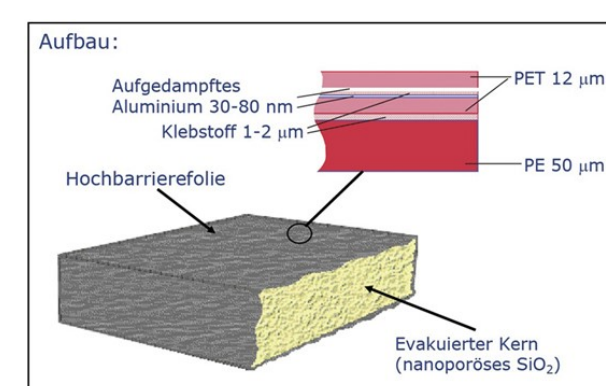




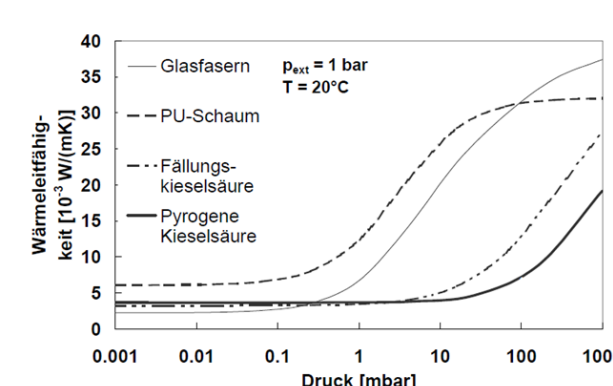
Produkt- und Verfahrensentwicklung zur erheblichen Lebensdauererweiterung von vakuumisolierten Bauelementen mittels Metallfolien und innovativen Lötverfahren - MetaVIP

• Motivation

Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) sind hochwärmedämmende Elemente mit niedrigen Wärmeleitfähigkeiten (WLF) (ca. 2,5 bis 8 mW/(mK)). Diese bestehen aus einem offenzelligen Stützkern (z.B. pyrogene Kieselsäure (KS), PUR-Schaum, Glasfasern) und einer Umhüllung aus Hochbarriere-Kunststoff-Verbundfolien. Ein erhebliches Defizit der derzeit am Markt verfügbaren VIP besteht in der begrenzten Lebensdauer sowohl bei kostengünstigen Stützkernmaterialien (z.B. PUR, GF) als auch infolge nicht vollständiger Permeationsdichtheit (Folie, Fügestelle) und Verletzbarkeit.



Prinzipskizze VIP-Aufbau



VIP-WLF in Abhängigkeit von Stützkern und Gasinnendruck

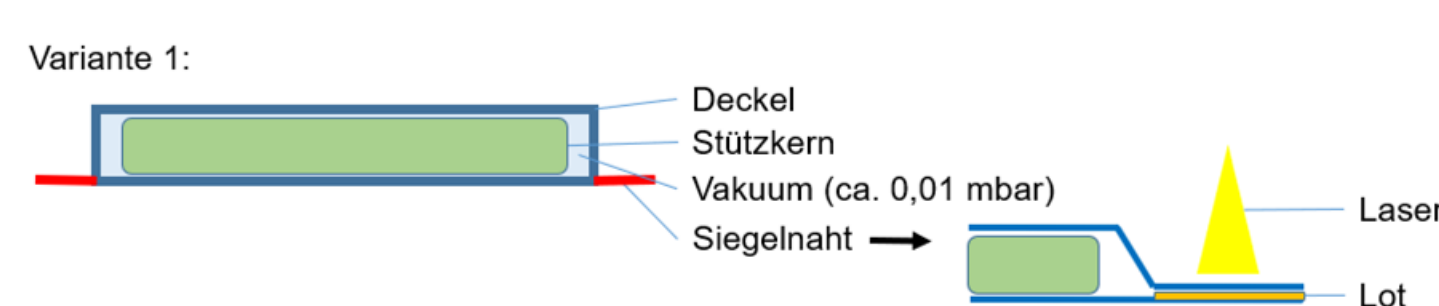


Aufbau eines VIP und Dämmdickenvergleich für VIP und Mineralwolle bei gleichen U-Wert

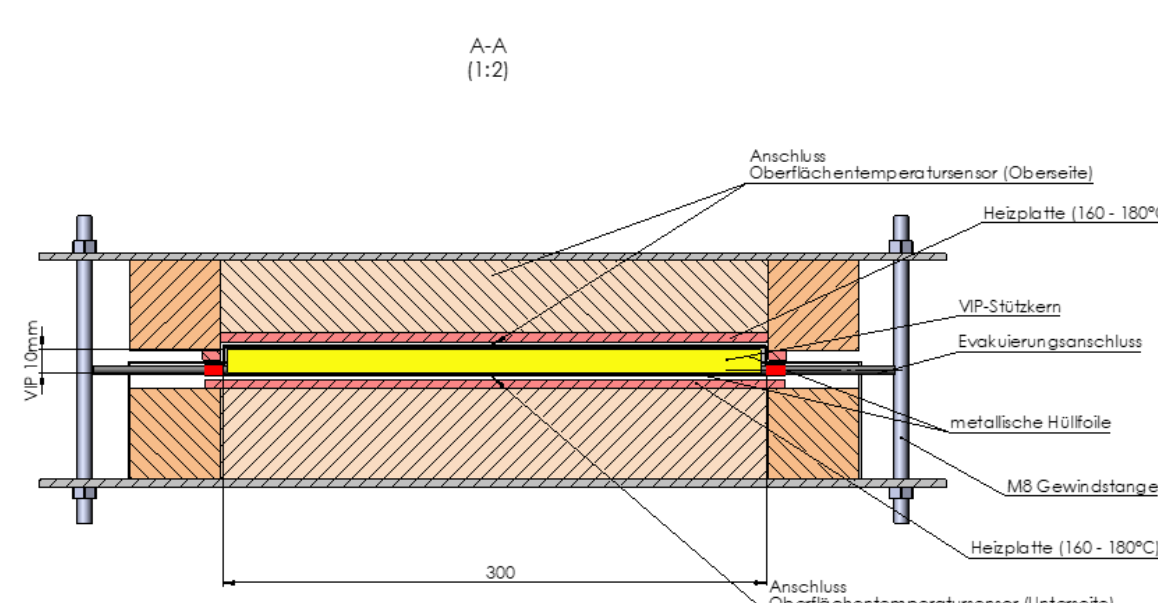
• Zielstellung und Lösungsansätze

Ziel des Projektes ist die Produkt- und Verfahrensentwicklung zur erheblichen Lebensdauererweiterung von VIP mittels Metallfolien und innovativen Lötverfahren unter Vakuum oder unter Atmosphäre mit nachträglicher Evakuierung. Durch innovative Fügeverfahren wird ein dauerhaft permeationsdichter VIP-Hüllverbund für Hüllfläche und Fügestelle sowie der Einsatz kostengünstiger Stützkernmaterialien (z.B. PUR, GF) bei einer signifikant verbesserten Lebensdauer und sortenreinem Recycling ermöglicht.

→ Lötverfahren unter Vakuum



→ Lötverfahren unter Atmosphäre mit nachträglicher Evakuierung



→ Technische Zielparame

- ♦ individuelle VIP-Abmessungen
- ♦ Stützkernmaterialien (PUR, GF, pyrogene KS)
- ♦ reine Metallfolie (z.B. Edelstahl)
- ♦ Lebensdauer ca. 25 Jahre
- ♦ hohe Temperaturbeständigkeit (stützkernabhängig)
- ♦ Wärmeleitfähigkeit 2,5 - 5,0 mW/(mK)
- ♦ Löttahtfestigkeit der Folien > 4,4 N/mm²
- ♦ Permeabilitätsbeständigkeit der Folie
 - Sauerstoffdurchlässigkeit < 0,0005 cc/m²d
 - Wasserdampfdurchlässigkeit < 0,01 g/m²d

• Projektergebnisse

→ Entwicklung und Erprobung Löttechnologie

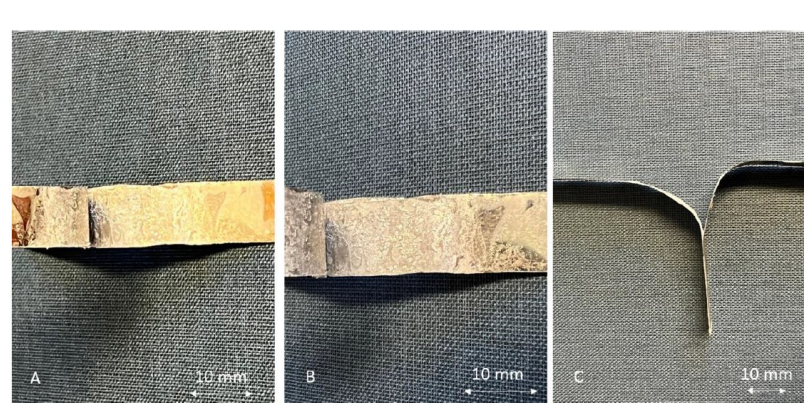
Das Löten der Edelstahlfolien ist eine ideale Füge-technologie, da dabei die Edelstahlfolien nicht aufgeschmolzen werden. Lediglich das Lot schmilzt und reagiert chemisch mit den Fügepartnern. Die Fügeflächen können dabei sehr breit ausgeführt werden, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit in der Vakuum-Dichtheit erreicht werden kann. Insgesamt ermöglicht dies auch extrem dünne Folien vakuumdicht zu fügen. Praktisch kann die Löttechnologie in zwei Varianten ausgeführt werden:

♦ Weichlöten:

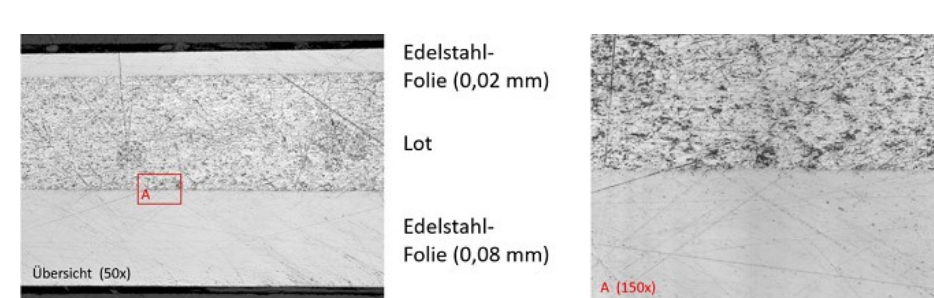
Bis zu einer Schmelztemperatur des Lotes von 450 °C. Die Anbindung des Lotes an den Grundwerkstoff erfolgt über eine physikochemische Bindung.



Versuchsaufbau Weichlöten



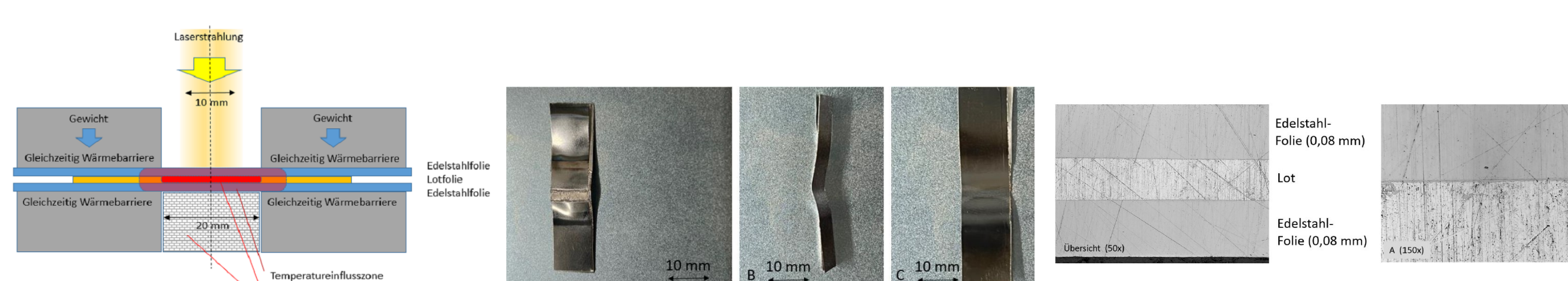
weichgelötete Edelstahlfolien



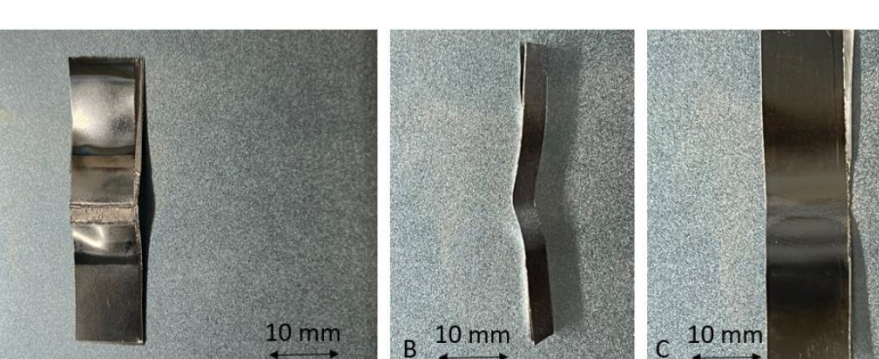
Querschliff Lötnaht (REM)

♦ Hartlöten:

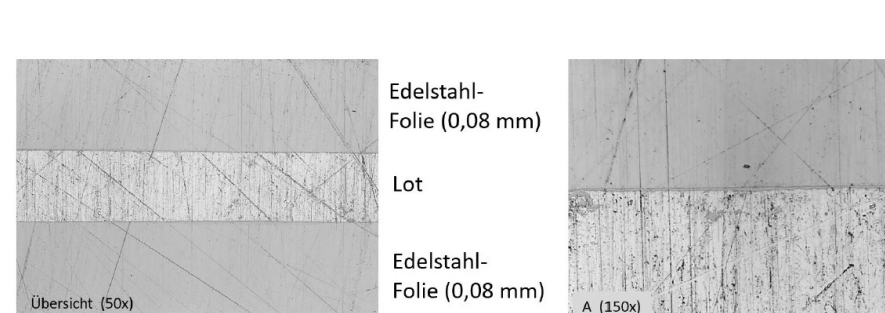
Ab einer Lot-Schmelztemperatur von 450 °C. Die Anbindung des Lotes an den Grundwerkstoff erfolgt über eine sehr stabile chemische Bindung mit hoher mechanischer Festigkeit.



Versuchsaufbau Laser-Löten

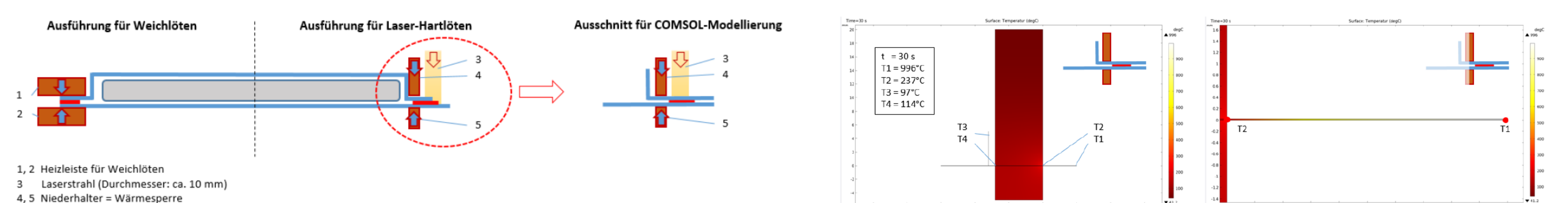


lasergelötete Edelstahlfolien



Querschliff Lötnaht (REM)

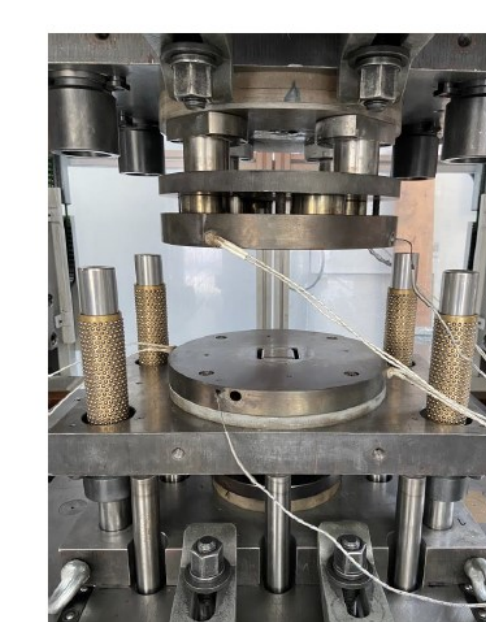
→ Simulationen Produkt- und Verfahrensausführung



Modellbildung thermische Simulation mittels COMSOL

Simulationsergebnis mittels COMSOL (Zeitpunkt: 30 s)

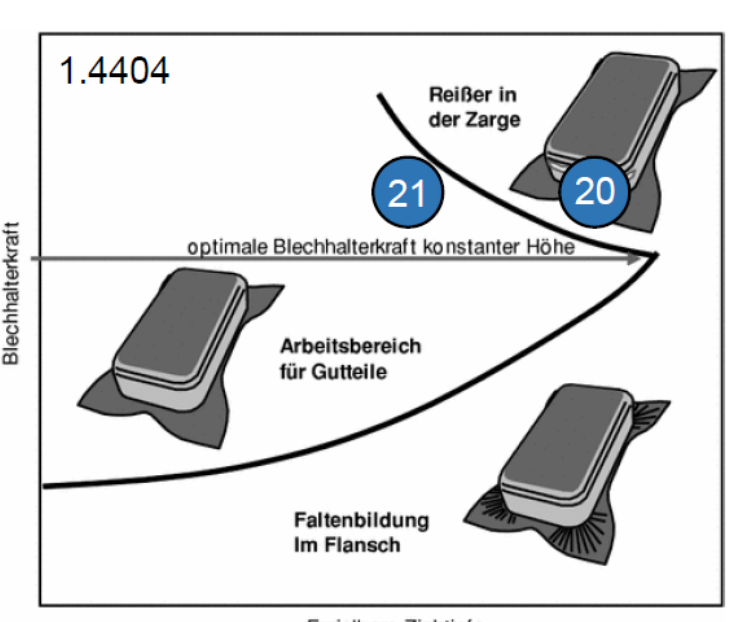
→ Formgebung Edelstahlfolien Hüllverbund (Tiefziehversuche)



Versuchsaufbau Rechtecknapfwerkzeug

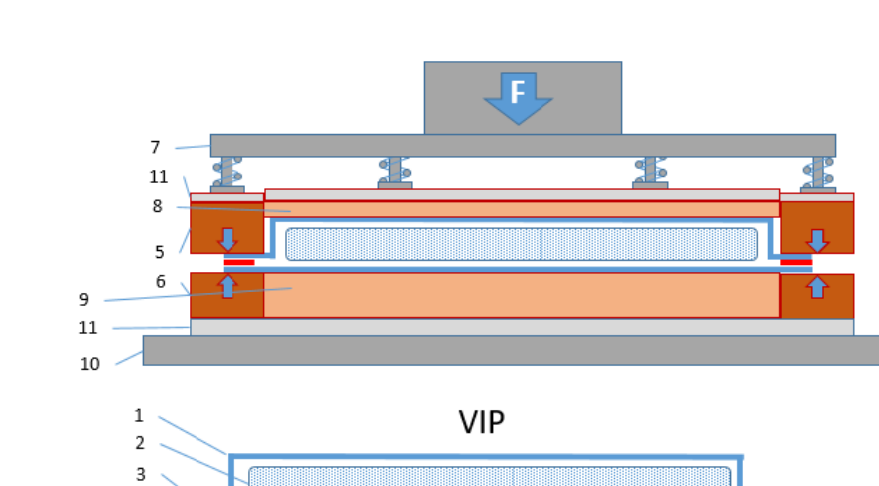
Einfluss des Werkstoffes und der Festigkeit des Werkstoffes					
Vierkanten-Ausmaß	Werkstoff	Festigkeit (MPa)	Stärke (mm)	Ziehstärke (mm)	Niederhalterkraft (kN)
19	1.4310	F 15-1700	0.10	10	40
21	1.4310	F 11-1500	0.10	12	40
23	1.4404	F 200-800	0.10	10	40

Einfluss Werkstofffestigkeit auf Umformverhalten

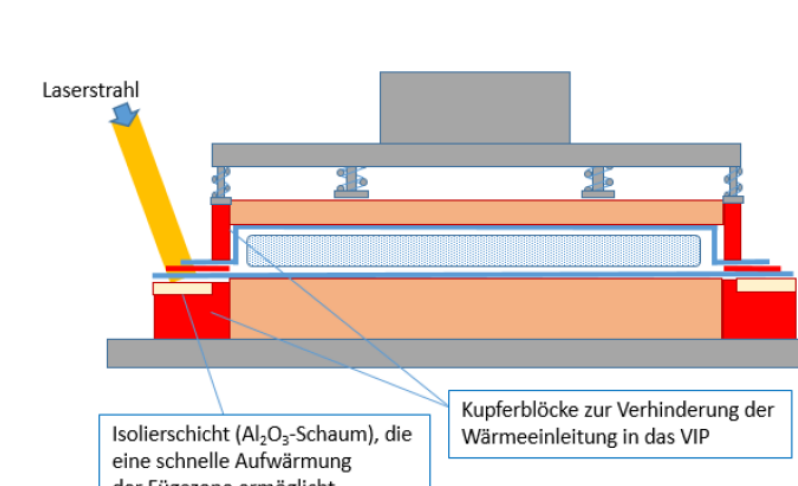


Prozessfenster Tiefziehen nach Klamsper

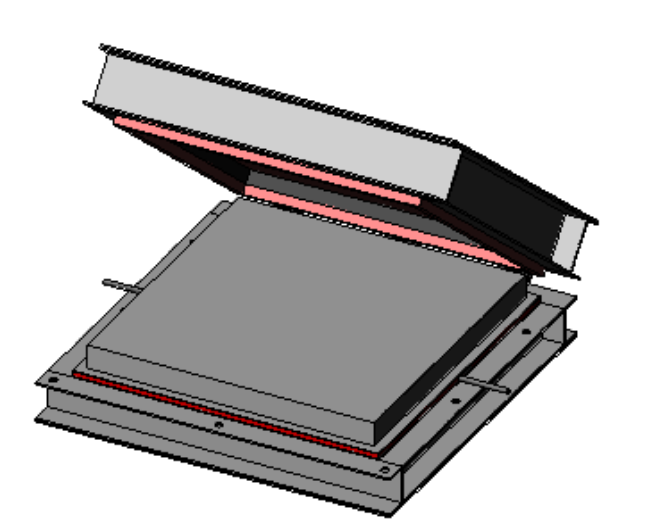
→ Entwicklung Lötvorrichtung



Lötvorrichtung Weichlöten



Lötvorrichtung Laserlöten



Lötvorrichtung für nachträgliche Evakuierung

