

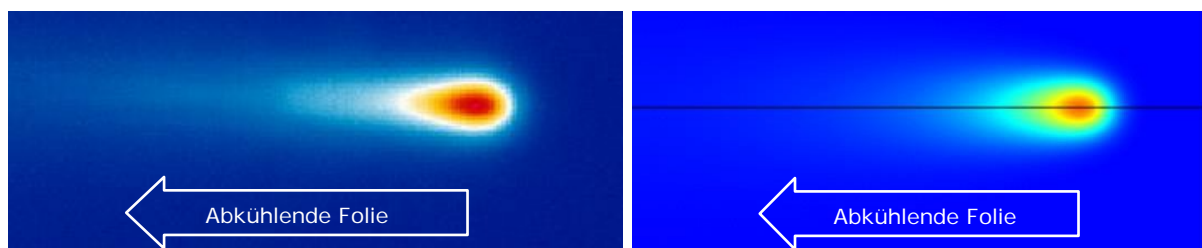
## Zusammenfassung zum Schlussbericht

### Entwicklung einer Laseroptik und Prozessführung sowie einer Prozesskontrolle für das prozesssichere und qualitätsgerechte Laserfügen flexibler Kunststoffverbunde (Laserdurchstrahlfügen)

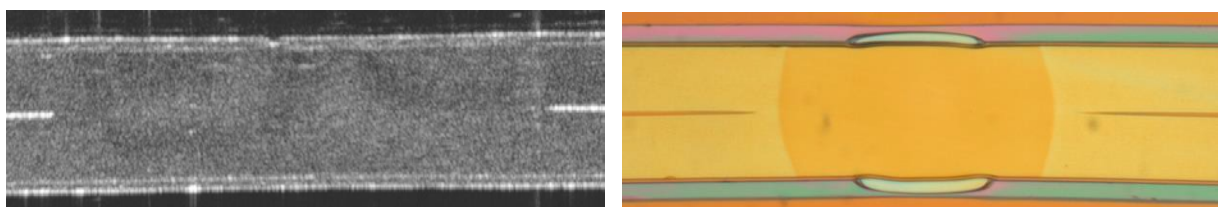
Bei der Verbrauchsgüterherstellung geht der Trend zur Individualisierung von Produkten – vielfach mithilfe ihrer Verpackung. Kleine Losgrößen bedingen dabei häufige Formatwechsel verbunden mit höherem Logistikaufwand, häufigen Stillständen und reduzierter Anlagenverfügbarkeit. Klassische thermische Fügeverfahren gelangen hier an Grenzen.

Neue Diodenlaserstrahlquellen im oberen Nahinfrarotbereich korrelieren sehr gut mit folien-spezifischen Absorptionsbanden (→ Energiewandlung ohne zusätzliche Absorber), sind fasergängig, ermöglichen eine kompakte Bauform, versprechen künftig preisgünstige, formatflexible Systeme und stellen damit eine effektive Alternative dar. Allerdings fehlen zum Fügen dünner (Verbund)folien bislang Kenntnisse zur Ausprägung des Temperaturfeldes in der Nahtzone und zur Überwachung der Nahtqualität.

Mittels Infrarotthermographie wurden im Projekt Energiewandlung und zeitlich-räumliche Temperaturentwicklung in der Naht in Abhängigkeit von Folienmaterial und Prozessparametern quantifiziert und mit einer numerischen Simulation der Erwärmungsvorgänge verglichen (Abbildung 1). Material- und Nahtanalysen (Abbildung 2) lieferten die Voraussetzung für die Validierung der Mess- und Simulationsdaten und damit die Grundlage für eine Qualitätskontrolle. Darüber hinaus wurde eine Fokussieroptik mit verstell- bzw. wechselbaren optischen Elementen zur Anpassung von Brennweite, Fokussdurchmesser und numerischer Apertur an die vorliegenden Prozessanforderungen entwickelt.



**Abbildung 1** Wärmespur im Thermographiebild (links) und Temperaturfeld aus der Simulation (rechts) für eine optische Laserleistung von 22,5 W und eine Vorschubgeschwindigkeit von 16 mm/s



**Abbildung 2** Laserfügennaht eines PET12/PE90 gegen sich selbst als OCT-Aufnahme zur Nahtvermessung (links) und als mikroskopierter Dünnschnitt zur Analyse der Wärmeeinflusszone (rechts)

Die Projektergebnisse zeigen, dass zwischen thermographisch erfasstem Temperaturprofil und physisch vorliegender Nahtbreite eine Korrelation herstellbar ist. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der tatsächlichen Nahtbildungs(start)temperatur. Diese weicht deutlich von der mithilfe von DSC-Messungen ermittelten Schmelzpeaktemperatur ab, sodass diese Art der Materialcharakterisierung nur sehr eingeschränkt geeignet ist. Weiterführende rheometrische Messungen der sogenannten Klebrigkeit lieferten hier deutliche bessere Übereinstimmungen. Anhand von Zersetzungstemperatur (aus TGA) und Temperaturprofil kann zudem auf den Energieeintrag geschlossen werden, ab dem mit einer Materialzerstörung gefolgt von der Abnahme der Nahtfestigkeit zu rechnen ist. Da beim Laserfügen mit punktförmigem Fokus sehr kurze Wechselwirkungszeiten mit dem Folienmaterial vorliegen, ist die Mindestzeit von Interesse, während der die Temperatur in der Nahtzone oberhalb der Nahtbildungstemperatur liegen muss, um eine hinreichende Polymerkettenverschlaufung und damit Nahtfestigkeit zu erreichen. Diese minimale Schmelzhaltezeit konnte abgeschätzt, jedoch aufgrund physikalischer Beschränkungen nicht exakt quantifiziert werden.

Mit der erarbeiteten Methodik, die auch auf andere Lasersysteme übertragbar ist, kann eine Prognose und eine Inprozesskontrolle der Nahtqualität basierend auf Infrarotthermographie erfolgen. In Bezug auf die zur Validierung notwendige Materialcharakterisierung besteht weiterer Forschungsbedarf insbesondere bezüglich der tatsächlichen Schmelzpeak- bzw. Nahtbildungstemperatur bei Erwärmungsraten von mehreren tausend Kelvin pro Sekunde, wie sie beim Laserfügen erreicht werden. Mit der entwickelten verstellbaren Fokussieroptik konnte der Einfluss der Optikparameter auf Werkzeugaufbau und Nahtcharakteristik verdeutlicht werden.

IVLV-Mitglieder können den vollständigen Projektabschlussbericht auf unserer Homepage herunterladen. Hierzu ist nur eine Anmeldung in der Rubrik [„Meine IVLV“](#) erforderlich. Nicht-Mitglieder können den Abschlussbericht gegen einen Unkostenbeitrag bei der IVLV-Geschäftsstelle unter [office@ivlv.de](mailto:office@ivlv.de) anfordern.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsnetzwerk  
Mittelstand

Das IGF-Vorhaben 19458 BG der Forschungsvereinigung Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e. V. – IVLV, Giggenhauser Str. 35, 85354 Freising, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) und –entwicklung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert.