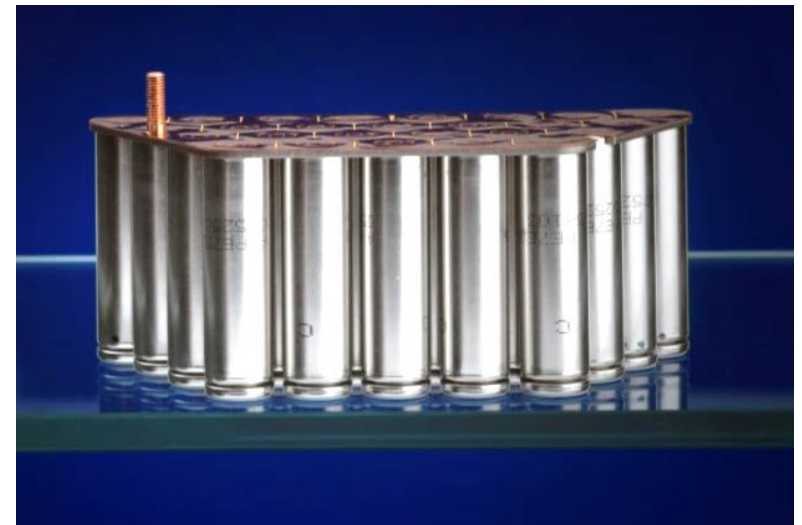
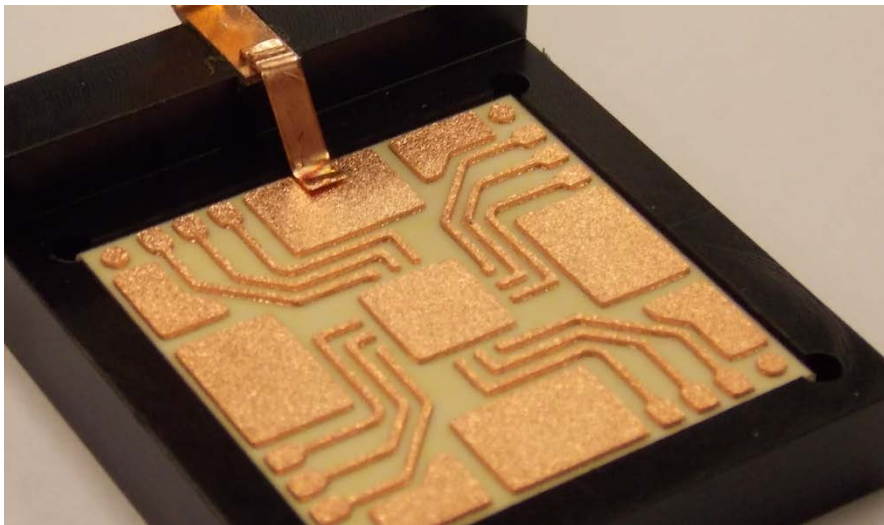


---

# PRÄZISIONS-LASERSTRAHLSCHWEIßEN ALS KONTAKTIERUNGSTECHNIK IN DER LEISTUNGSELEKTRONIK UND ENERGIETECHNIK

Dr. A. Gillner, Dr. A. Olowinsky, B. Mehlmann, Fraunhofer ILT

---

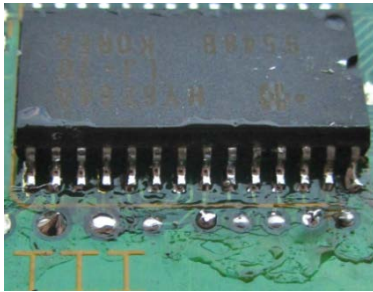


# Agenda

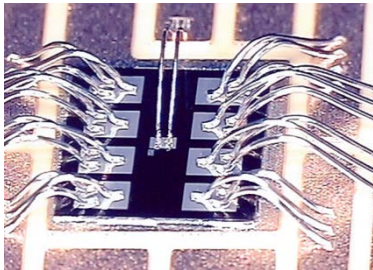
- 1 Motivation
- 2 Vorstellung des Fügeverfahrens
- 3 Prozessergebnisse
- 4 Umsetzung im Laserbonder
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

# Motivation und Einführung

## Motivation



Quelle i.imgur.com/vtIP7.jpg



Quelle: Fraunhofer IZM



Quelle: Heraeus Materials Technology

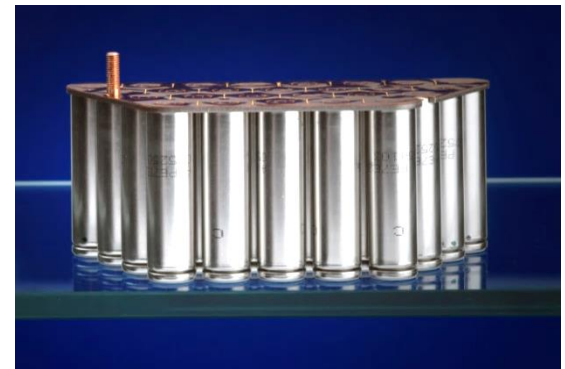
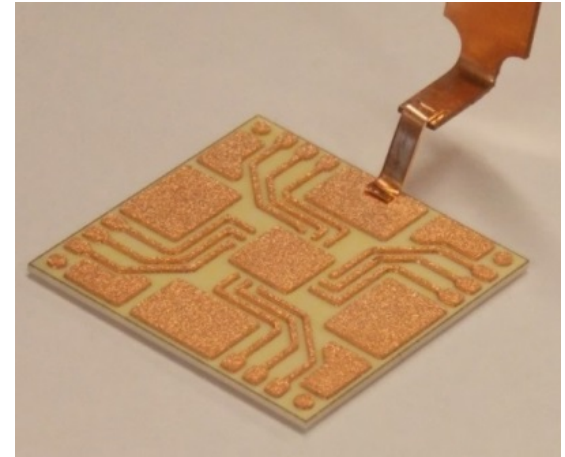
### Elektrische Kontakte

- Fügeaufgaben mit unterschiedlichen Werkstoffen
- Verwendung von hochleitenden Materialien (Kupfer, Aluminium, ...)
- Niedrige Übergangswiderstände
- Fügen in kleinen Bereichen ( $< 500 \mu\text{m}$ , z. B. Drahtbonds, Gull-Wing Anschlüsse, ...)
- Kontaktieren von Kontaktpads auf Kunststoff- oder Keramiksubstraten oder mit sehr dünnen Wandstärken (z. B. Batterien)
- Fügen für (Hoch)Leistungsanwendungen (z. B. Dickdrahtbonds, ...) in miniaturisierten Komponenten (z. B. Wechselrichter)

# Motivation und Einführung

## Motivation für die Anwendung von Laserprozessen

- Laserstrahlschweißen: Schnelle und flexible Alternative gegenüber anderen Fügeprozessen (z. B. Löten, Ultraschallbonden und Widerstandsschweißen)
- Fügen (fast) ohne Kraft
- Hohe thermische Stabilität der Verbindung
- Niedriger Übergangswiderstand
- Herausforderung: Substrate (z. B. Keramik, Kunststoffe...) dürfen nicht beschädigt werden



# Agenda

- 1 Motivation
- 2 Vorstellung des Fügeverfahrens
- 3 Prozessergebnisse
- 4 Umsetzung im Laserbinder
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

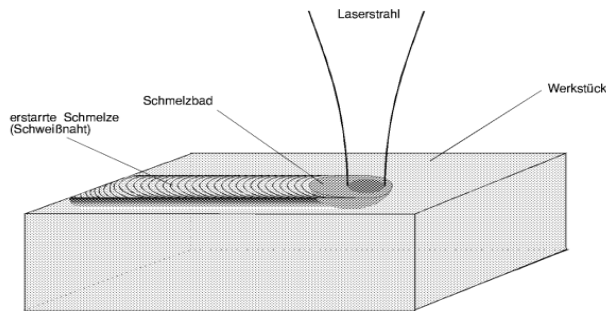
# Vorstellung des Fügeverfahrens

## Prinzip des Laserstrahlschweißens

### Wärmeleitungsschweißen

#### Prinzip

- Aufheizen des Werkstücks auf Temperaturen, bei denen kein merklicher Ablationsdruck auftritt
- Ausbildung des Schmelzbads
- Geometrie des Schmelzbads und die Einschweißtiefe sind durch die Wärmeleitung in das Werkstück bestimmt

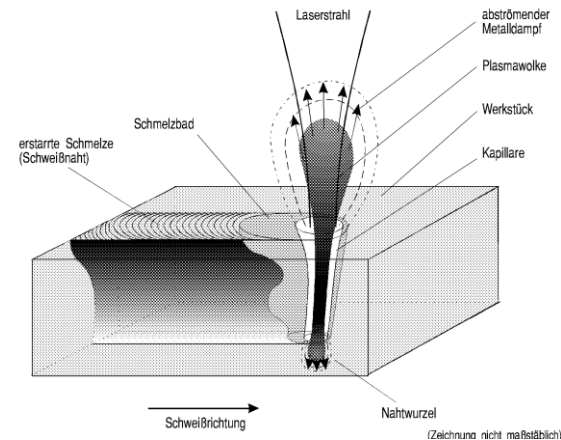


### Tiefschweißen

#### Prinzip

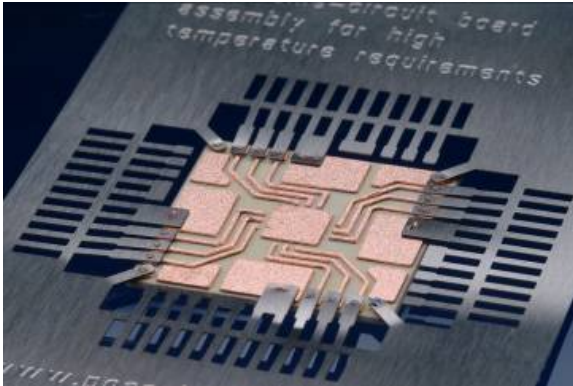
- Aufheizen des Werkstücks über die Gleichgewichtsdampftemperatur
- Ausbildung der Dampfkapillare durch den Ablationsdruck des abströmenden Metaldampfs
- Erzielung großer Schachtverhältnisse (Nahttiefe/-breite  $\sim z_R/w_0$ ) von mehr als 10:1
- Erstarrung der Schmelze hinter der Dampfkapillare zur Schweißnaht

↑  
Fügeverfahren  
für gut leitende  
Werkstoffe



# Vorstellung des Fügeverfahrens

## Beispiele von Punktschweißungen an CuSn6



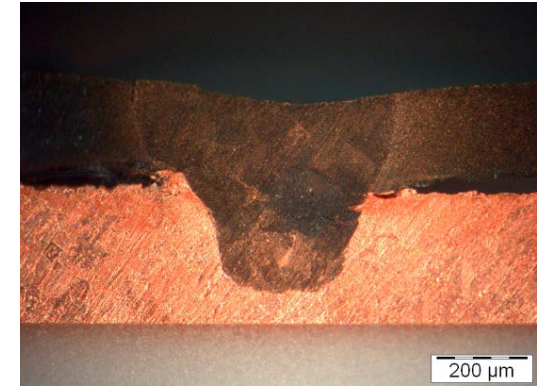
### Schweißen von DCBs

- Kontaktfläche ca.  $1 \text{ mm}^2$
- Leadframe:  $t = 0,2 \text{ mm}$
- Cu-Schicht:  $t = 0,3 \text{ mm}$



### Punktschweißung

- $2w = 180 \text{ }\mu\text{m}$
- $P = 1,3 - 2,5 \text{ kW (Peak)}$
- $\tau_h = 5 - 10 \text{ ms}$
- $E_p = 5 - 10 \text{ J}$



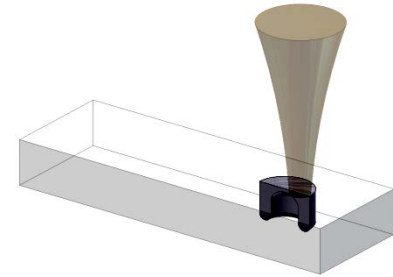
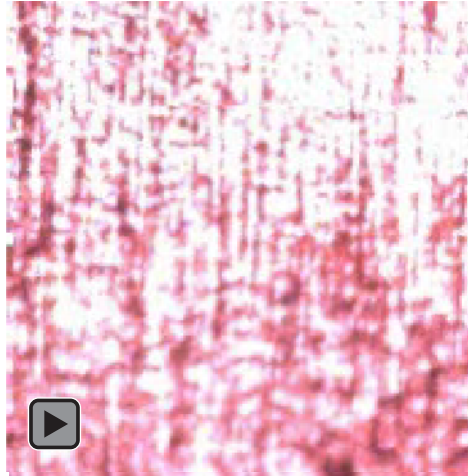
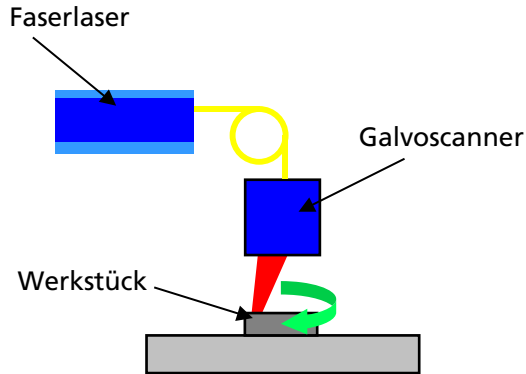
### Mikroring

- $2w = 20 \text{ }\mu\text{m}$
- $P = 320 \text{ W}$
- $\tau_h = 18 \text{ ms}$
- $E_p = 5,8 \text{ J}$

- Punktschweißungen sind teilweise etabliert in der Elektronikfertigung
- Naht- und Anbindungsbreite dabei stark abhängig von Einschweißtiefe
- Alternative: Mikroring-Schweißen

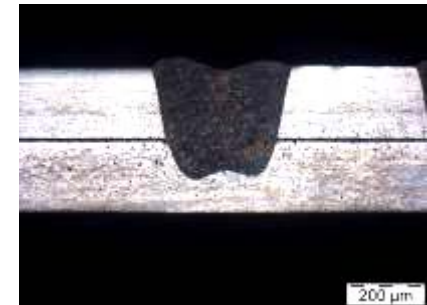
# Vorstellung des Fügeverfahrens

## Mikroringschweißen mit Faserlasern



- Bis zu 20 Umläufe
- Kreisdurchmesser  $\gg$  Strahldurchmesser
- Nicht-Überlappender Bestrahlungsbereich

$$P = 100 \text{ W}$$
$$2w = 30 \text{ } \mu\text{m}$$
$$d_{\text{Kreis}} = 500 \text{ } \mu\text{m}$$



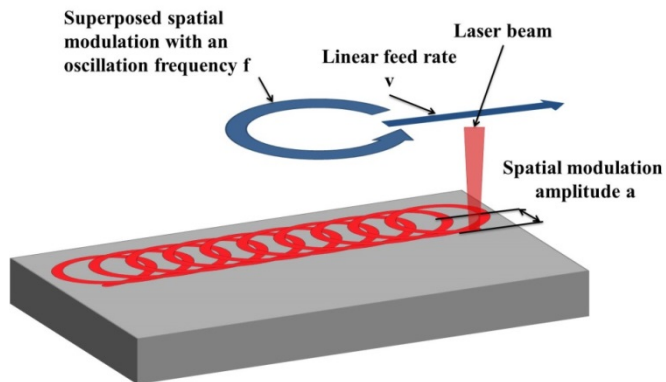
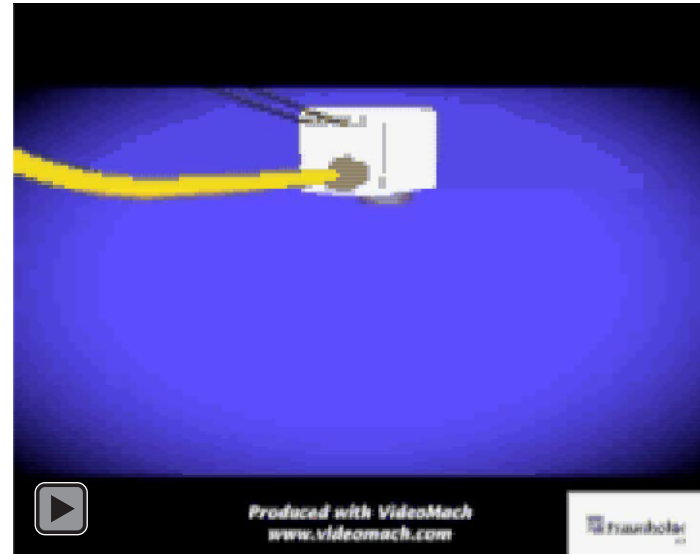
- Einschweißtiefe und Anbindungsbreite unabhängig von einander



# Vorstellung des Fügeverfahrens

## Örtliche Leistungsmodulation

- Erhöhung der Prozesssicherheit durch überlagerte Strahlmodulation
- Freiheitsgrade zur Beeinflussung der Nahtgeometrie
- Erzeugen größerer Anbindungsquerschnitte und Schweißen von Konturen
- Thermisch optimierter Fügeprozess



Zusätzliche Parameter der örtlichen Leistungsmodulation:

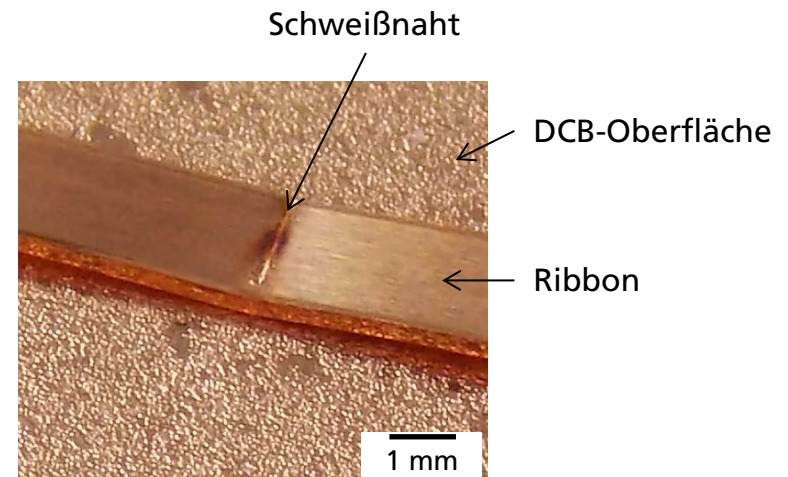
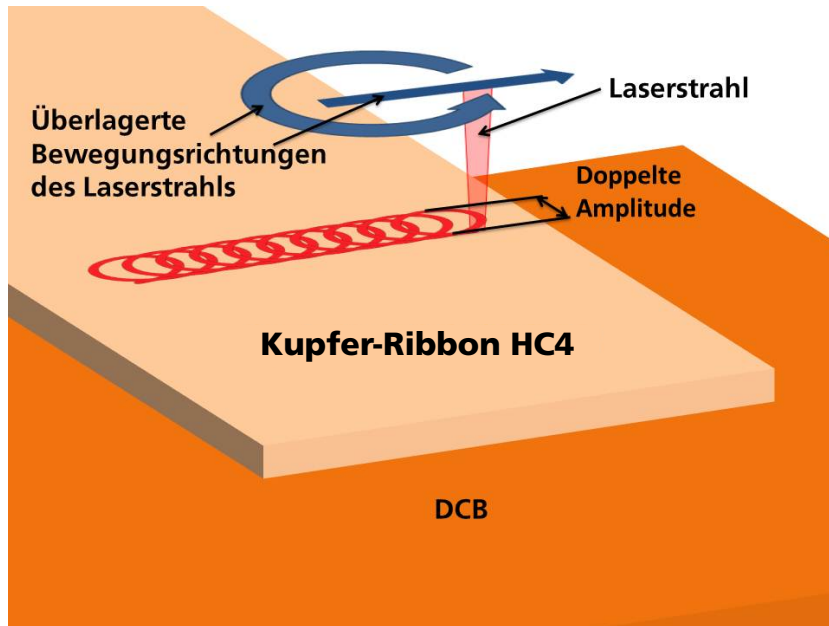
- Amplitude  $a$   
( $\sim r$  für kreisförmige Oszillation)
- Frequenz  $f$

# Agenda

- 1 Motivation
- 2 Vorstellung des Fügeverfahrens
- 3 Prozessergebnisse
- 4 Umsetzung im Laserbinder
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

# Prozessergebnisse

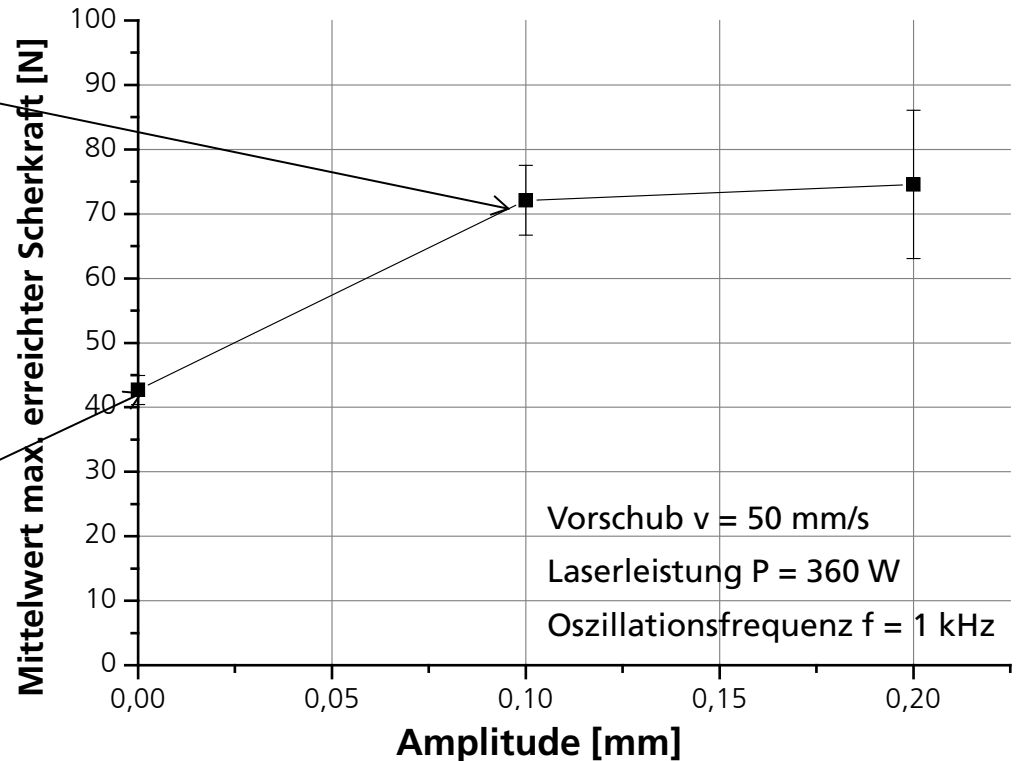
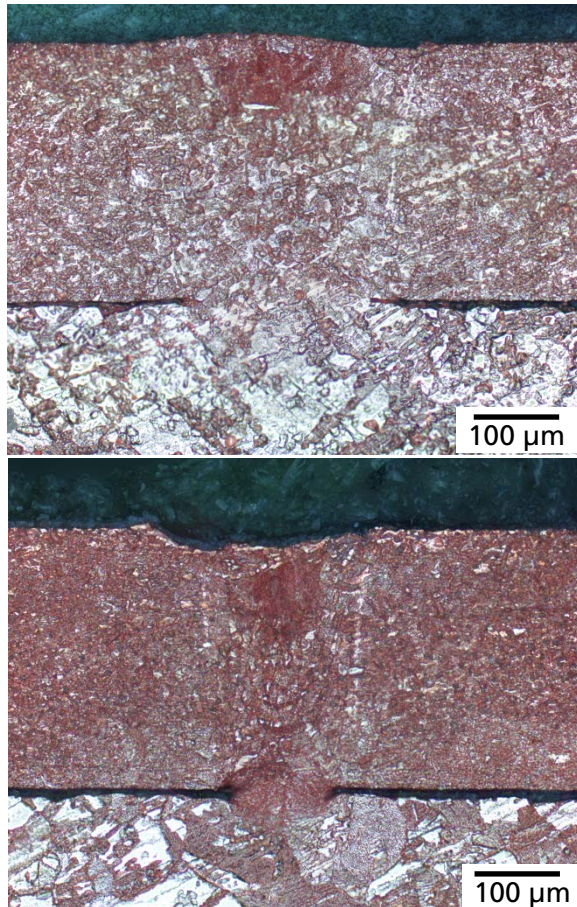
## Fügen von Kupferribbons - Versuchsdurchführung



- Schweißen von Bändchen mit Oszillationsschweißen
- Verschweißte Kupferbleche: 0,3 mm Cu-HC4 auf DCB (0,3 mm Cu)

# Prozessergebnisse

## Fügen von Kupferribbons – Einfluss der Amplitude



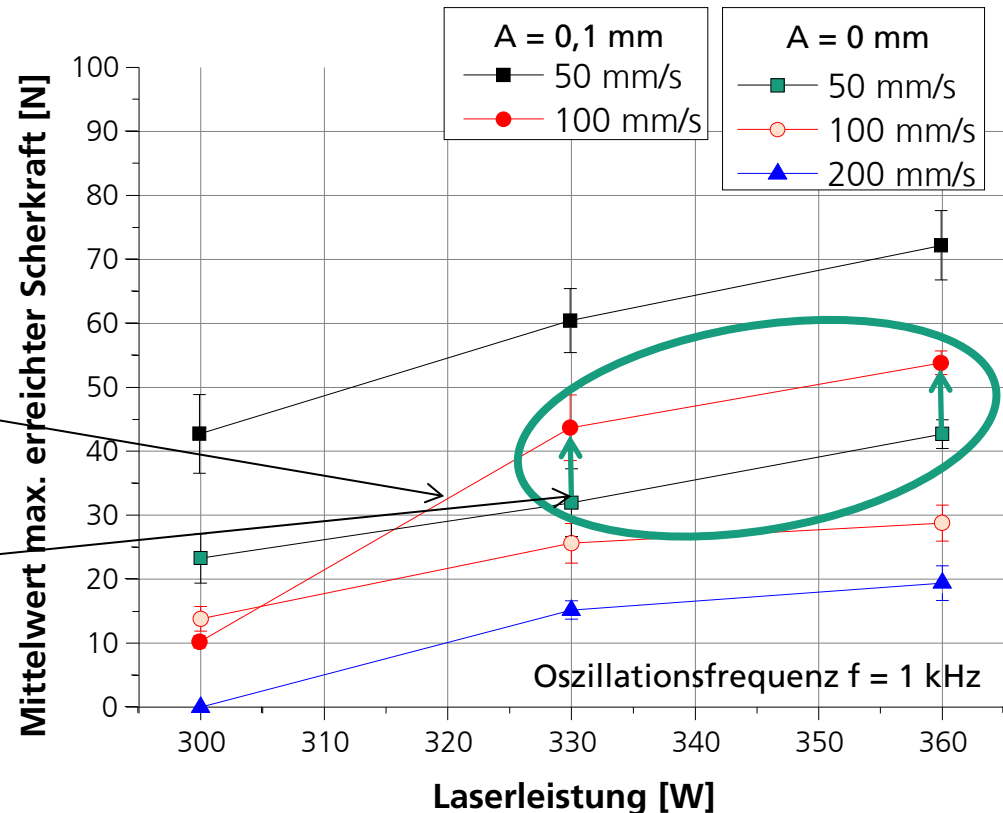
■ Steigerung der Anbindungsbreite → Steigerung der Scherkraft

# Prozessergebnisse

## Fügen von Kupferribbons – Nutzen der Amplitude

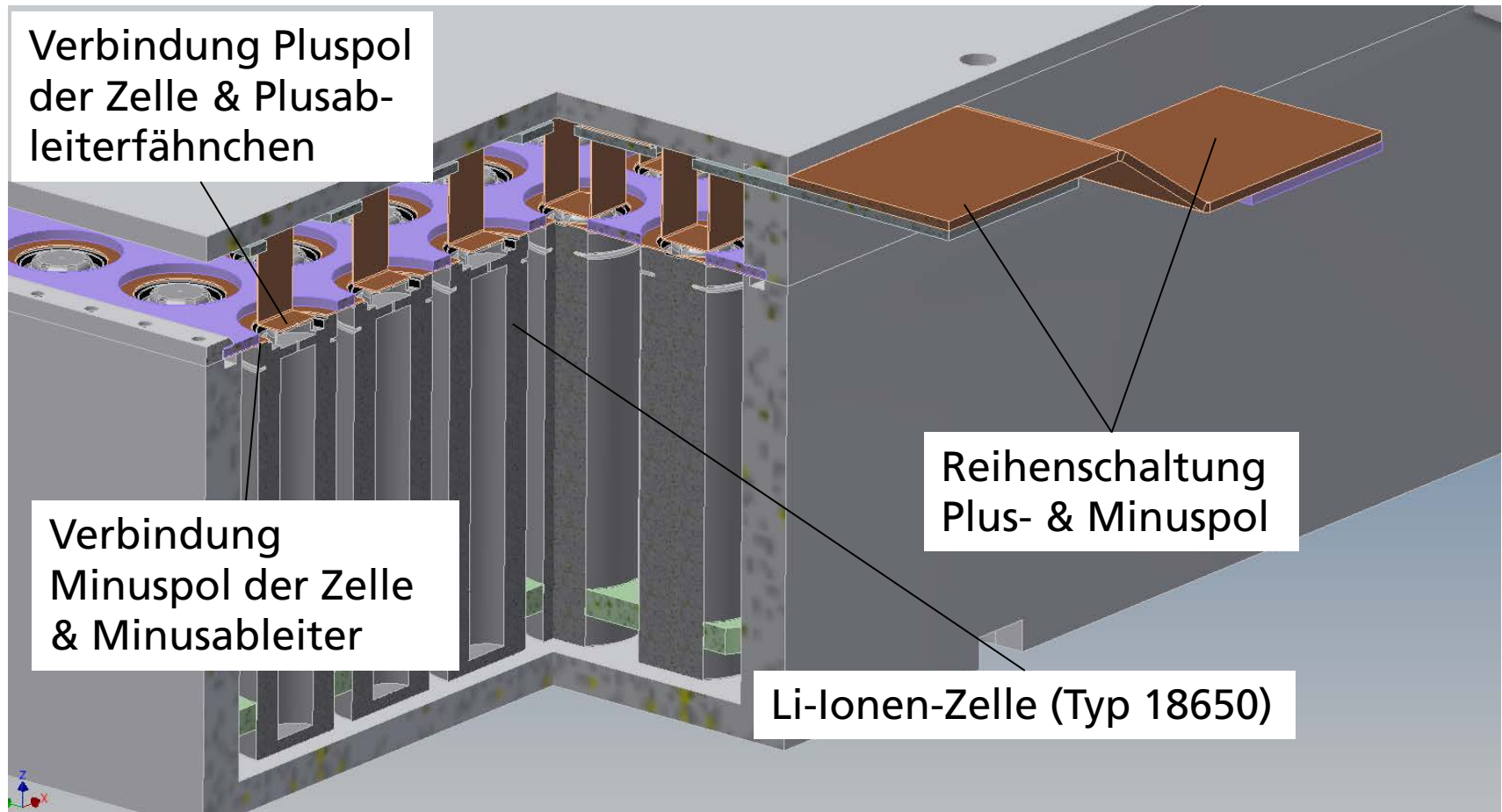
Vergleich verschiedener Streckenenergien

- Steigerung der geforderten Eigenschaften (Scherkraft) durch Oszillation
- Prozessbeschleunigung durch Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der eingebrachten Energie
- Steigerung von geforderten Eigenschaften mit geringerer Bauteilbelastung durch Reduktion der eingebrachten Energie



# Prozessergebnisse

## Fügen von Batterien (18650-Zellen) – Fügeaufgabe

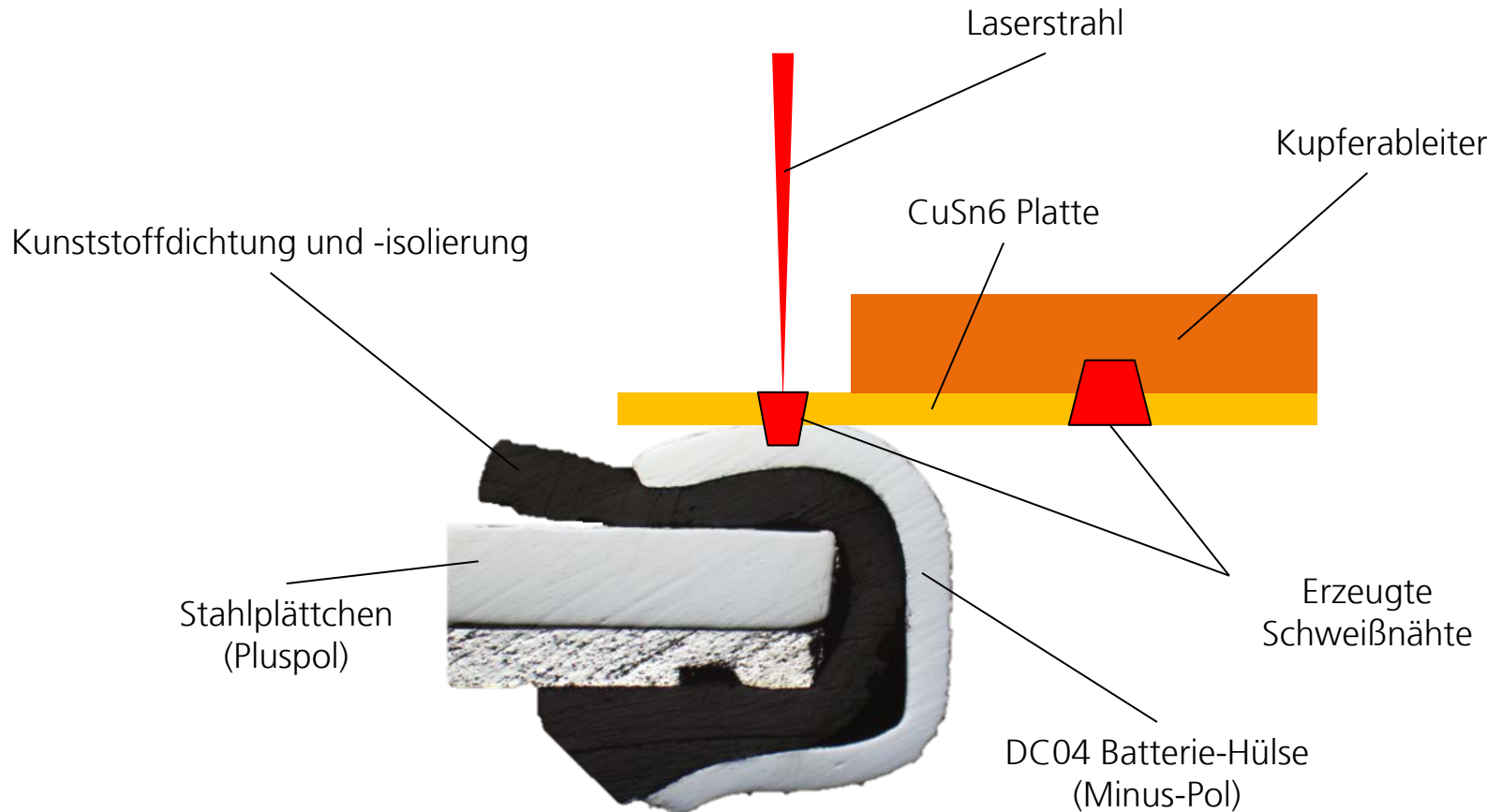


- Kontaktieren von Plus- und Minuspol an der Zelloberseite → Fügen auf umbördeltem Blech
- Fügen von 4800 Zellen für ein Batteriepack



# Prozessergebnisse

## Fügen von Batterien (18650-Zellen) – Fügen am Minuspol



# Prozessergebnisse

## Fügen von Batterien (18650-Zellen) – Anbindung

Aufsicht

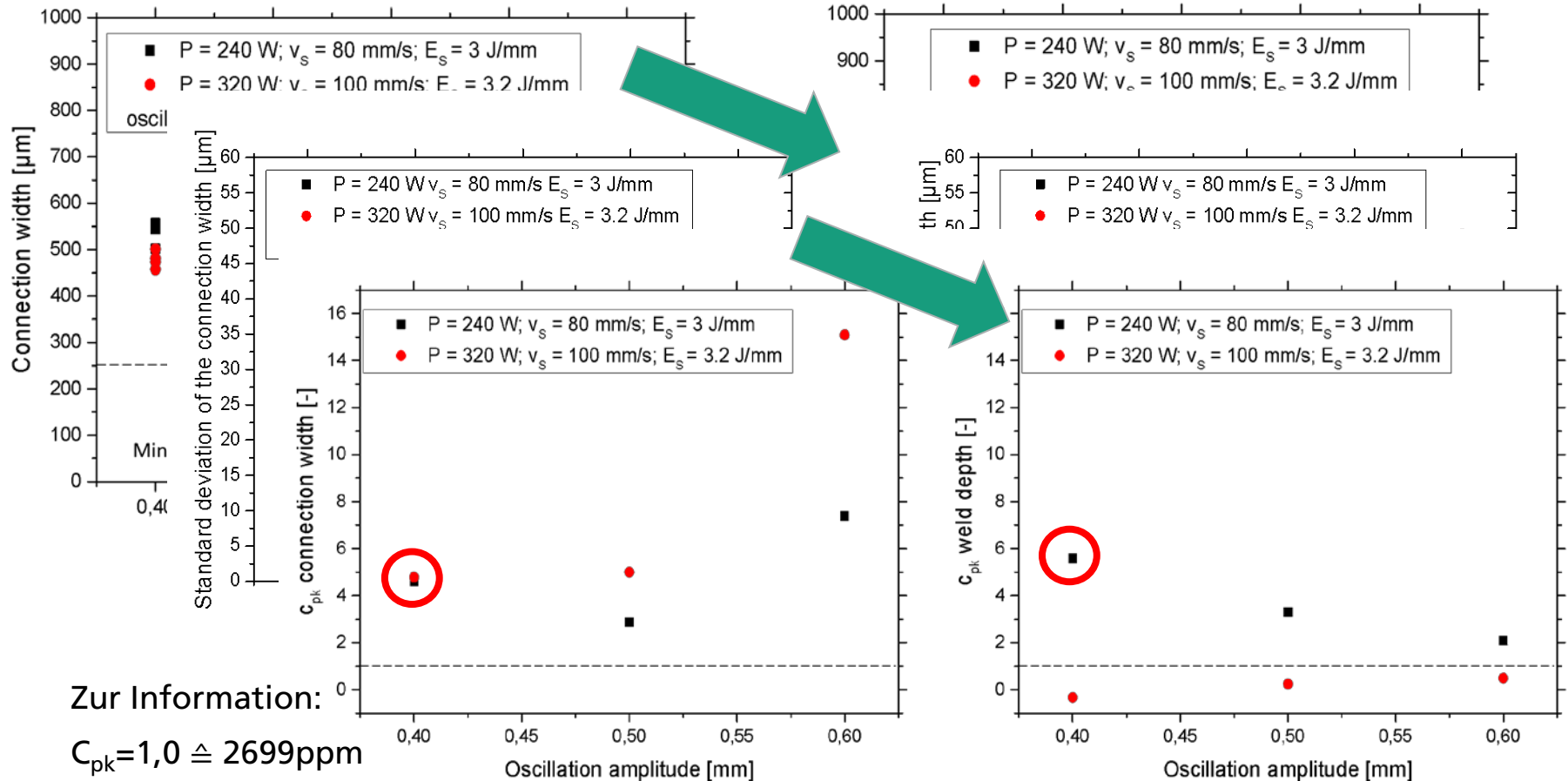
Querschliff

Oszillations-Amplitude [mm]	P = 240 W $v_s = 80$ mm/s $E_s = 3$ J/mm	P = 320 W $v_s = 100$ mm/s $E_s = 3.2$ J/mm	Oszillations-Amplitude [mm]	P = 240 W $v_s = 80$ mm/s $E_s = 3$ J/mm	P = 320 W $v_s = 100$ mm/s $E_s = 3.2$ J/mm
0.4			0.4		
0.5			0.5		
0.6			0.6		



# Prozessergebnisse

## Fügen von Batterien (18650-Zellen) – stat. Prozessanalyse



Zur Information:

$$C_{pk}=1,0 \hat{=} 2699\text{ppm}$$

$$C_{pk}=1,6 \hat{=} 1\text{ppm}$$

Ermittlung der Prozessfähigkeitsindizes:  $C_{pk} > 4$



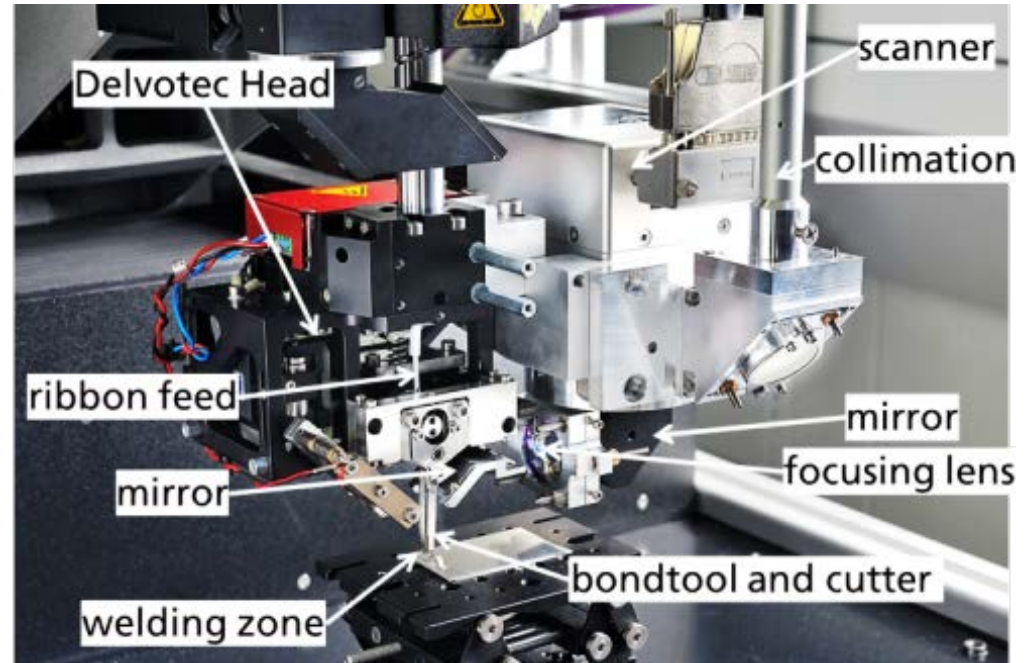
# Agenda

- 1 Motivation
- 2 Vorstellung des Fügeverfahrens
- 3 Prozessergebnisse
- 4 Umsetzung im Laserbinder
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

# Umsetzung im Laserbonder

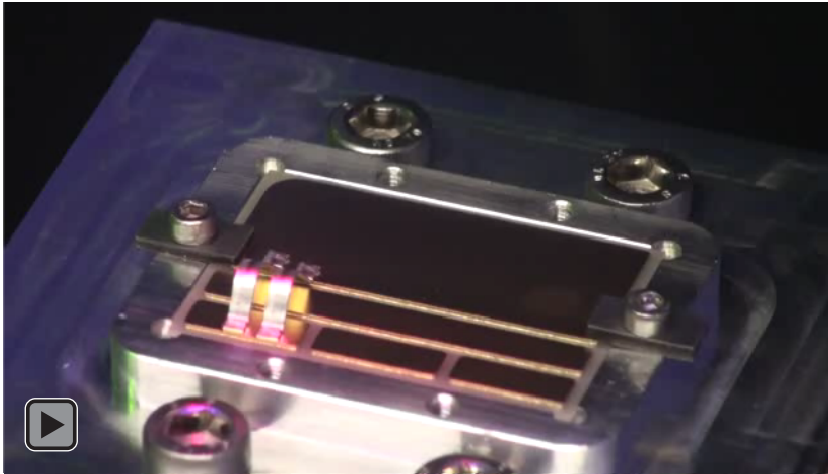
## Aufbau des Laserbond-Kopfes

- Kombination Optik- und Bondkopf mit Bändchenführung
- Scanner wird mit dem Bondkopf mitgedreht
- Beschränkung der Rotation auf  $\pm 90^\circ$
- Scanner seitlich angeflanscht
- Relay der Strahlung mittels zwei Spiegel
- Einfall der Strahlung unter einem Winkel



# Umsetzung im Laserbonder

## Prozessvideo



Laserstrahlfügen von Al-H11  
Bändchen (2 mm x 0,3 mm) auf  
DAB-Substrat



Laserstrahlfügen von Cu-ETP  
Bändchen (2 mm x 0,3 mm) auf  
DCB-Substrat

# Agenda

- 1 Motivation
- 2 Vorstellung des Fügeverfahrens
- 3 Prozessergebnisse
- 4 Umsetzung im Laserbinder
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

# Zusammenfassung und Ausblick

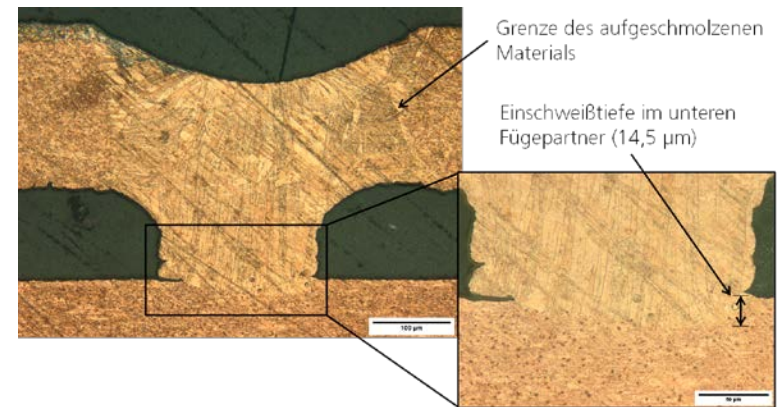
- Präzisionsgewinn und Gestaltungsfreiheit für die Verbindung durch örtliche Leistungsmodulation
- Reduzierung des Energieeintrags durch örtliche Leistungsmodulation möglich
- Entwicklung eines Laser-basierten Fügeprozesses von Cu- & Al-Bändchen und Umsetzung in einen Laserbonder
- Örtliche Leistungsmodulation ermöglicht das prozessichere schweißen auf gekrümmten Oberflächen und oberhalb von Kunststoffen

# Ausblick

## Schweißen von Blechen auf Metallisierung

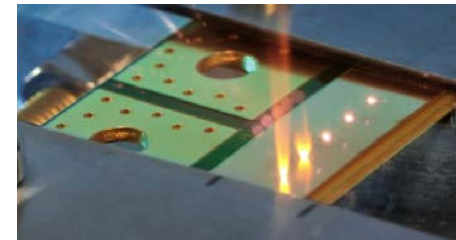
Neuer Ansatz zum Fügen auf  
Dünnen Schichten:

- Füge von 200  $\mu\text{m}$  Cu-ETP-Blech mit einer Einschweißtiefe von ca. 15  $\mu\text{m}$  in den unteren Fügepartner
- Günstige Spaltüberbrückbarkeit (Anwendbar nicht nur für Metallisierungen)
- Geringe Prozesszeiten ( $< 50$  ms)
- Kein Zusatzmaterial (Flussmittel, Lot) notwendig



Ausblick

- Anwendung zur Kontaktierung von Leiterplatten / Siliziumsubstraten



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Fraunhofer ILT, Aachen

**Dr.-Ing. Arnold Gillner**

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Steinbachstraße 15

D-52074 Aachen, Germany

Tel.: +49 (0) 241 89 06 -148

Email: [arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de](mailto:arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de)