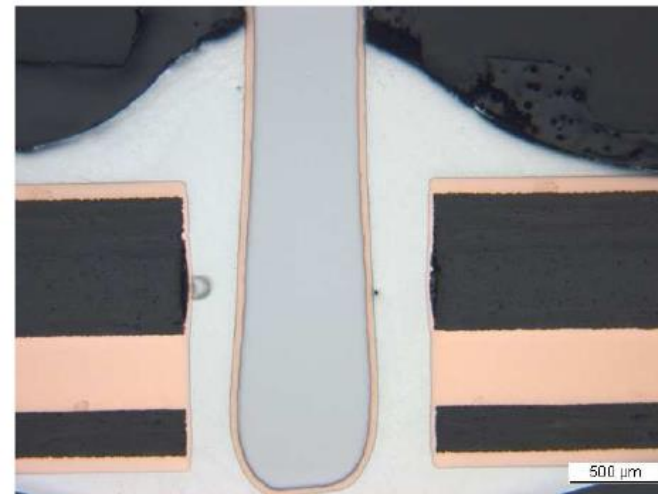
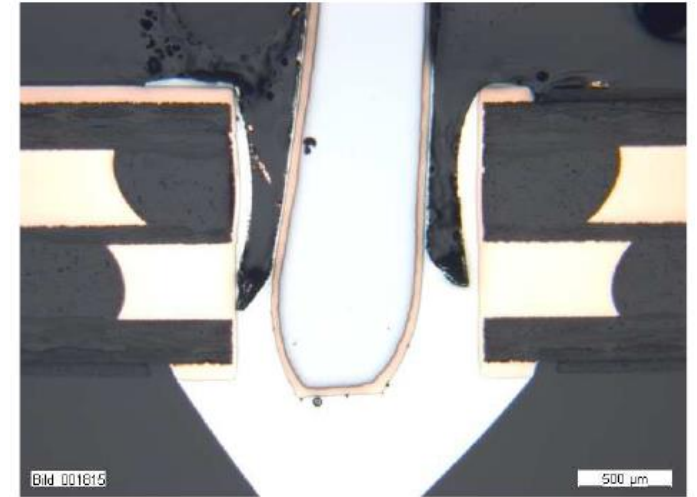
**SelectFlux:** Effiziente Lösung beim Wellenlöten von THT-Baugruppen mit Masken



- **individueller, produktabhängiger Flussmittelauftrag**
- deutlich reduzierter Flussmittelverbrauch (bis zu 80 %)
- keine Rückstände auf der Baugruppe, kein Kriechen unter der Maske
- niedrigere Masken-Reinigungszyklen
- Reduzierung der Taktzeit durch Optimierung des Prozessablaufs und Eliminierung von Wartezeiten

## Aktuelle Herausforderungen beim Flussmittelauftrag

- Einhaltung einer maximalen Verweildauer zwischen SMT und THT Prozessen
- Handhabung großer Mengen von Gefahrstoff
- Robuste Prozesse bei ungünstigen Layouts notwendig



## Herausforderungen im Wellenlötprozess

Nach dem Wellen- bzw. Selektivlötprozess verbleiben Flussmittelrückstände auf den Baugruppen (beim Selektivlötprozess zum Teil nicht thermisch aktiviert):

- Bildung eines geschlossenen Feuchtigkeitsfilms bei Betauung
- Absenkung des Oberflächenwiderstandes oder Bildung von Kurzschlussbrücken
- Haftungsprobleme beim Lackieren
- Kontaktierprobleme bei anschließenden Bond- bzw. Klebeprozessen

Vermeidung bzw.  
Reduzierung von  
Flussmittelrückständen



lösemittelfreies  
Lötverfahren durch  
Integration einer neuen  
Plasmatechnologie in  
den Wellenlötprozess



# Entwicklung des Verfahrens im Rahmen von Forschungsprojekten

## Erstentwicklung im Projekt „Plasma-Löten“



Gefördert durch  
das Land Bayern



## Weiterentwicklung im Projekt „VOCfrei“:

### Umweltfreundlicher, VOC-freier Weichlötprozess für die Elektronikfertigung

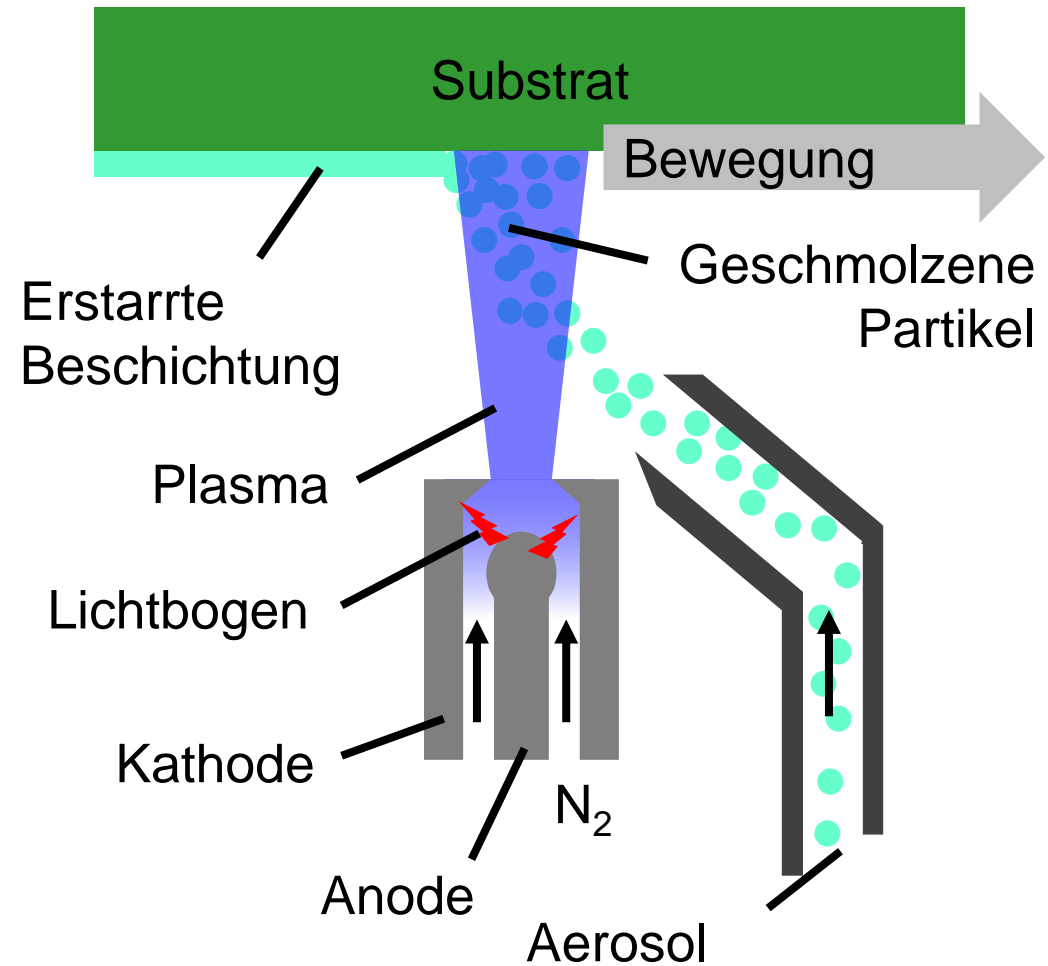


Gefördert von der  
„Deutsche  
Bundesstiftung  
Umwelt“



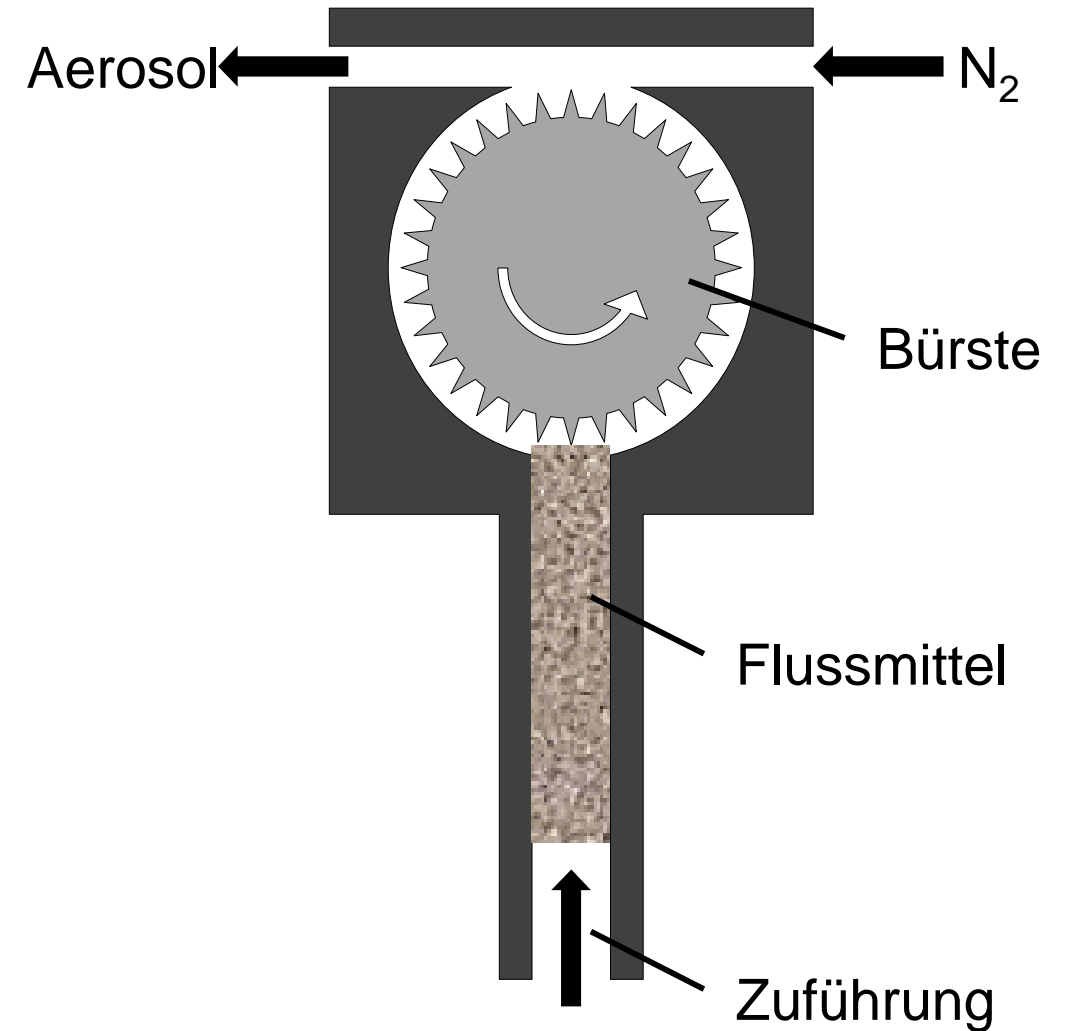
## Arbeitsablauf des Flussmittelauftrags

- Nutzung einer Plasmaflamme (auch nutzbar zur Reinigung und Aktivierung von Oberflächen)
- Injektion schmelzbarer Flussmittelpartikel in die Flamme
- Erstarren der Partikel auf dem Substrat



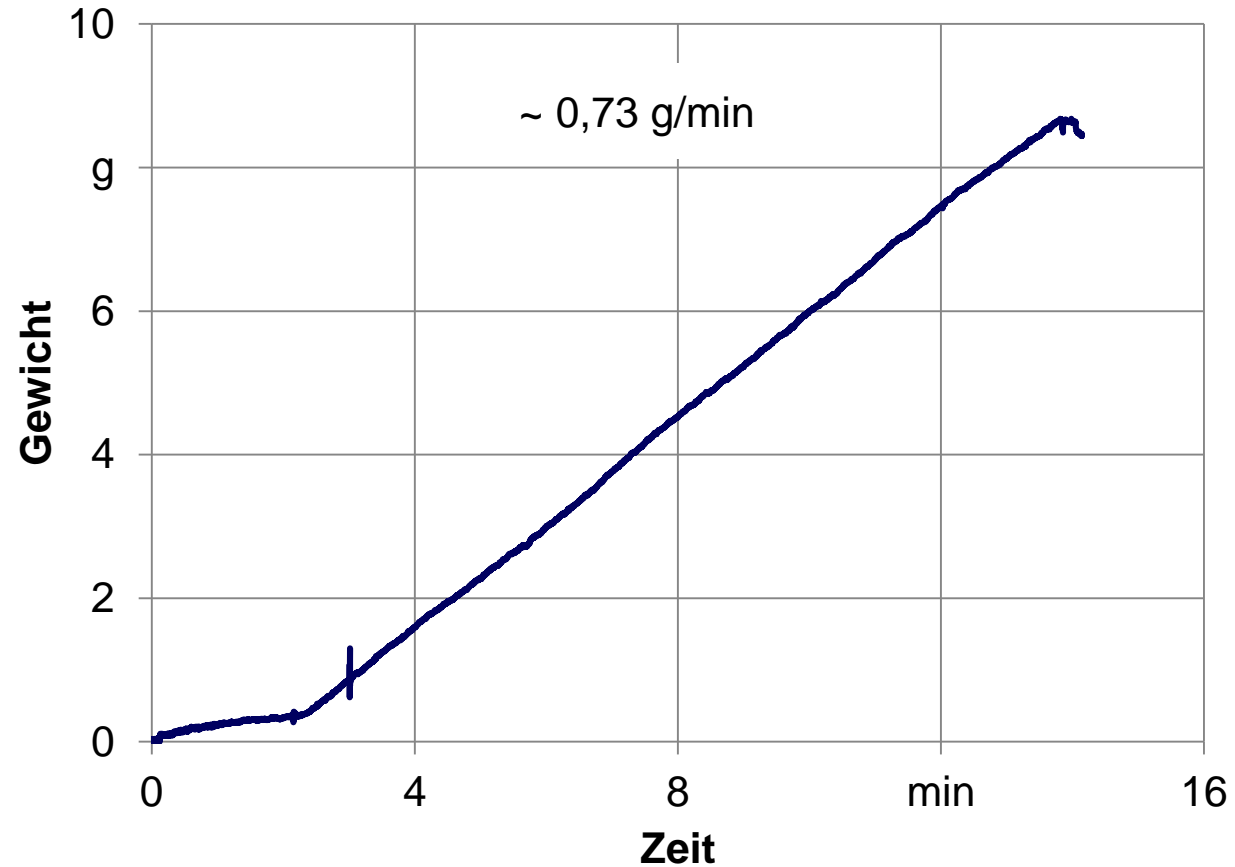
# Pulverförderung mittels Bürstendispergierer

- Pulver verklumpt leicht
  - Füllstand darf Fördermenge nicht beeinflussen
- ▼
- Nutzung eines Bürstendispergierers für stabile Förderraten



# Pulverförderung

## Pulverfördererkennlinie Adipinsäure Vorschubgeschwindigkeit 325 mm/h



- Linearer Zusammenhang zwischen Förderrate und Vorschubgeschwindigkeit
- Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit (100 mm/h) → Erhöhung der Förderrate (0,1 g/min)

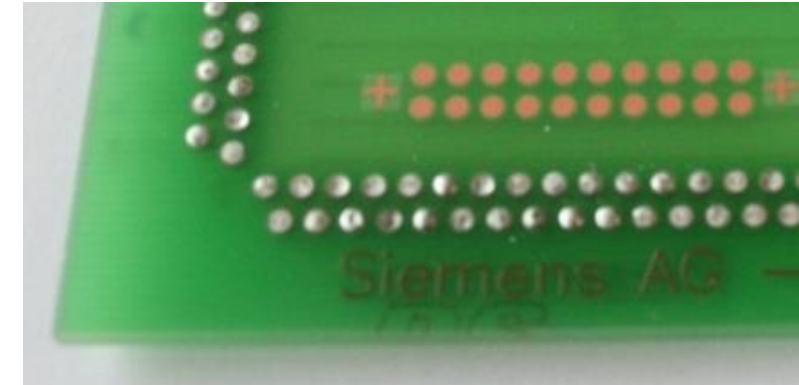
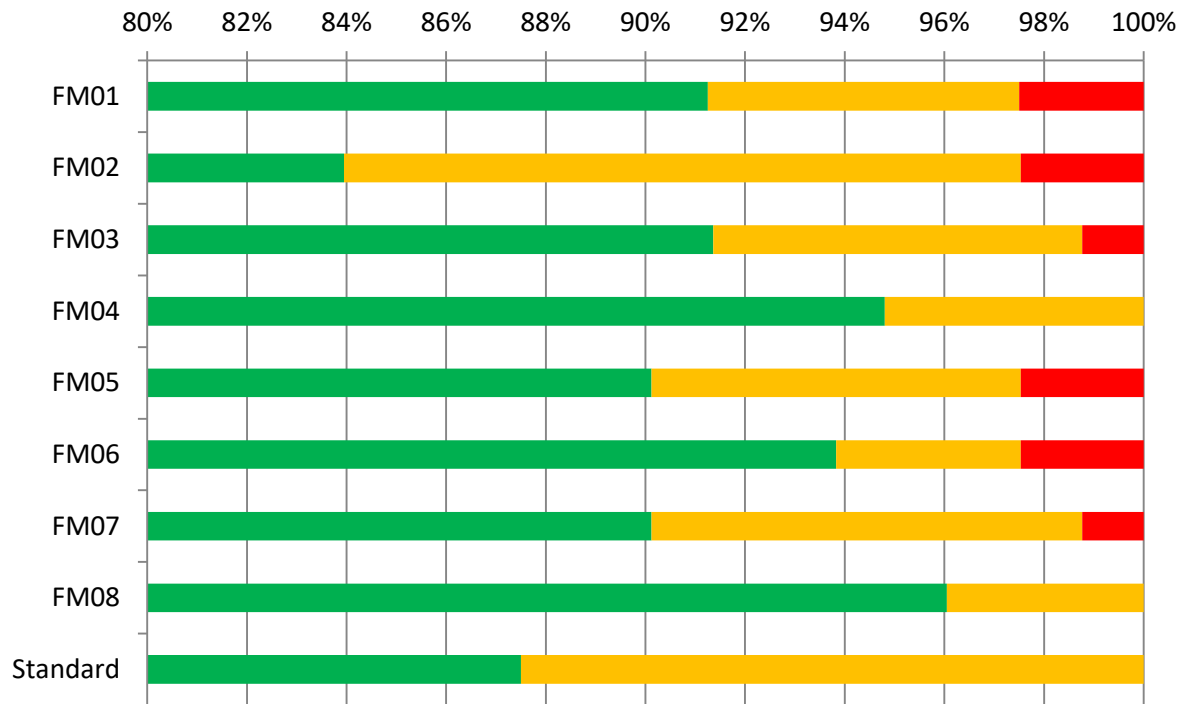
# Flussmittelvarianten

- Schwerpunktmäßig Adipinsäure
- Vergleich mit Flussmittel von Emil Otto
  - Organische Carbon- und Dicarbonsäuren
  - Mit und ohne Harzadditiv
  - Unterschiedliche Schmelzbereiche und Aktivität
- Halogen- und halogenidfrei
- WEEE- und RoHS-konform
- Keine Stoffe nach REACH/SVHC

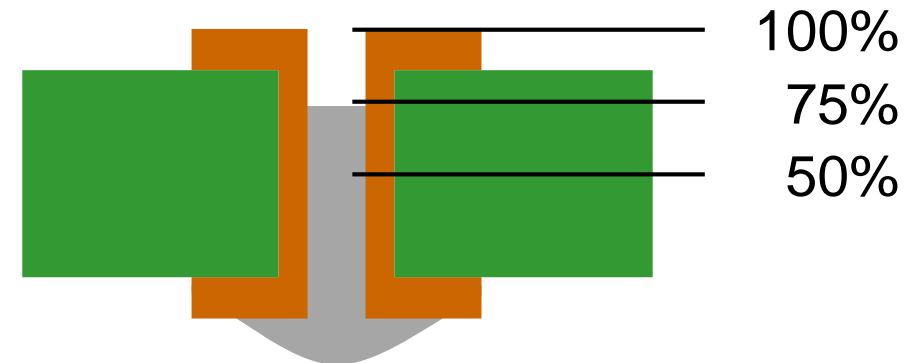


# Bewertung des Lotdurchstiegs

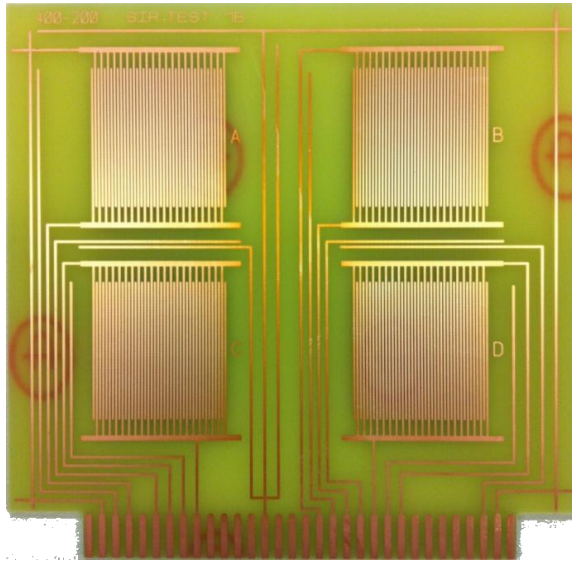
Anteil der Durchkontaktierungen mit 100 %, 75 % und < 50 % Lotdurchstieg



■ 100%  
■ 75%  
■ unter 50 %

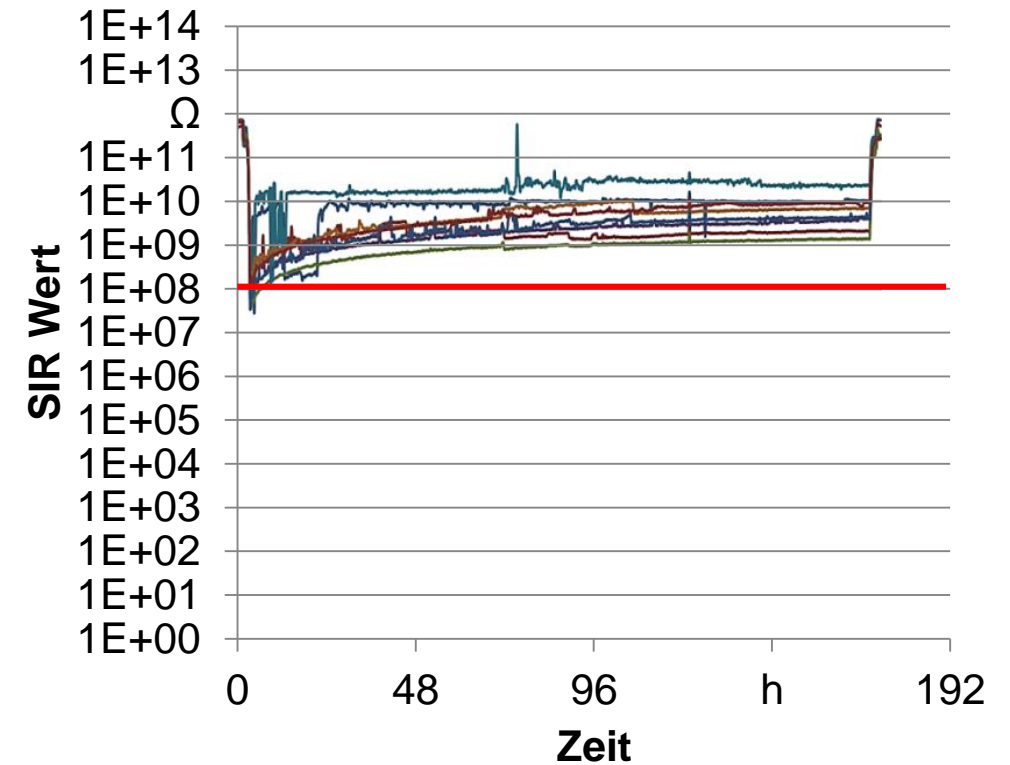


# Korrosivität der Rückstände – SIR-Test



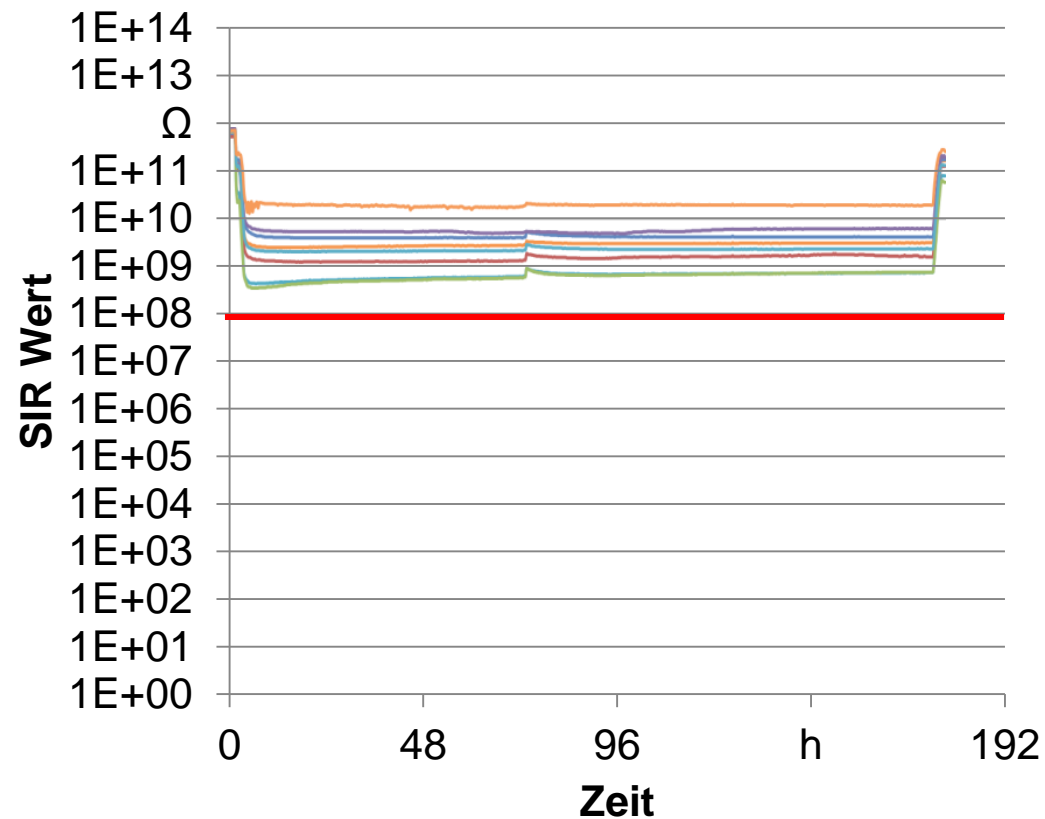
- 40°C / 93% rel. F., 168h
- 5V Bias, -5V Messung
- Oberflächenisolationswiderstand > 10<sup>8</sup> Ω, beginnend 24 h nach stabilem Testklima

Adipinsäure – max. Menge ohne Temperatur-Belastung



# Korrosivität der Rückstände – SIR-Test

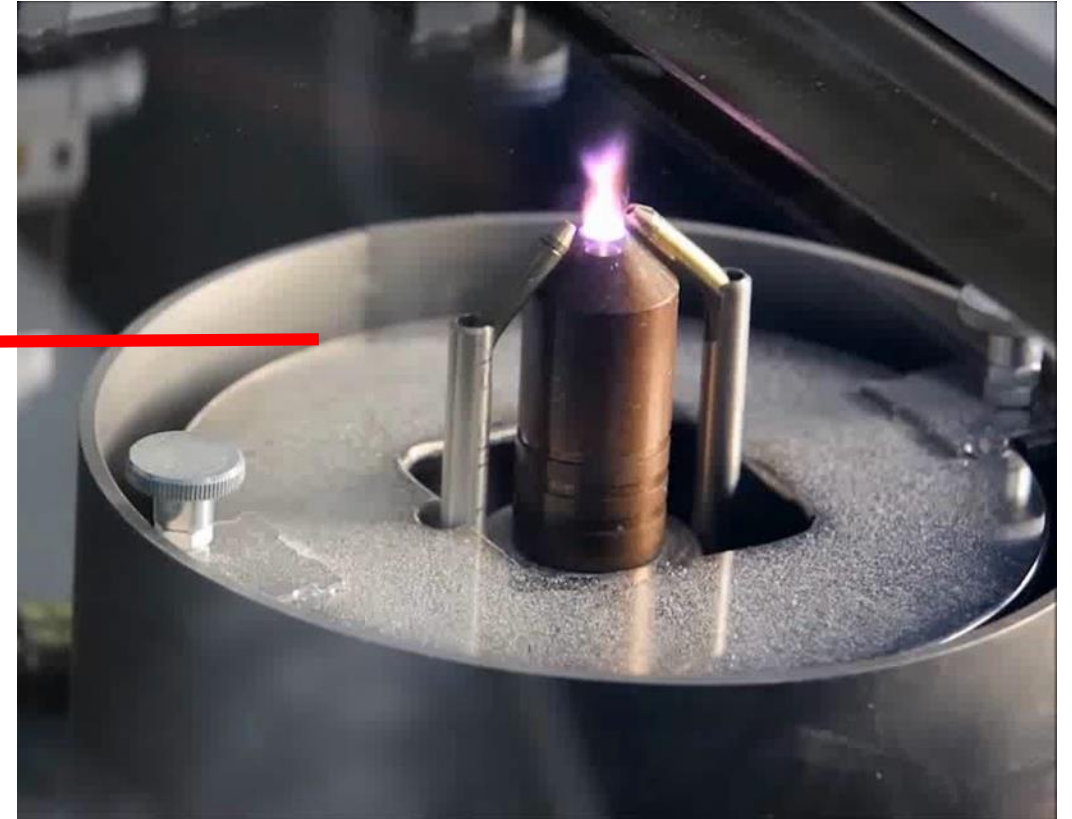
Flussmittel 50.25 – max. Menge  
150°C Temperatur-Belastung



- Ohne thermische Vorbehandlung:  
Forderung bei allen untersuchten  
Flussmitteln eingehalten
- Steigende Menge reduziert  
Oberflächenwiderstand.
- Mit thermischer Vorbehandlung:  
Teilweise Dendriten-Bildung und  
Ausfälle
- Einhaltung der Anforderung mit bestem  
Ergebnis bei Flussmittel 50.25 und  
Adipinsäure

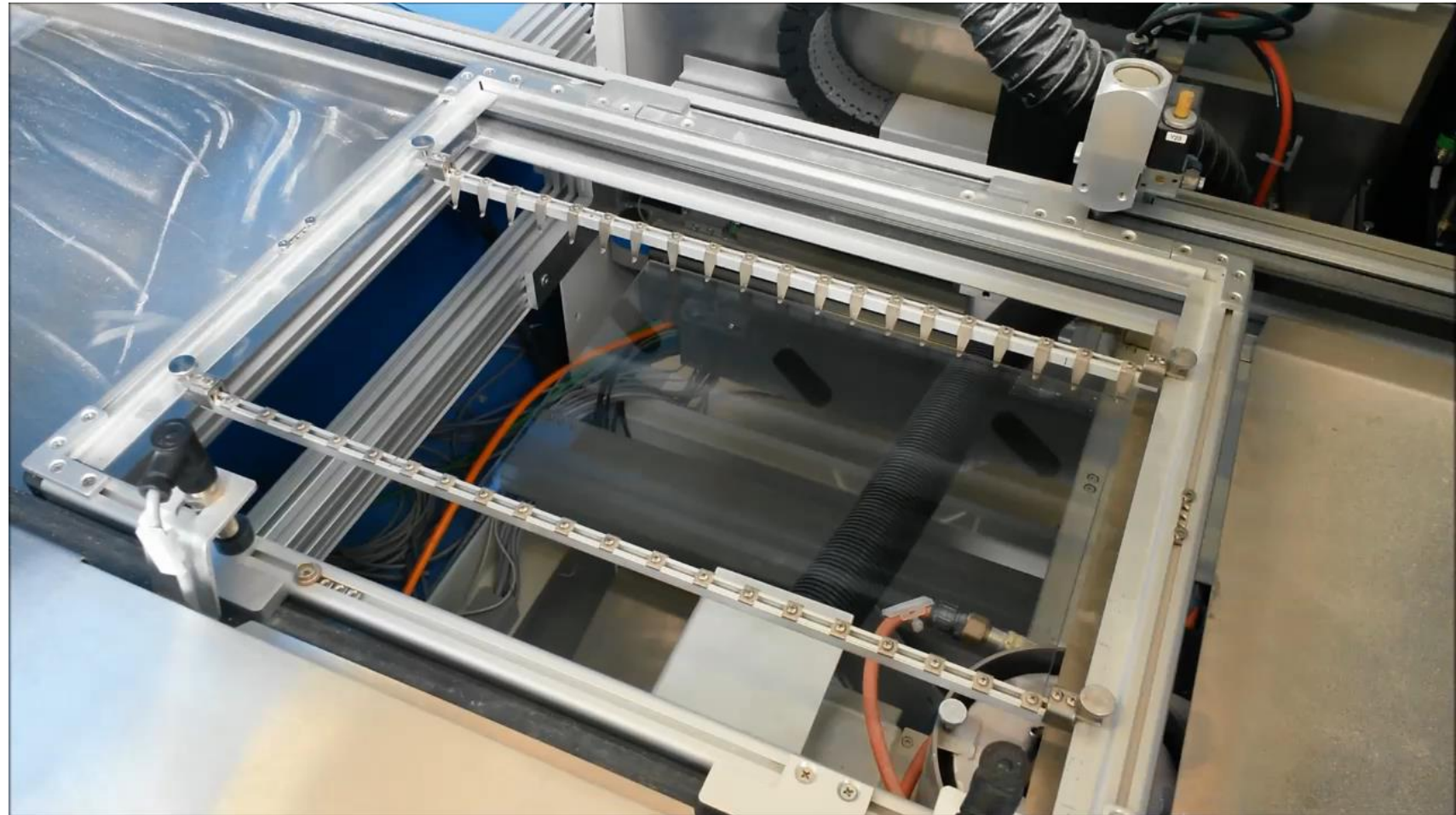


## Aufbau der Prozesszelle

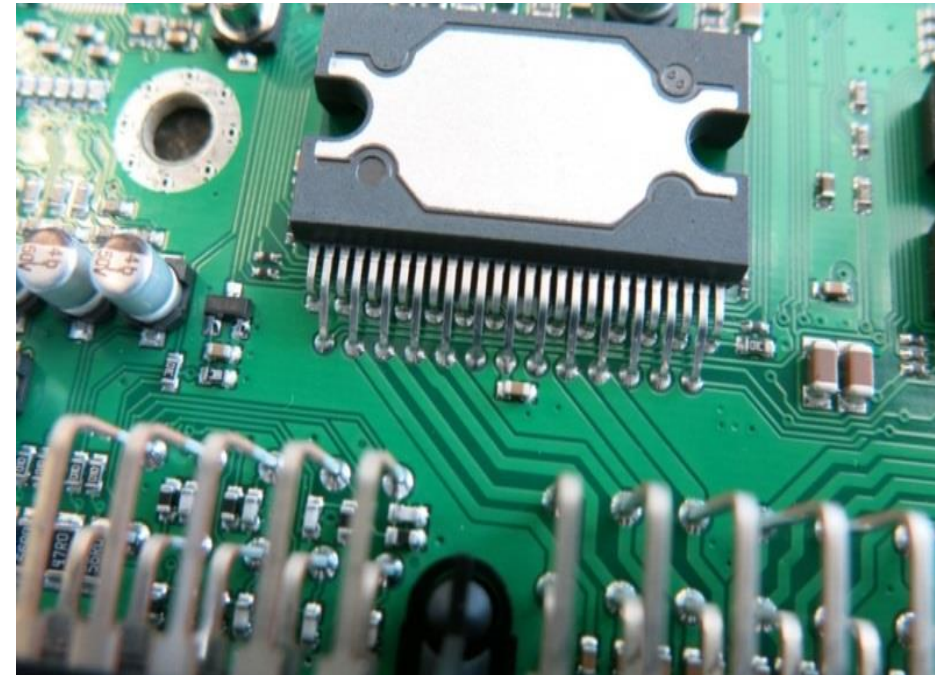
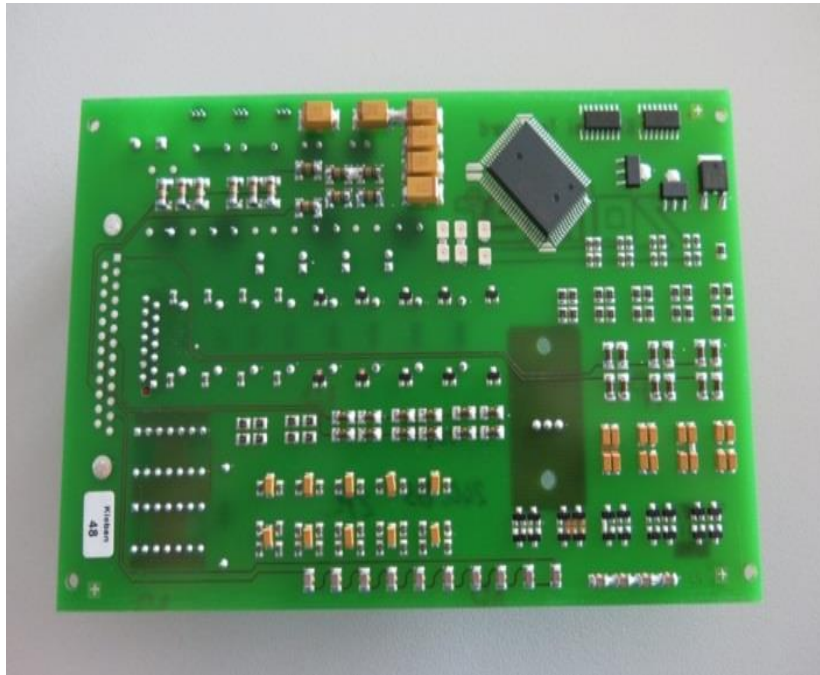


- Integration der Plasmadüse und des Dispergierers in ein SelectFlux-Modul

# Darstellung des Flussmittelauftrags



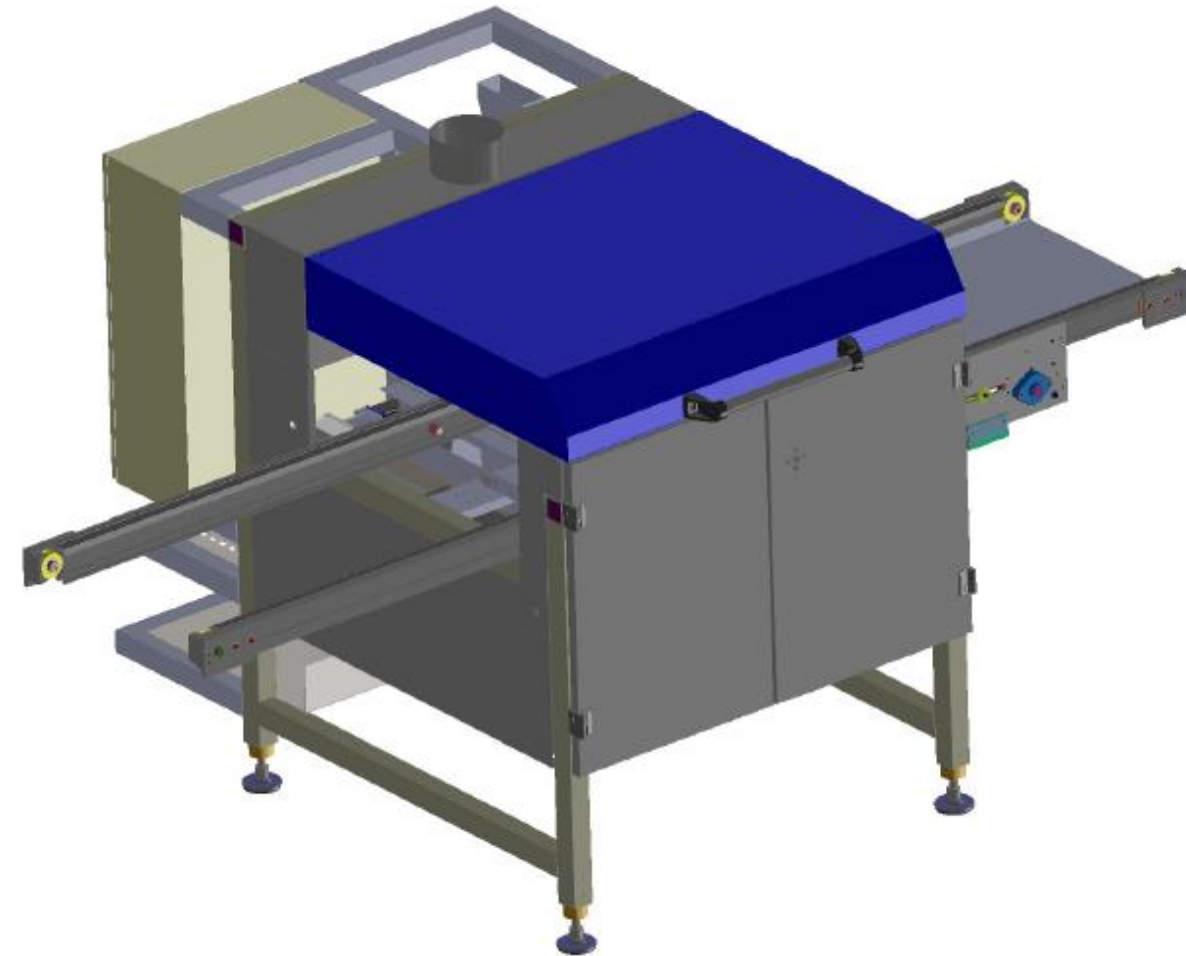
# Lötgergebnisse von Test- und Serienboards



- Optimale Ergebnisse bei Benetzung und Lotdurchstieg (SAC 305-Lot)
- Keine Unterschiede im Vergleich zum Standardprozess
- Plasmabehandlung führte zu keinen Bauelementausfällen

## Serienanlage - Auftrag des Flussmittels im Durchlaufverfahren

- Plasmadüse verfährt auf einer Achse
  - Hohe Geschwindigkeit ( $\sim 5$  m/s)
- Baugruppe verfährt senkrecht dazu
  - Niedrige Geschwindigkeit ( $\sim 1$  m / min)
- Vollflächiger (rechteckiger) Auftrag
- Auftragsmenge steuerbar durch Pulvervorschub (träge) und Verfahrensgeschwindigkeit
- Pulver ist während des Auftrags nicht abschaltbar (Umschaltung in Sammelfilter)



## Eigenschaften und Vorteile für den Wellenlötprozess

- Langzeitstabiler Ersatz des flüssigen Flussmittelauftrags
- VOC freier Prozess, keine Lösungsmittel gelangen in die Atmosphäre
- Sehr eingeschränktes Kriechen unter Lotmasken
- Saubere Leiterplattenoberflächen nach dem Lötvorgang
- Einfache Reinigung, da nur eine chemische Komponente
- Wenig Rückstände in der Anlagentechnik (Auftrag und Vorheizung)
- Einfache Handhabung
  - Keine Gefahrstoffe
  - Einfache Lagerung
  - Einfacher Transport
- Kostenvorteile (Einsparung des Lösungsmittels)

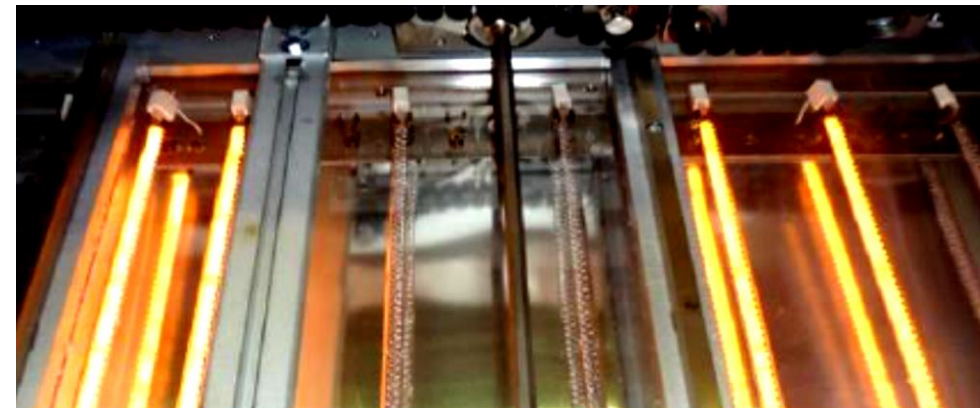
# Agenda

- Kurzvorstellung SEHO
- Wellenlöt
  - Selektives Fluxen und Plasmafluxen
  - Optimierung der Vorheizung: High Mix-High Volume bei niedrigem Energieverbrauch
  - Einsatz von Niedrigtemperaturlöten
- Reflowlöt
  - Energieeffiziente Lötprozesse durch integrierte Heizstrukturen in Leiterplatten



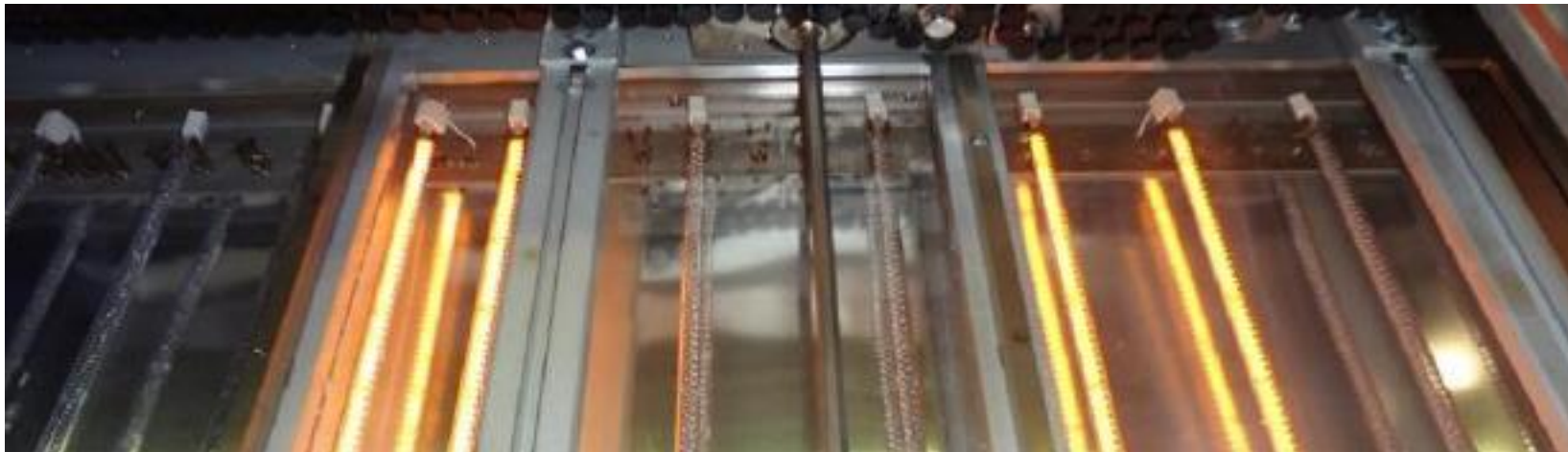
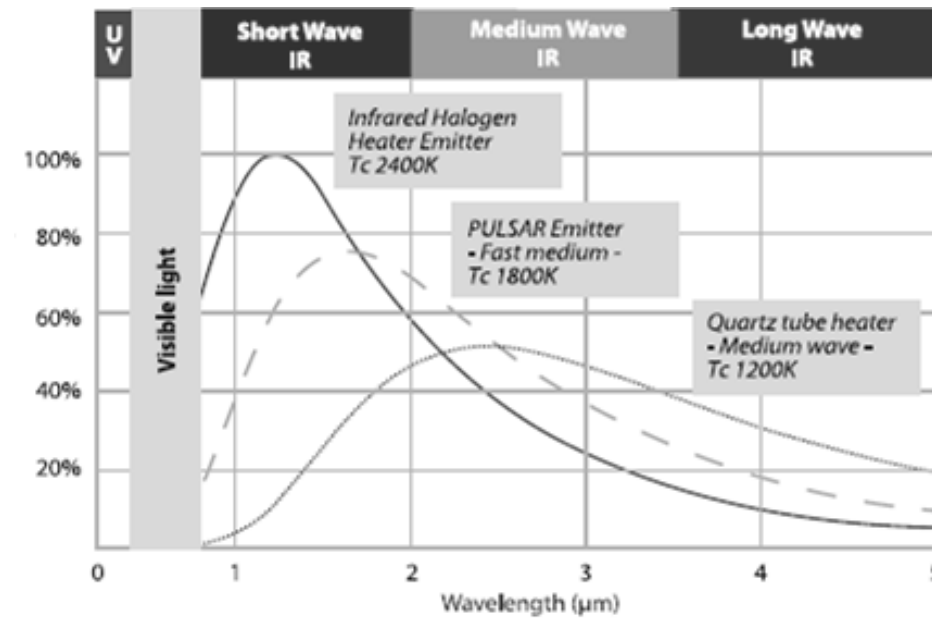
# Maßgebliche Faktoren der Effizienz beim Wellenlöten

- Reduktion von Abfall
- Reduktion von Material (Stickstoff) und Energieverbrauch
- Erhöhung der Flexibilität
- Erhöhung des Durchsatzes



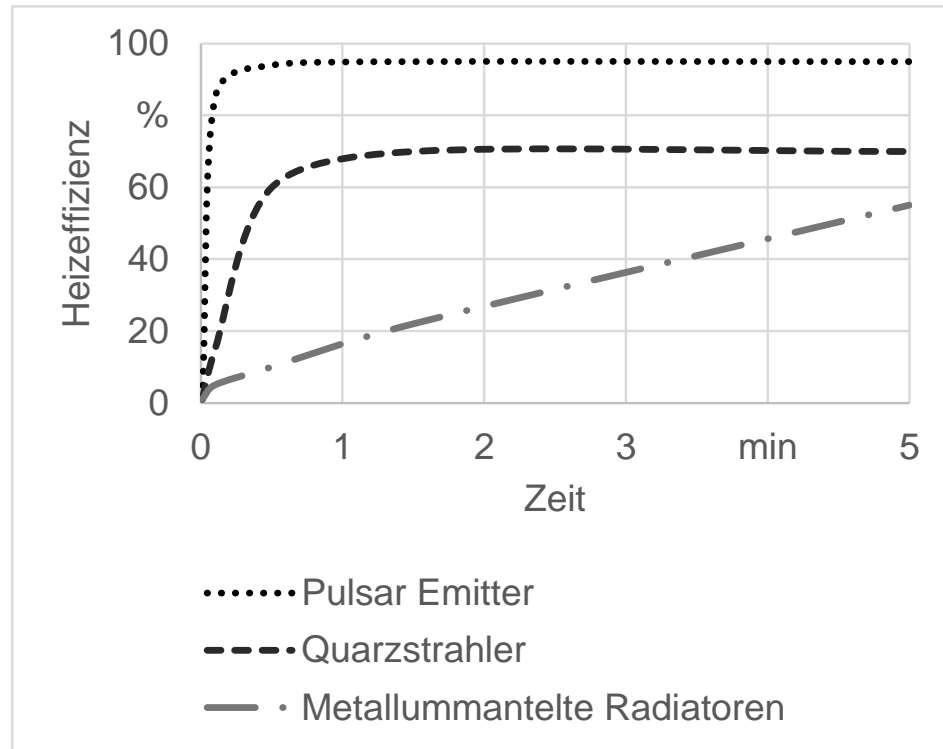
## Der Vorheizbereich beim Wellenlöten

- Erwärmung der Baugruppe durch Konvektion oder Strahlung
- Unterschiedliche Strahlertypen
  - Wellenlänge (Kurz / Mittel / Lang)
  - Reaktionszeit





# Eigenschaften von Strahlungsheizungen



## ■ Metallummantelte Radiatoren:

- Sehr gute Einkopplung
- Hoher Verbrauch:  
Aktiv 11,5 kW  
Standby 10 kW

## ■ Quarzstrahler:

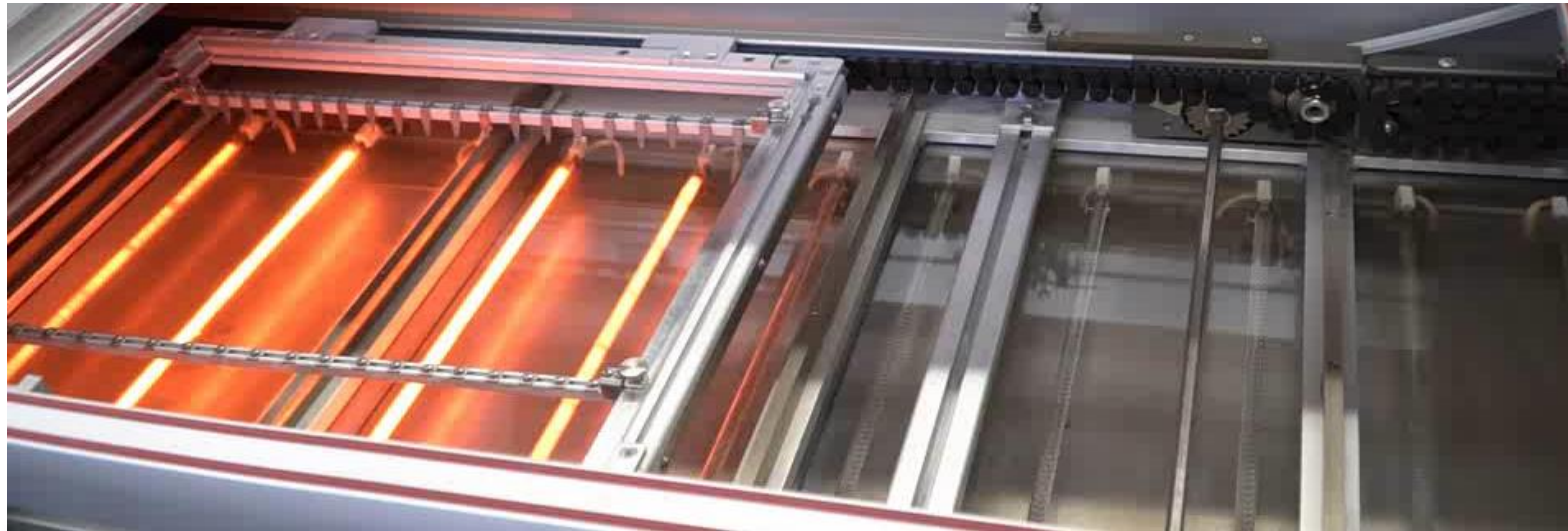
- Schnelle Reaktion
- Schlechtere Einkopplung

## ■ Pulsar Emitter:

- Schnelle Reaktion
- Gute Einkopplung

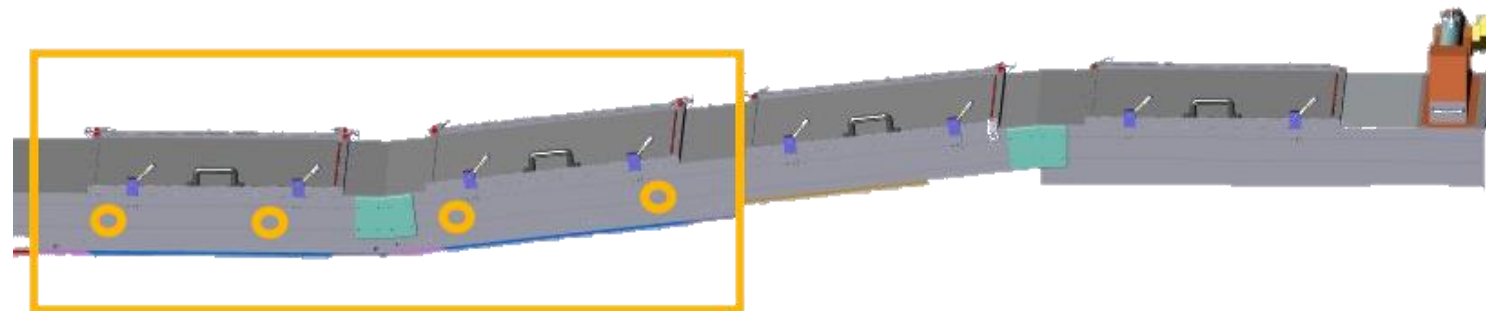
## Produkt- und Durchsatzabhängigkeit

- Minimierung des Energieverbrauchs
- Quasi Verzögerungsfreies Umschalten zwischen Produkten
  - Standby: 3,5 kW
  - Aktiv: 11 kW (vglbar. herkömmlichen Strahlern)



## Regelung der Strahlungsleistung in Abhängigkeit des Anlagenzustands

- Gefahr der Überhitzung leichter Produkte
    - ➔ Aufwärmung des Tunnels durch Produkte mit hohem Leistungsbedarf
  - Zusätzliche Temperatursensorik im Tunnelbereich
    - Regulierung der Heizleistungen
- ➔ Konstantes Vorheizprofil über breites Produktspektrum möglich



# Agenda

- Kurzvorstellung SEHO
- Wellenlöt
  - Selektives Fluxen und Plasmafluxen
  - Optimierung der Vorheizung: High Mix-High Volume bei niedrigem Energieverbrauch
  - Einsatz von Niedrigtemperaturlöten
- Reflowlöt
  - Energieeffiziente Lötprozesse durch integrierte Heizstrukturen in Leiterplatten



## Energie- und Kostensparpotenzial im Lötbereich

- Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung
  - Stärkere Isolierung oder Temperatursenkung
  - Vermeidung hoher Edelmetallanteile
- BiSnAg (0,4 % oder 1 % Silberanteil)
  - Schmelztemperatur 138-141 °C
  - Bleifrei
- Reduktion der Schädigung von Komponenten
  - Empfindliche Komponenten wie Kondensatoren, Displays, etc.
  - Leiterplatte selbst

## Fragestellungen zu BiSnAg-Lot

- Zuverlässigkeitsbedenken
    - Einsatzbereich 80°C – 100°C nachgewiesen
    - Beim Wellenlöten oft unkritisch – Stecker abseits der Baugruppen-HotSpots
    - Gefahr der Bildung einer sehr niedrig schmelzenden Phase in Verbindung mit Blei im Allgemeinen nicht mehr relevant
  
  - Auswirkung auf die Anlagentechnik
    - Ausdehnung von 0,77% beim Übergang von Flüssig- zu Festphase
    - Gefahr der Tiegelbeschädigung
- Tiegeltemperatur auch im Ruhezustand über Liquidustemperatur zu halten

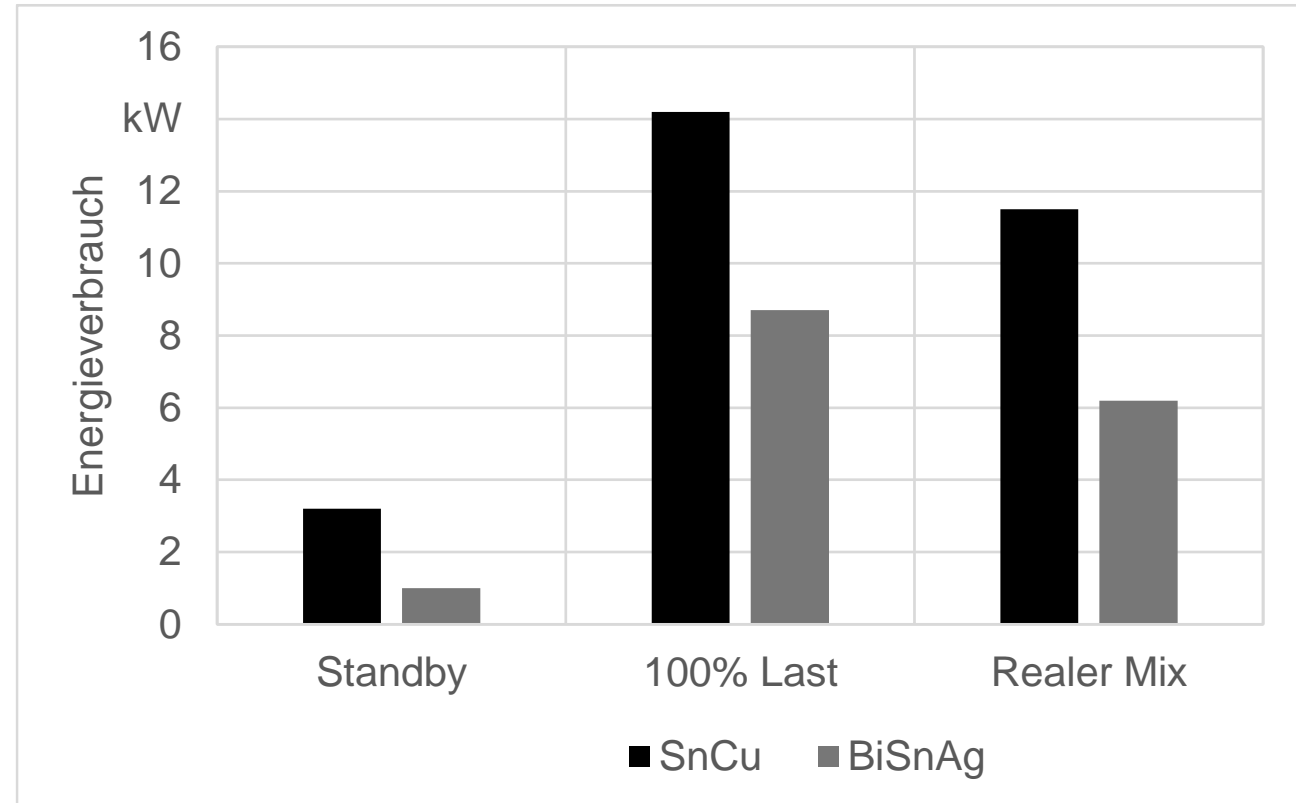


## Anlageneinstellungen zur Verarbeitung von BiSnAg-Lot

- Tiegeltemperatur 180 °C – 190 °C (50 K über Schmelzpunkt analog zu anderen Loten)
- Einstellungen der Vorheizung beibehalten
- Flussmitteltyp und Menge beibehalten
  
- Weitergehende Optimierungspotenziale
  - Steigerung der Transportgeschwindigkeit (höherer Durchsatz, ggf. niedrigere Vorheiztemperatur)
  - Verkürzung der Kühlbereiche / Steigerung der Bandgeschwindigkeiten

## Einfluss auf den Energieverbrauch der Wellenlötanlage MWS2340

- Vergleich zu herkömmlichem bleifreien Lot (Tiegeltemperatur ~265°C)
- Standby-Zustand: Lot wird noch über Schmelzpunkt gehalten
- Aktive Anlagen: Unterschied ca. 5 kW

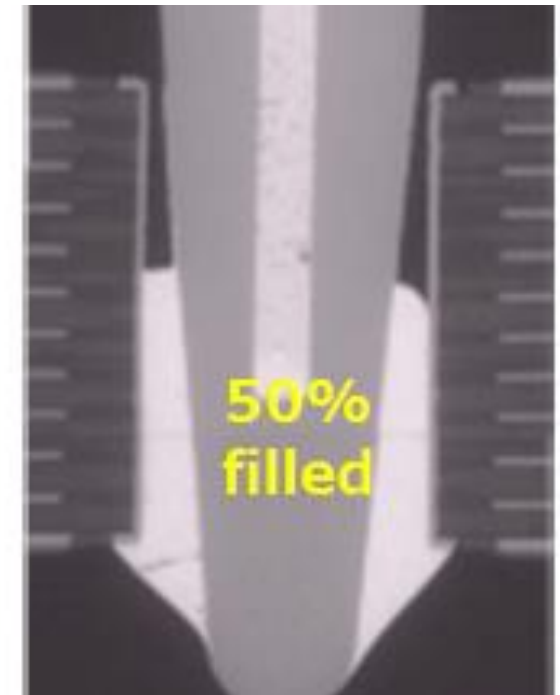
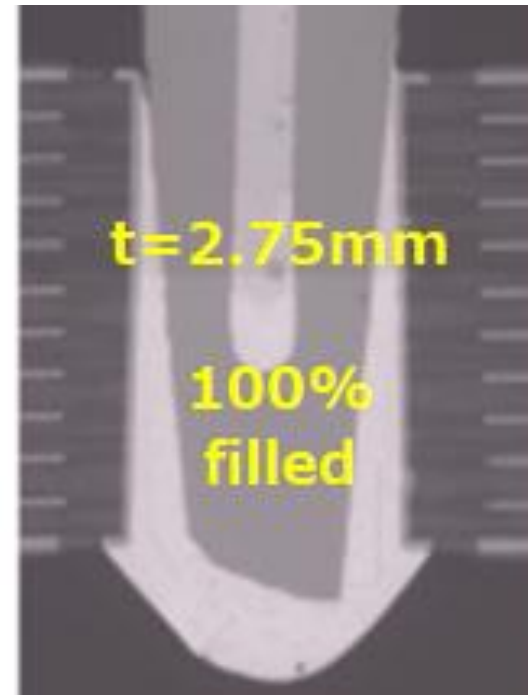


Quelle: Fujitsu



## Thermisches Verhalten und Lötresultate

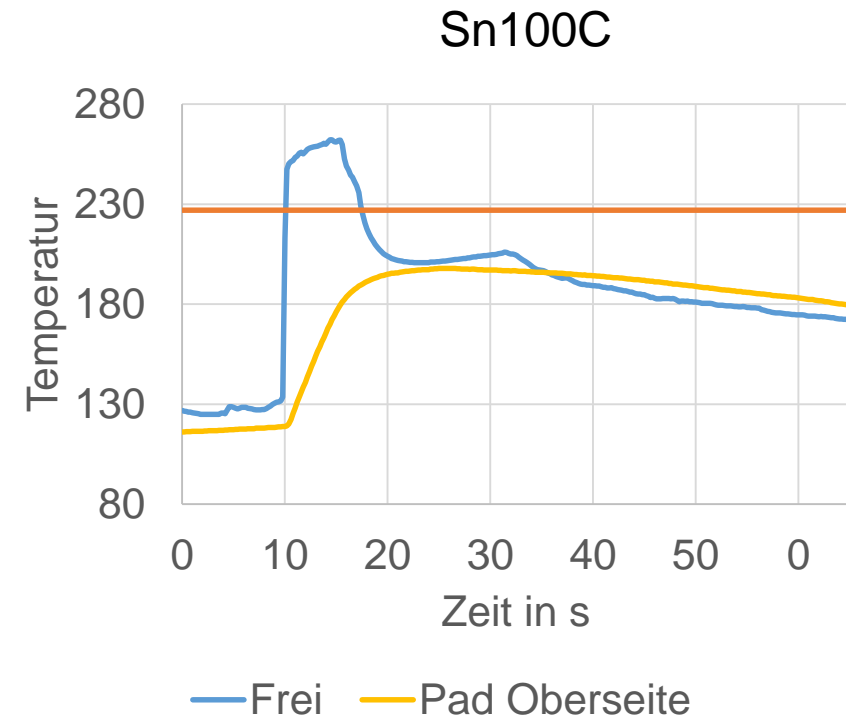
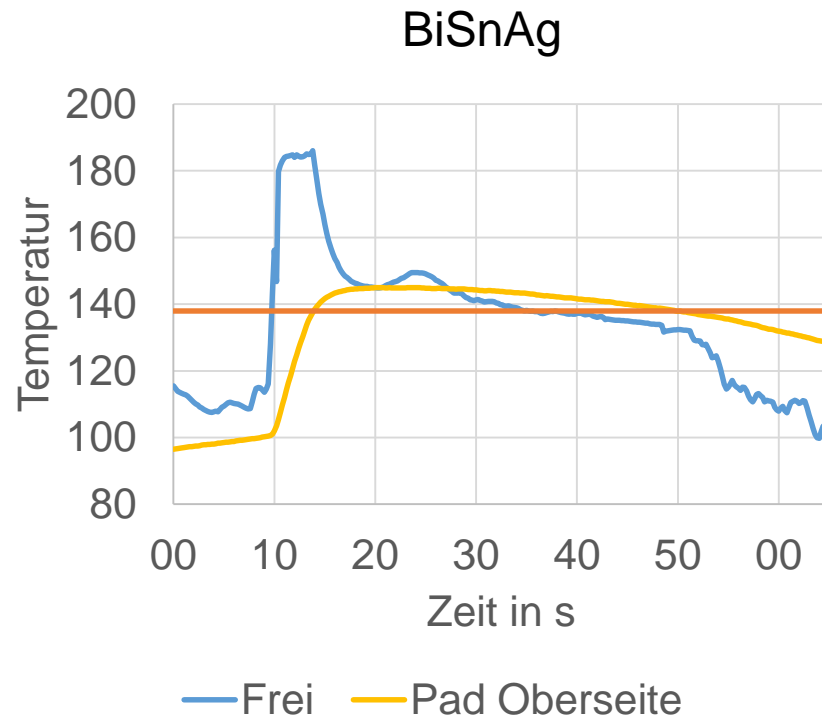
- Bei gleicher Vorheiztemperatur (120°C):
  - Temperaturdelta zu Liquidustemperatur bei BiSnAg-Lot: 20 K
  - Vergleich mit SnCu: 100 K
  - Sehr guter Durchstieg und lange Benetzungszeiten
- Kaum Ablegierung, einfache Nacharbeit möglich
- Krätzebildung stark reduziert



Quelle: Fujitsu

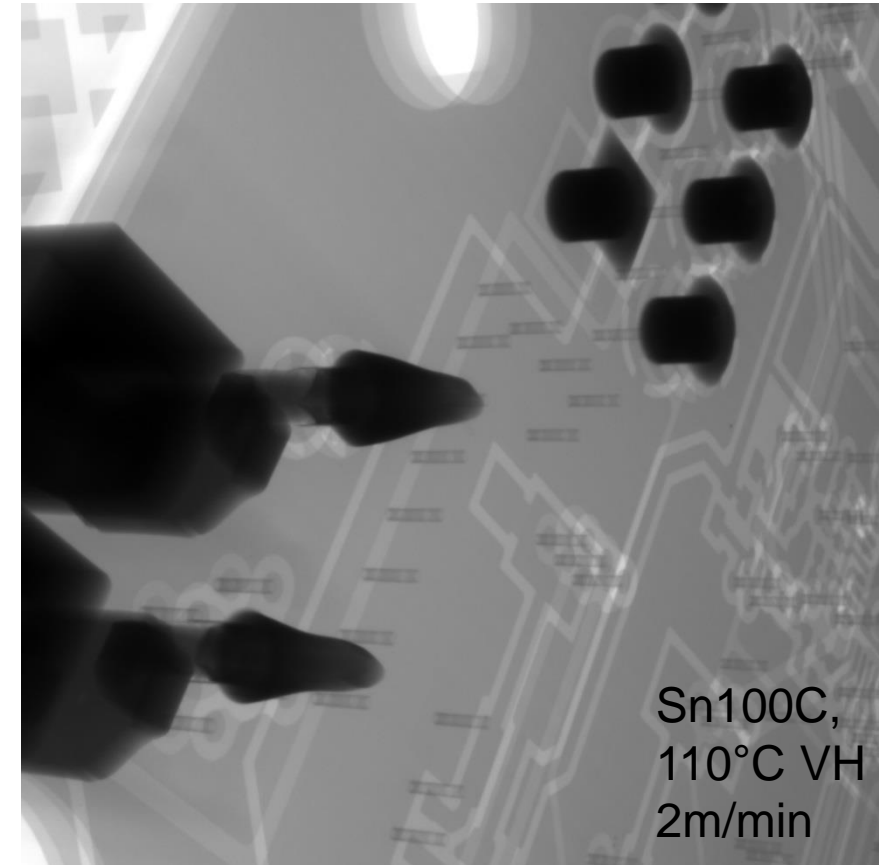
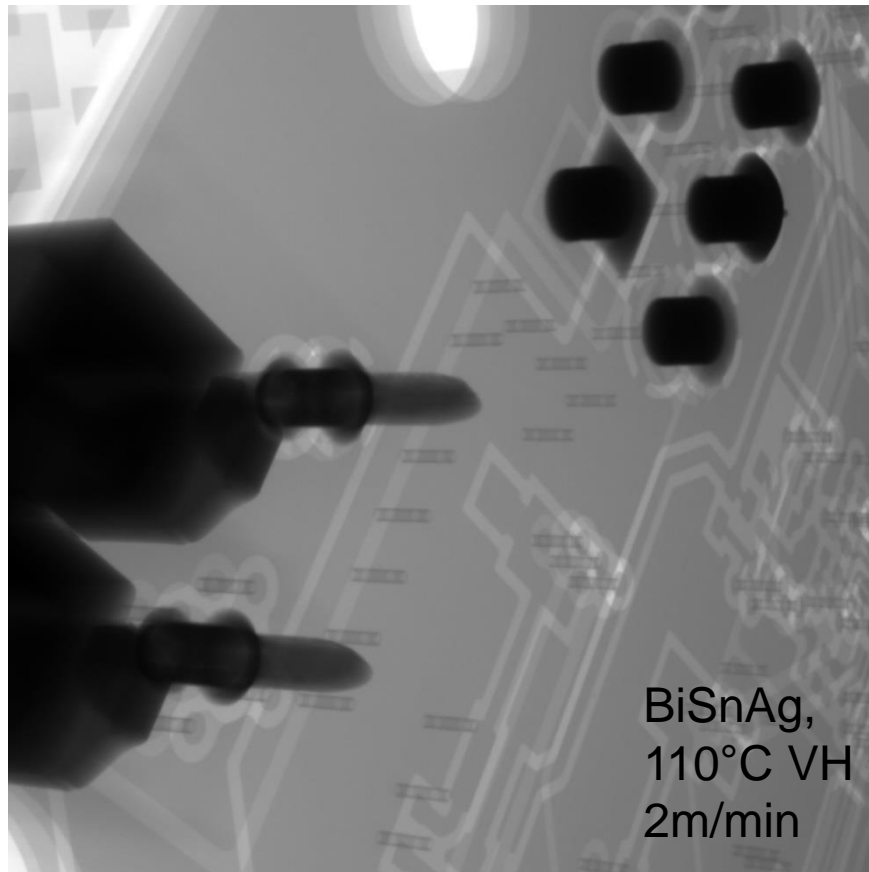
## Vergleich der Benetzungszeiten

- Zeit über Liquidus auf der Oberseite sehr lang, bei SnCu keine Benetzung auf der Oberseite möglich



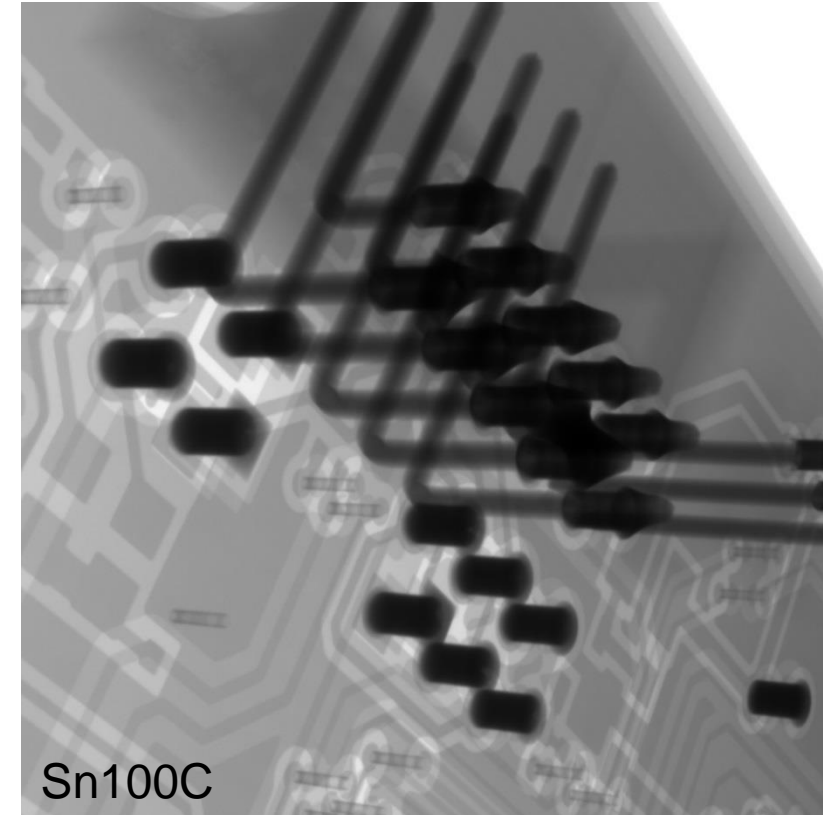
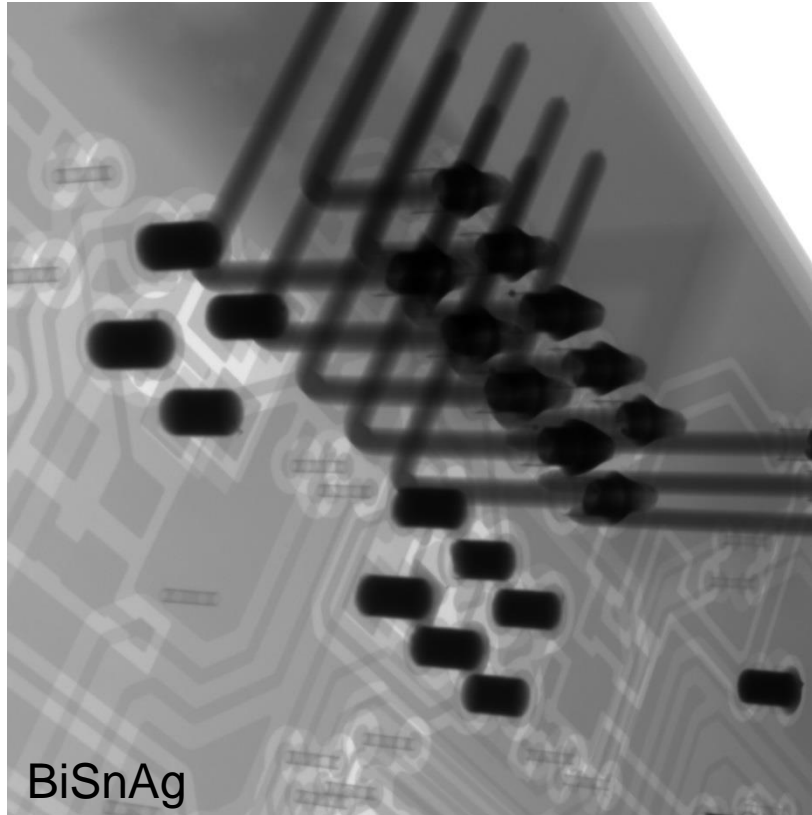
## Vergleich von BiSnAg mit Sn100C bzgl. Durchstieg

- Aufgrund des geringeren Schmelzpunkts und längerer Flüssigphase vollständiger Durchstieg



## Möglicher Einfluss des Flussmittels

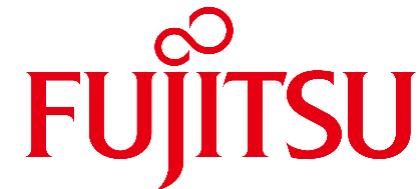
- Versuche mit niedriger Vorheiztemperatur (80°C) und anderem Flussmittel



- Trotz längerer Flüssigphase bei BiSnAg geringerer Durchstieg

## Zusammenfassung

- BiSnAg ist bei THT-Lötprozessen eine interessante Alternative zu etablierten Loten für einen effizienten Prozess
- Rahmenbedingungen müssen ermittelt werden – idealerweise an bestehenden Produkten
- Lötversuche führen durch großes Prozessfenster bereits bei geringer Stückzahl zu greifbaren Ergebnissen
- Versuche durchgeführt in Kooperation mit:



STANNOL

YXLON



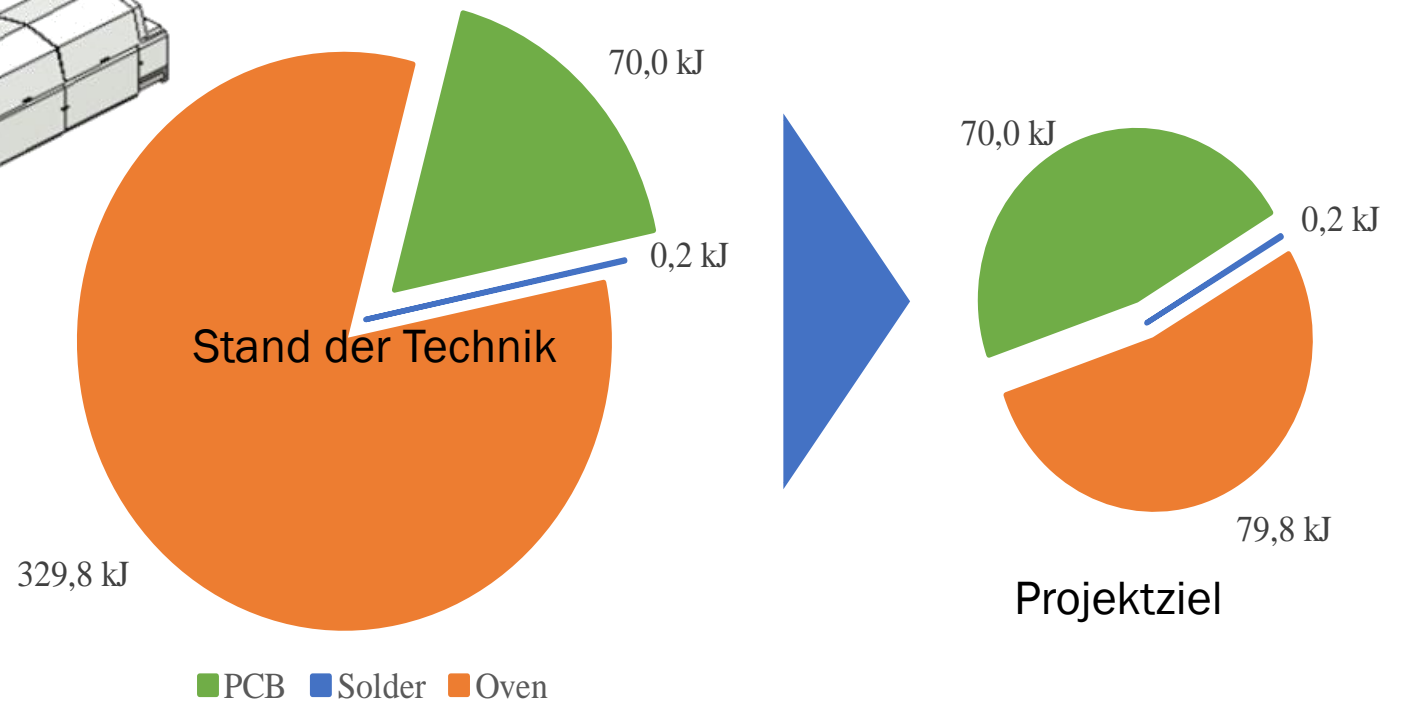
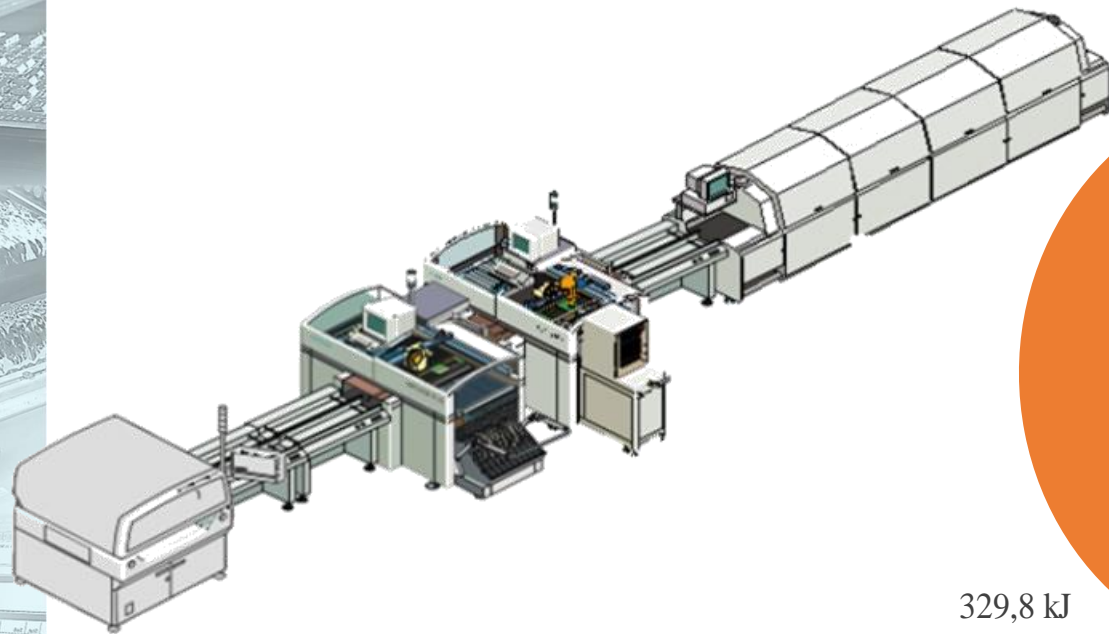
# Agenda

- Kurzvorstellung SEHO
- Wellenlöt
  - Selektives Fluxen und Plasmafluxen
  - Optimierung der Vorheizung: High Mix-High Volume bei niedrigem Energieverbrauch
  - Einsatz von Niedrigtemperaturlöten
- Reflowlöt
  - Energieeffiziente Lötprozesse durch integrierte Heizstrukturen in Leiterplatten



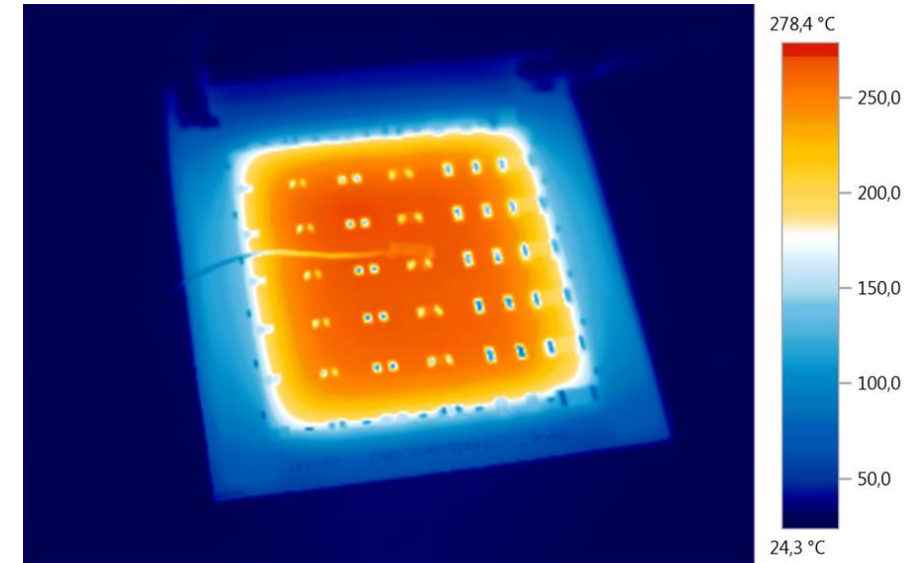
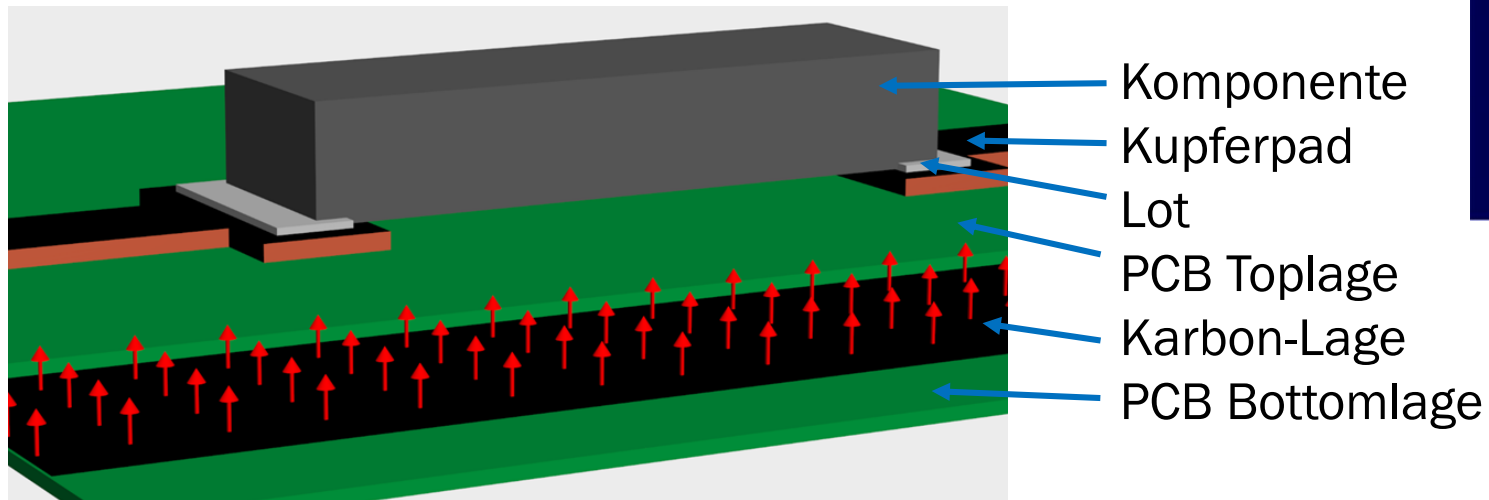
# Motivation – Die selbstheizende Leiterplatte

- Der Reflowofen benötigt in einer SMT Fertigung einen Großteil der Energie



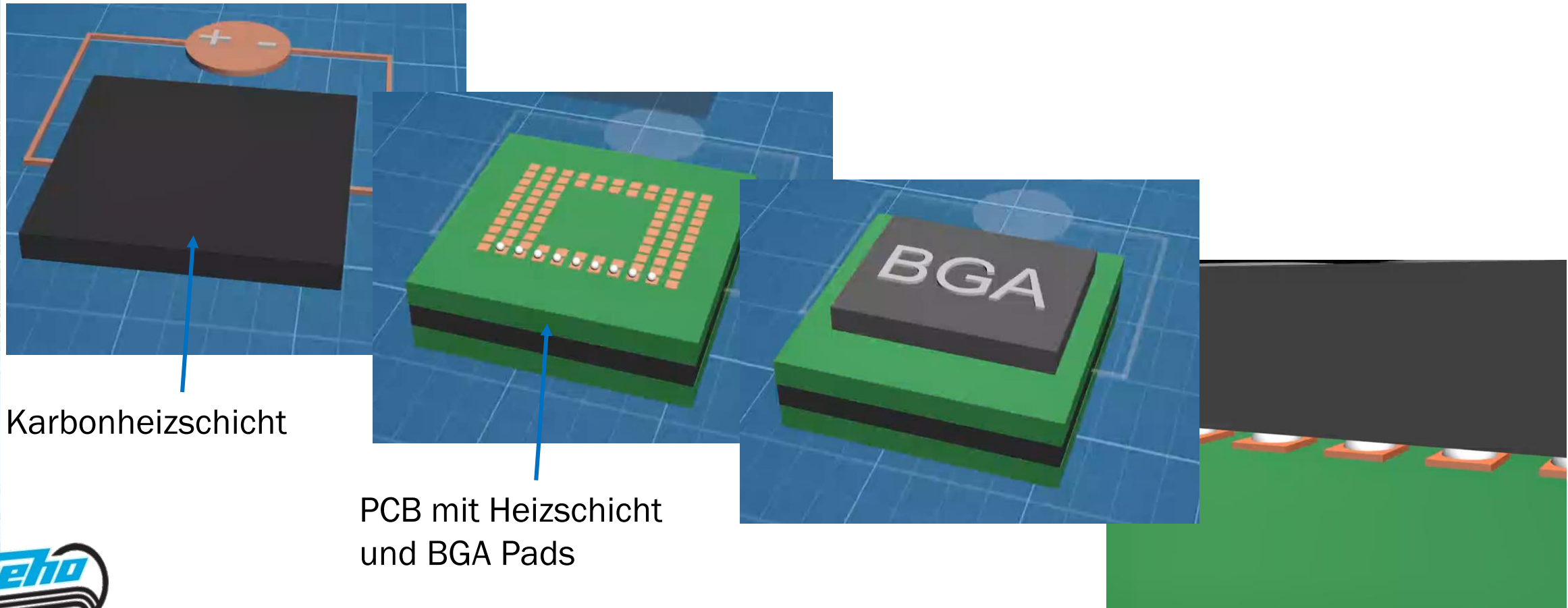
# Funktionsprinzip mit eingebetteter Heizschicht

- Eine Karbonschicht fungiert als Heizschicht





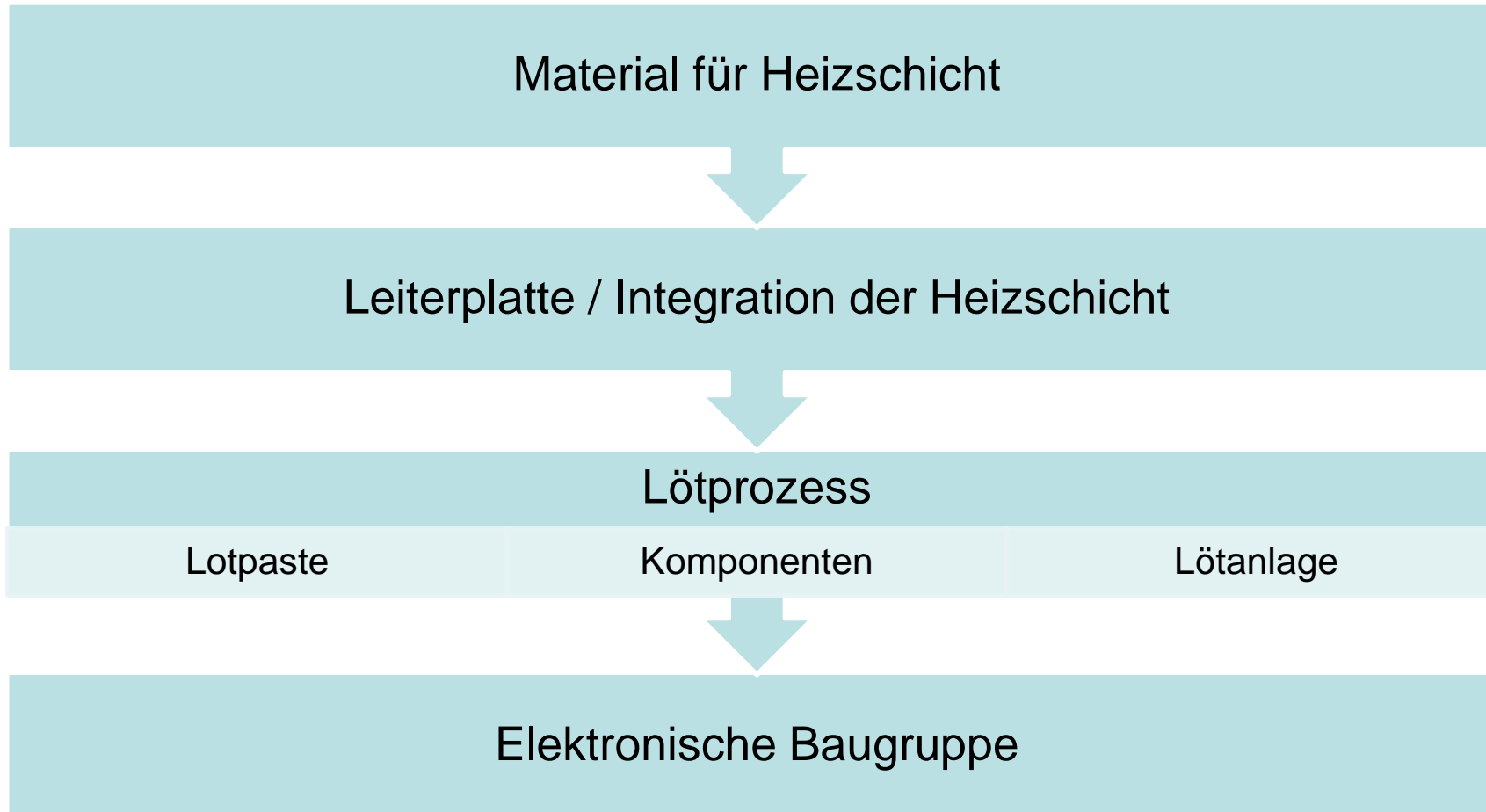
# Löten mit der integrierten Heizschicht



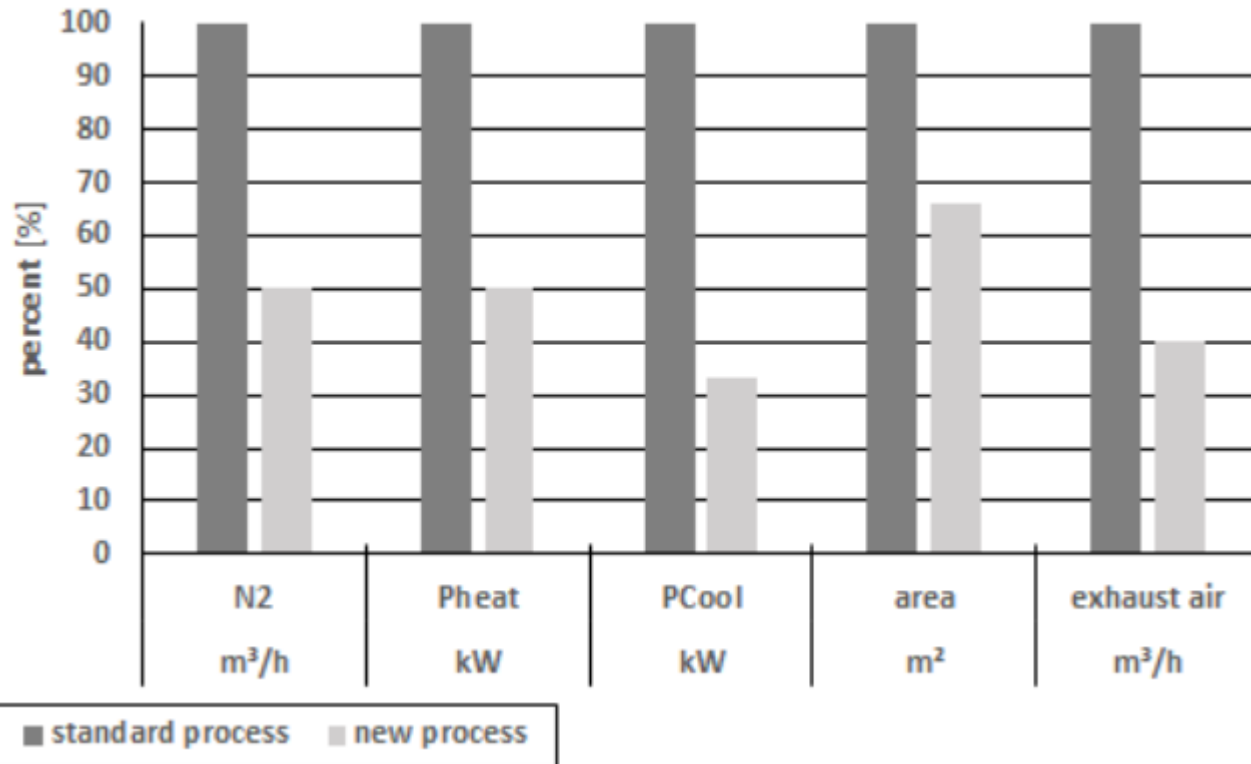
Karbonheizschicht

PCB mit Heizschicht  
und BGA Pads

# Übersicht über die Projektinhalte



# Zielparameter für den Ressourcenverbrauch

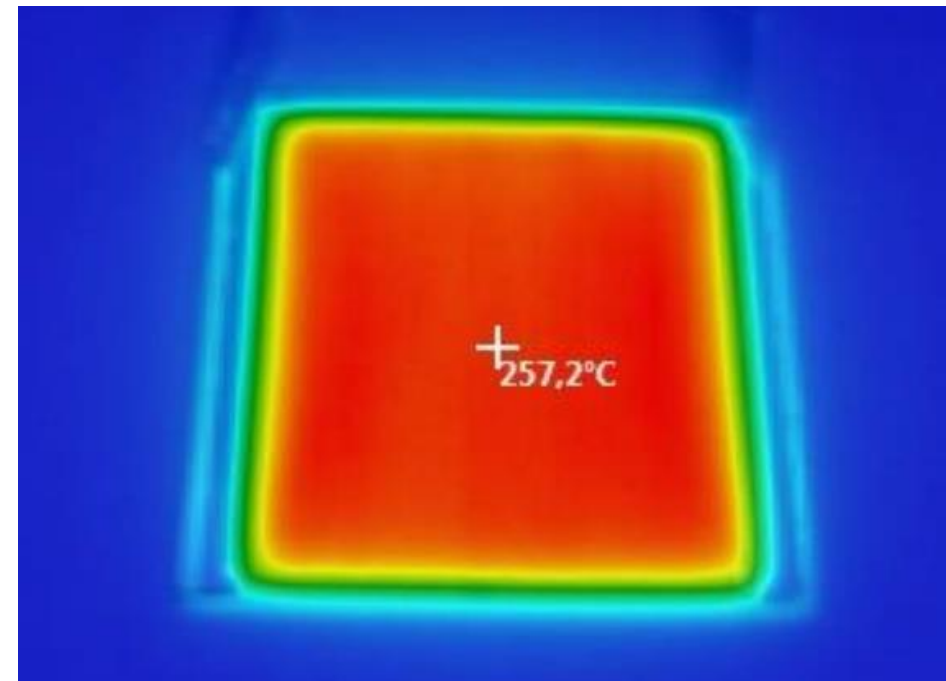


Parameter	Ziel
Max. Temperatur	250 °C für 45 s
Leistungsdichte	> 1 W /cm²
Segmentierbarkeit	Ja
Dicke	max. 50 µm
Druckbarkeit	Ja
Atmosphäre	O2 und N2
Umgebungstemp. beim Löten	max. 120 °C
Durchsatz	Wie gehabt



## Material für die Heizschicht

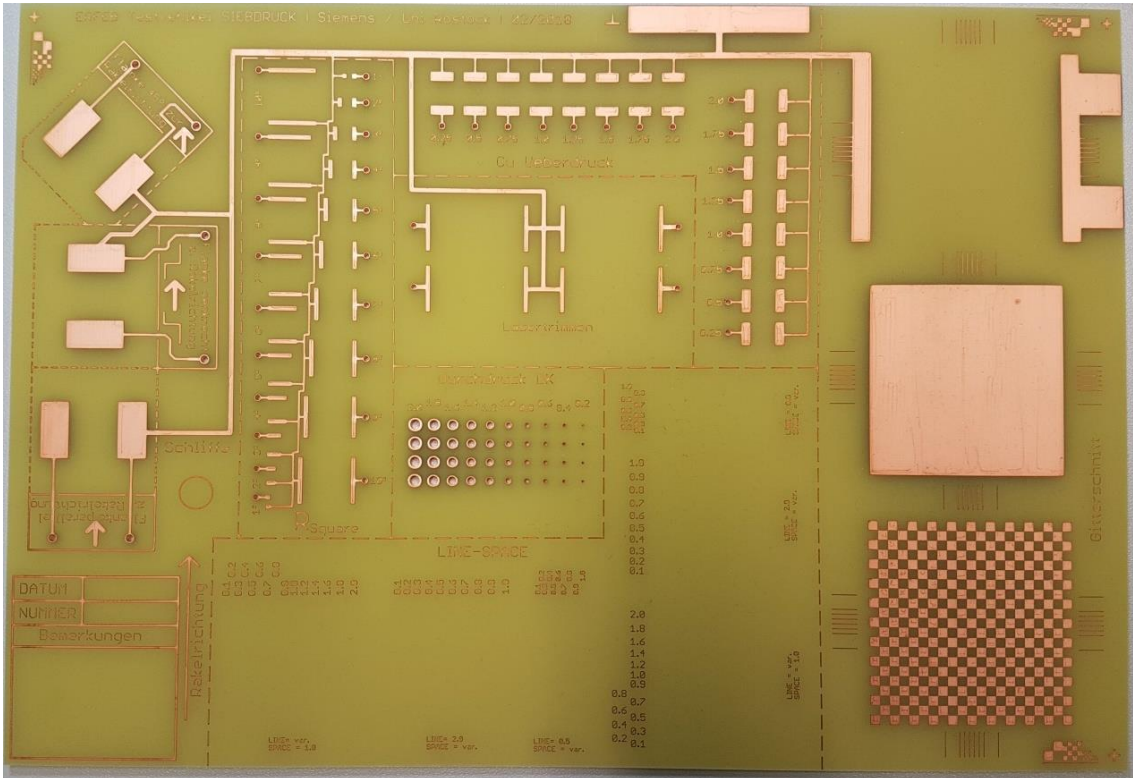
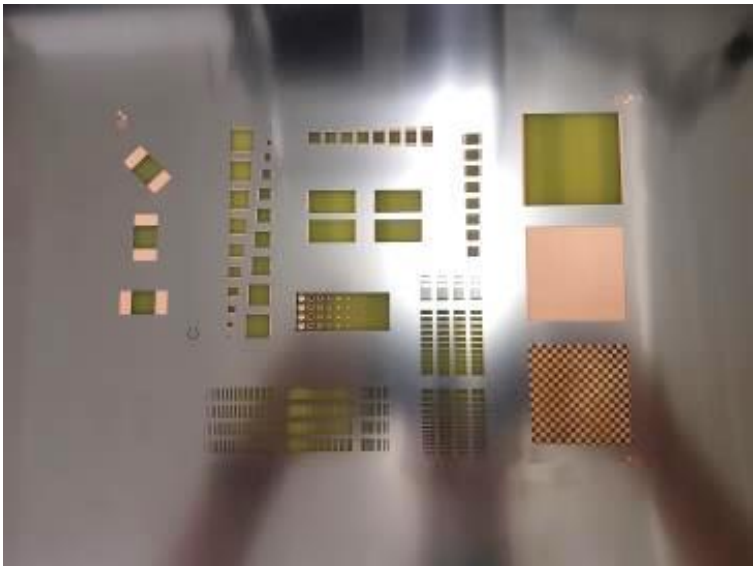
- Nutzung unterschiedlicher Karbonmaterialien und Kombinationen in Verbindung mit Bindern:
  - Acrylate
  - Polyimide
  - Epoxy
- Tests auf Basis von
  - Temperaturanstieg
  - Maximaltemperatur
  - Haftung
  - Widerstand



Aufheizung nach 40s @ 38V und 4A

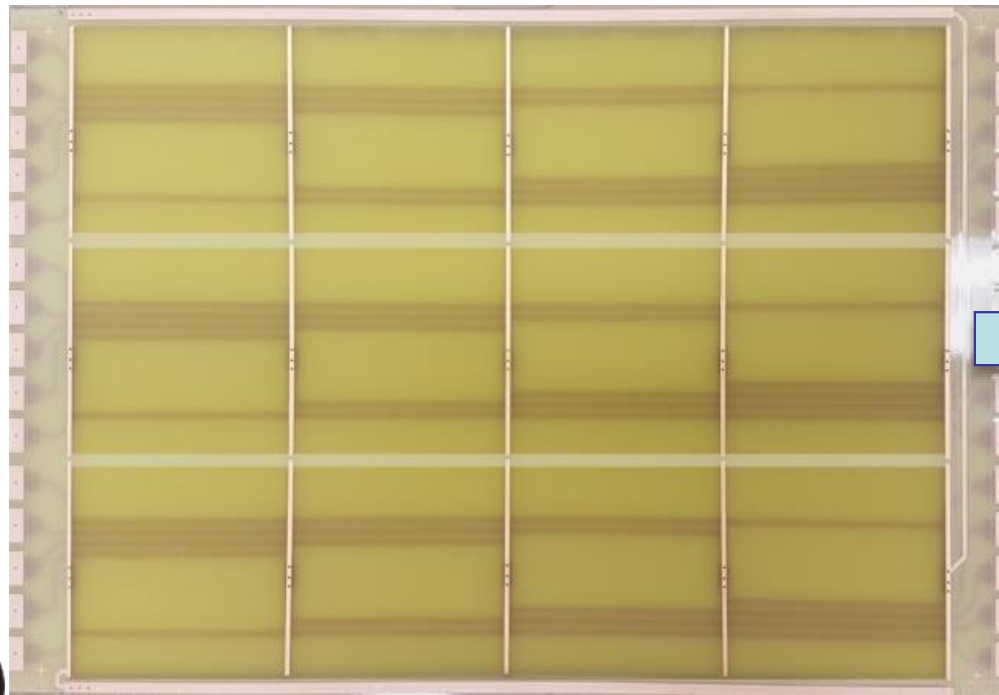
# Testleiterplatte für den Schablonendruck

- Testleiterplatten mit Kupferstrukturen
  - Haftung Kupfer/Heizschicht
  - Elektrische Verbindung
  - Druckbarkeit

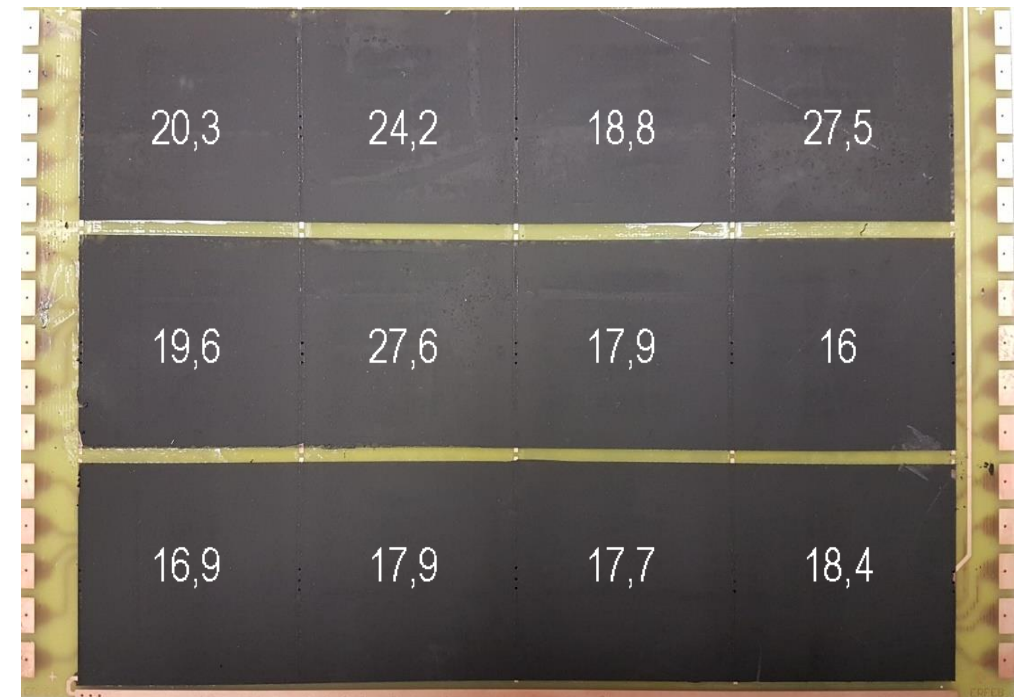


## Testleiterplatte zur Heizungsregelung

- Bestimmung des Verhaltens von Heizschicht und Bestimmung von Regelparametern
- 12 Segmente auf einer Leiterplatte
- Unterschiedliche Widerstandswerte durch unstabilen Druckprozess



Oberseite ohne Heizschicht

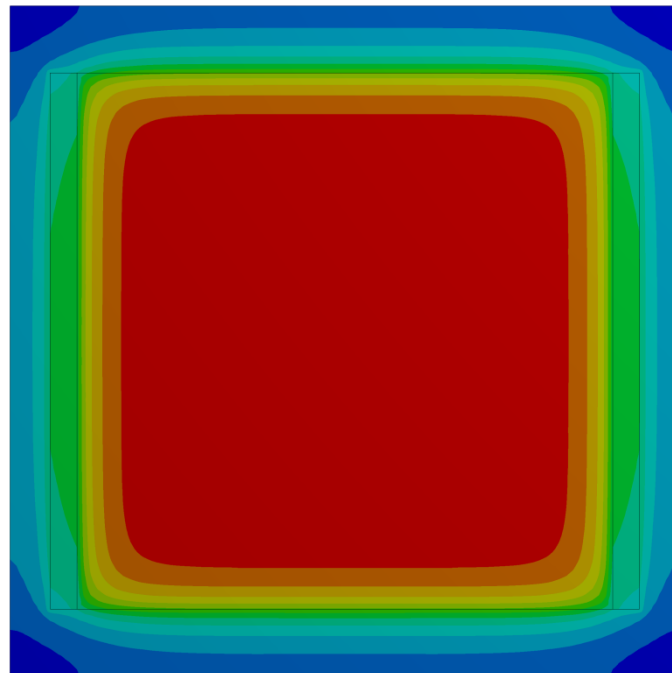
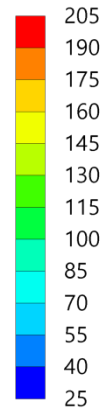


Oberseite mit Heizschicht und Widerstandswerten 46

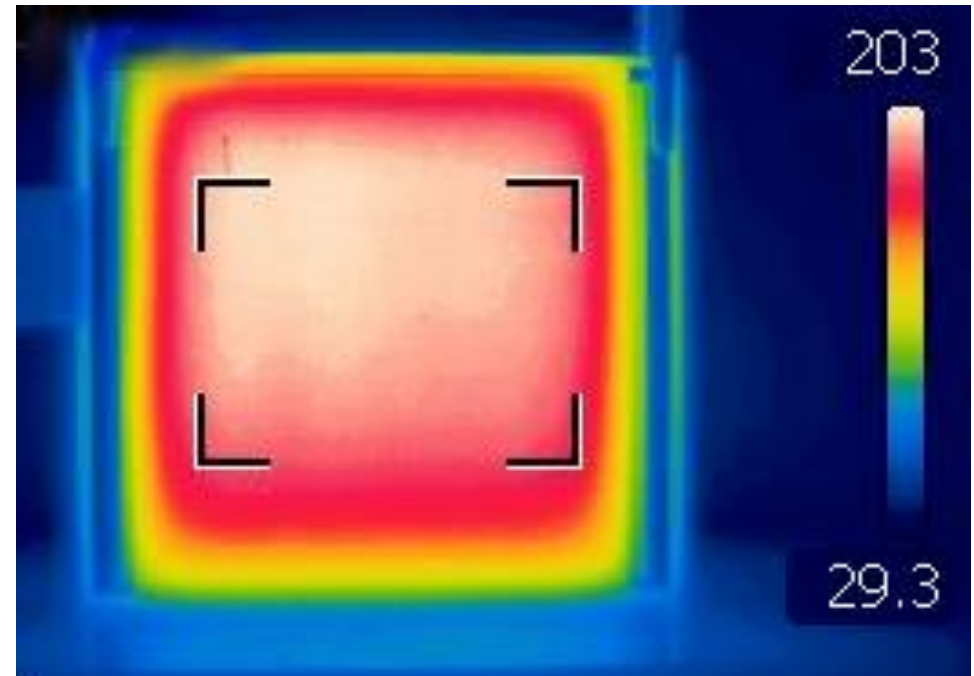
# Simulation zur Prozessverbesserung und Vorhersage

- Vergleich von Simulation und realer Heizschicht
- Einfluss von Konvektion sichtbar

Temperatur  
Einheit: °C  
Max: 202,19  
Min: 33,822



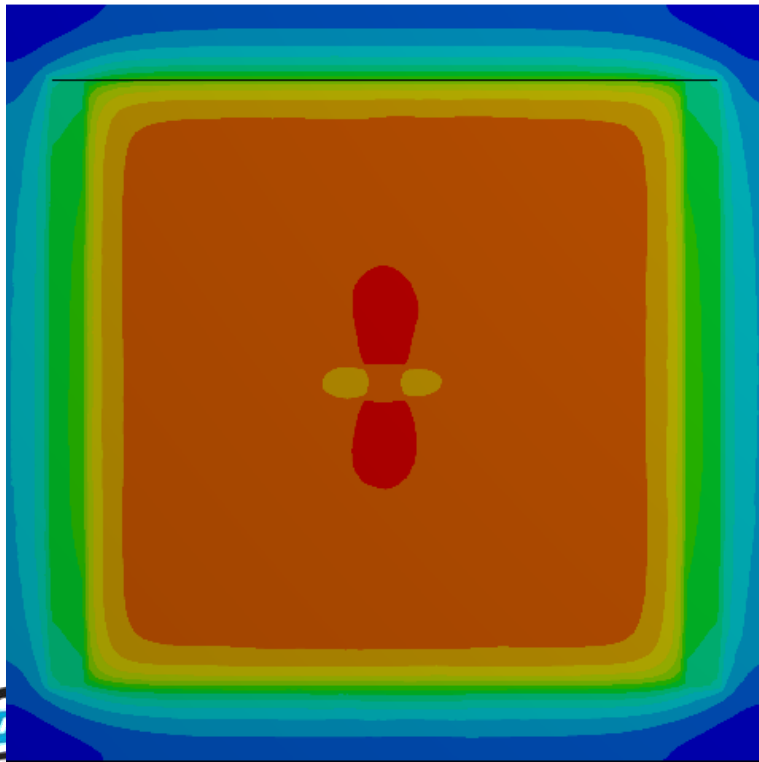
Ergebnis der Simulation



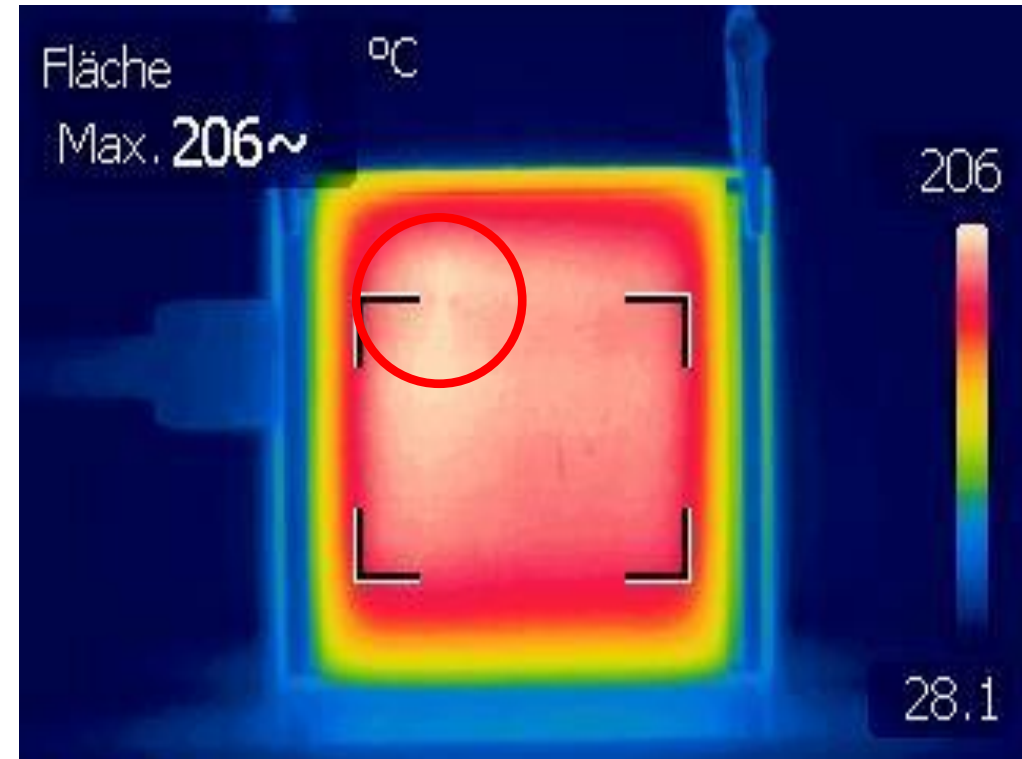
Reale Messung

# Simulation von Fehlstellen

- Simulation und Experimente zeigen die Auswirkung von Fehlstellen in der Heizschicht



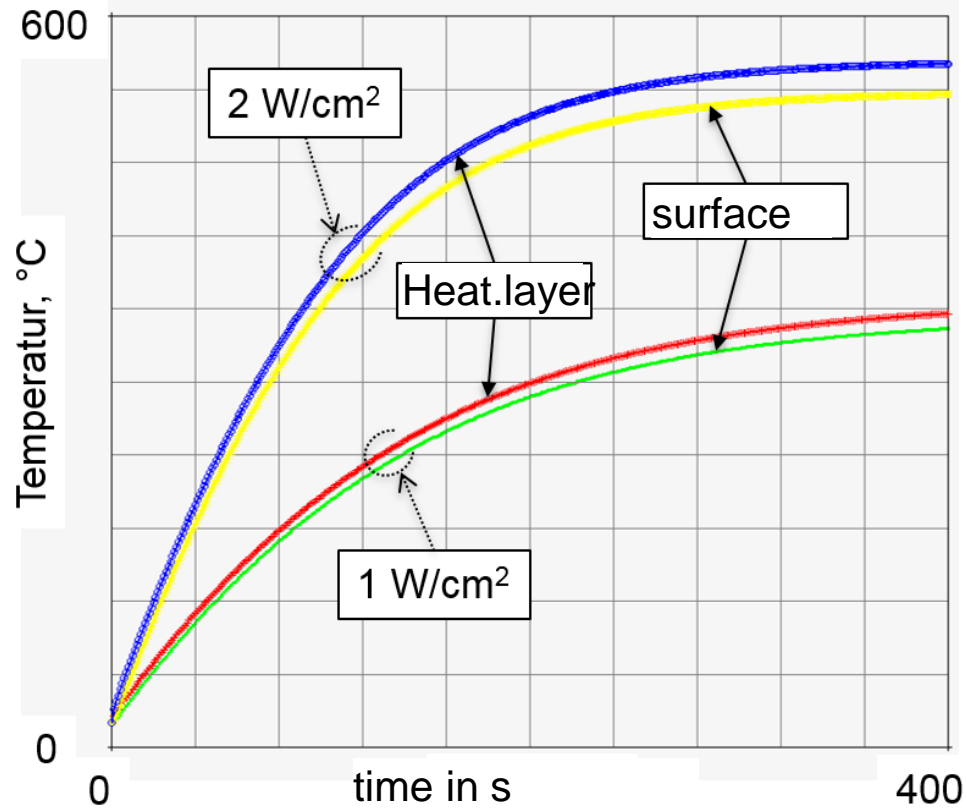
Ergebnis der Simulation



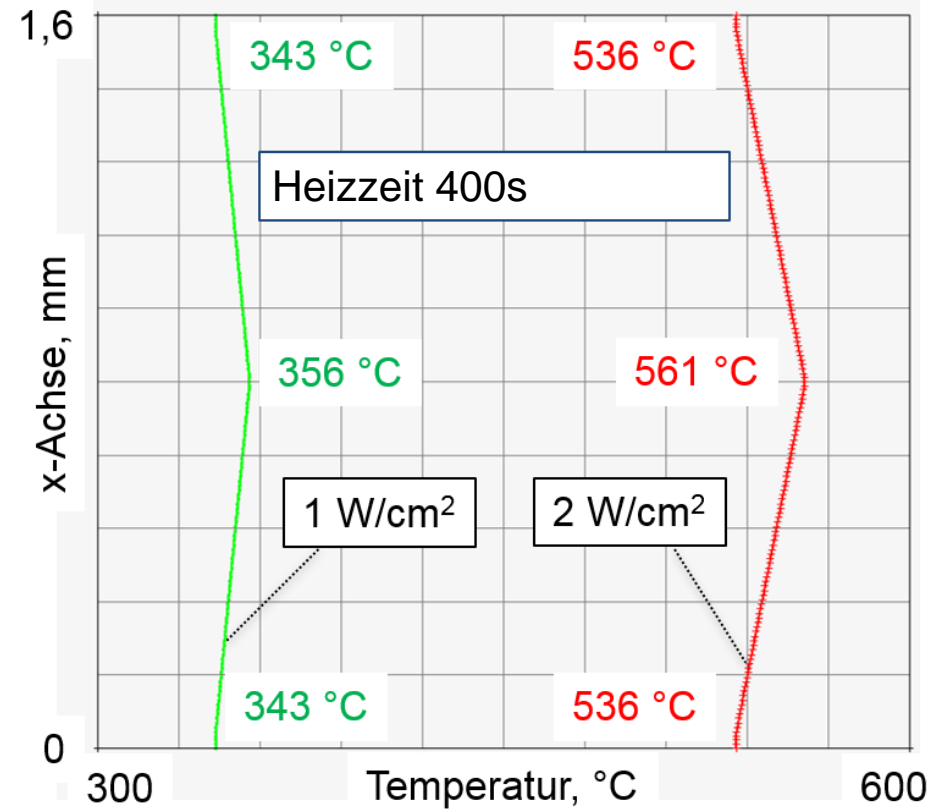
Reale Messung eines "Hotspots"



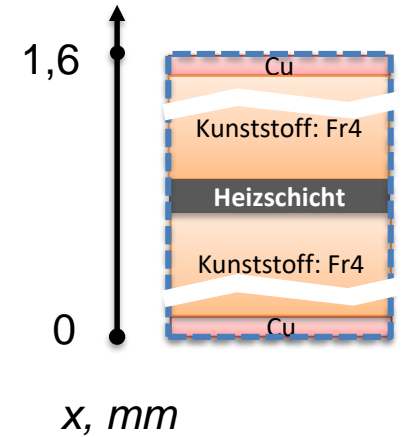
# Simulation der Reflowprofile



Simulation der Leistung

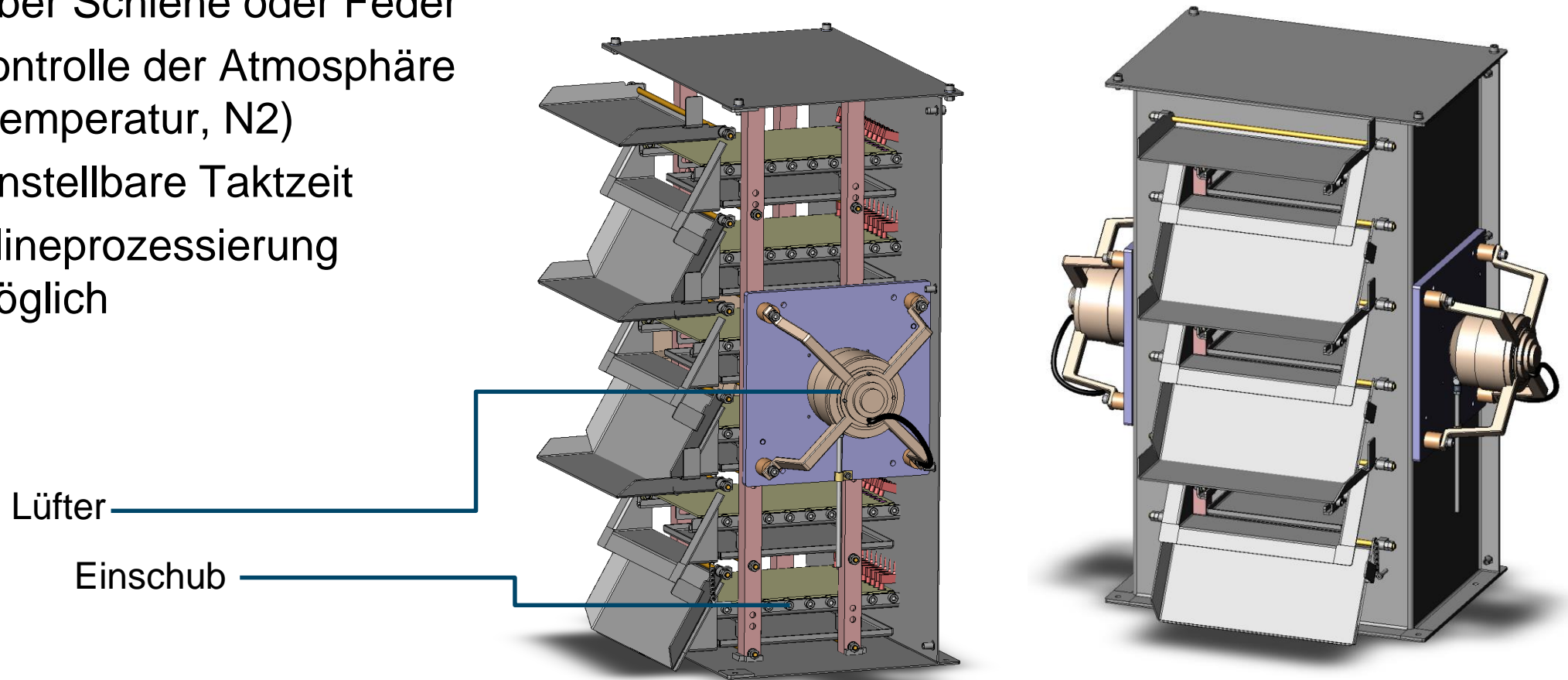


Simulation der Temperaturverteilung

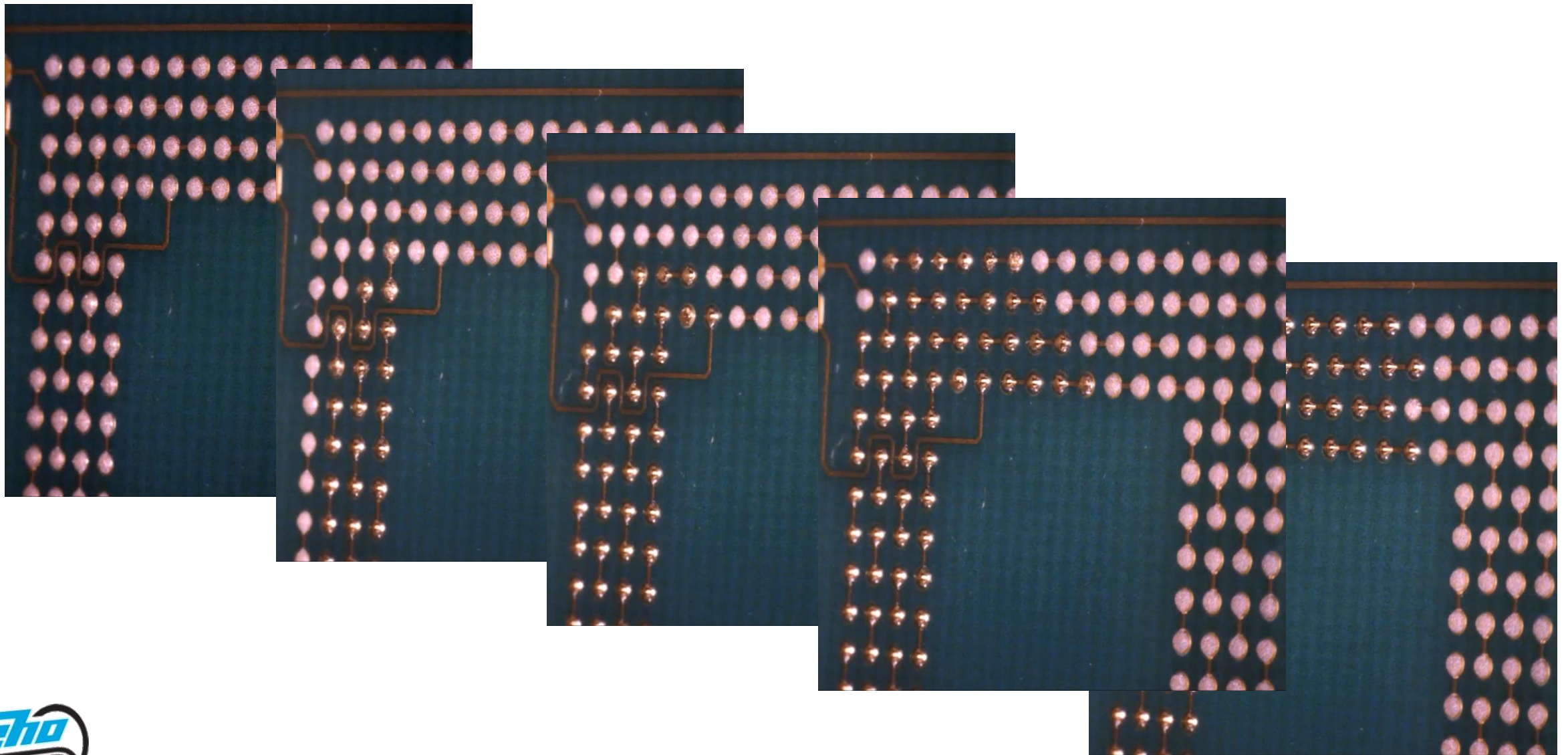


# Konzept für einen Reflowofen

- Einfache Kontaktierung der Leiterplatte (über Schiene oder Feder)
- Kontrolle der Atmosphäre (Temperatur, N<sub>2</sub>)
- Einstellbare Taktzeit
- Inlineprozessierung möglich



# Löttest mit segmentierter Heizschicht



# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

- Danksagung
  - BMWi – Forschungsprojekt ERFEB (03ET1533X)  
Projekträger Jülich
- Projektpartner
  - B & B Sachsenelektronik
  - Siemens
  - FutureCarbon
  - Heraeus Materials Technology
  - Neue Materialien Bayreuth
  - Lackwerke Peters
  - Universität Bayreuth
  - Universität Rostock

