

# Den Hot Spots auf der Spur

## Analyse der Temperaturverteilung in Siegelnähten im Ultraschallprozess

Das Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV) in Dresden forscht im Rahmen eines AiF-Gemeinschaftsforschungsprojekts der IVLV an den Besonderheiten des Ultraschallsiegelprozesses. Auf die Ausformung einer qualitätsgerechten Siegelnaht hat vor allem das Fließverhalten der Polymerschmelze entscheidenden Einfluss. Mithilfe eines neuen Versuchsaufbaus ist es möglich, die Temperaturverteilung in der Siegelnaht während des Ultraschallprozesses näher zu analysieren.

Die Vorteile des Foliensiegels mit Ultraschall liegen unter anderem in der Verwendung unbeheizter Werkzeuge, die eine Schonung thermisch sensibler Packgüter ermöglichen oder schmalere Siegelnähte, die zu Packstoffeinsparungen führen. Dazu kommt eine höhere Ausbringung dank kürzerer Siegelzeiten. Auf die Ausformung einer qualitätsgerechten Siegelnaht hat vor allem das Fließverhalten der Polymerschmelze entscheidenden Einfluss. Mithilfe eines neuen Versuchsaufbaus ist es möglich, die Temperaturverteilung in der Siegelnaht während des Ultraschallprozesses näher zu analysieren. Nachdem in einem vorhergehenden Gemeinschaftsforschungsprojekt der IVLV (siehe LT 7-8/10, Seite 44 f.) die Grundlage zur methodischen Erfassung des Verfahrens gelegt wurde, wird im aktuellen Projekt des Fraunhofer AVV dem weiteren Untersuchungsbedarf Rechnung getragen. Eine optimale Prozessführung, die auf die spezifischen Eigenschaften der verwendeten Verpackungsfolien abgestimmt ist, kann wie bei jedem anderen Fügeverfahren eine hohe Nahtqualität gewährleisten. Jedoch unterscheiden sich der Prozessablauf und die Nahtbildungsvorgänge beim Ultraschallsiegeln deutlich von anderen Siegelverfahren. Die notwendige Ermittlung von optimalen Ultraschall-Siegelparametern mithilfe von Versuchsreihen ist nicht nur teuer, sondern auch sehr zeitaufwändig. Besonders für kleine und mittelständische Unternehmen ist es daher oft schwierig, das optimale Prozessfenster zu bestimmen, um damit den Anforderungen an eine qualitätsgerechte Siegelnaht zu genügen. Ziel des Projekts ist es deshalb, eine prozessnahe Methode zur Bestimmung des Prozessfensters zu entwickeln,

die ohne spezielle Versuchsaufbauten direkt durch den Anwender ausgeführt werden kann, um die Attraktivität des Ultraschallsiegelverfahrens weiter zu steigern.

### Prozessverständnis wird erweitert

Das Erwärmungsverhalten verschiedener Folienverbunde war Gegenstand umfangreicher Untersuchungen im vorhergehenden Projekt. Dabei wurde das Verhalten der Schmelze als einer der wichtigsten Einflüsse auf die Nahtqualität identifiziert. Das aktuelle Forschungsprojekt

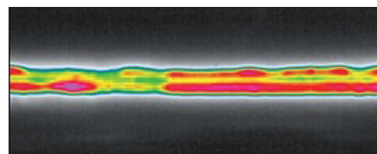


Abbildung 1: So sieht eine vergleichsweise homogene Temperaturverteilung aus

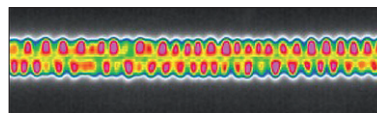


Abbildung 2: Ein Beispiel für starke lokale Temperaturerhöhungen

greift diese Erkenntnisse auf und erweitert durch weitergehende Untersuchungen das Prozessverständnis des Ultraschallsiegelprozesses. Untersuchungsschwerpunkt ist dabei das Fließverhalten der Polymerschmelze, da es die Ausformung der Siegelnaht maßgeblich bestimmt. Von der Ausformung der Naht hängt die Nahtqualität ganz entscheidend ab. Insbesondere Unterschiede in Festigkeit und Dichtigkeit lassen sich unter anderem auf die Form einer Siegelnaht zurückführen. Nicht zuletzt ist auch der optische Eindruck zur Beurteilung einer anforderungsgerechten Siegelnaht entscheidend. Durch die tiefgreifende Kenntnis des Prozessablaufs wird es möglich,

Empfehlungen für eine optimale Prozessführung zu geben.

Eine weitere Erkenntnis aus dem vergangenen Forschungsprojekt war der Zusammenhang zwischen Prozessablauf und Prozessdaten, welche direkt am Siegelgerät gemessen werden können. Ein zweiter Teil des Forschungsprojekts widmet sich daher der Analyse dieser Prozessdaten und der Entwicklung einer Methode, mit deren Hilfe sich das Prozessfenster eingrenzen lässt. Umfangreiche Untersuchungen zu Materialparametern im Hinblick auf gute Siegelfähigkeit und optimale Siegelparameter benöti-

gen meist spezielle Prüfeinrichtungen und erfordern langwierige Versuche. Das Ultraschallsiegelverfahren bietet den Vorteil, Daten direkt aus dem Prozess abgreifen zu können, ohne aufwändige Messtechnik integrieren zu müssen. Das Ziel ist, eine sehr prozessnahe Methode zu entwickeln, die diese Prozessdatenverläufe charakterisiert und klassifiziert. Die Erarbeitung von charakteristischen Kenngrößen zur Beurteilung der Ultraschallsiegelbarkeit erlaubt eine einfache Abschätzung des material-spezifischen Prozessfensters.

### Der Messaufbau für Infrarotmessungen

Um die Temperaturverteilung und -ausbreitung während des Siegelvorgangs beobachten zu können, wurde ein spezieller Versuchsaufbau entwickelt. Als Amboss kommt dabei ein Saphirglas zum Einsatz, das für Infrarotstrahlung durchlässig ist. Der beim Ultraschallsiegeln nötige Energierichtungsgeber befindet sich in dem Fall in der Sonotrode. Über einen polierten Metallspiegel wird die Infrarot-

**IVLV**  
Wissen vernetzen!

IVLV e.V.

Schragenhofstraße 35  
80992 München  
Tel.: 089/14 90 09 0  
Fax: 089/14 90 09 80  
Internet: www.ivlv.de  
E-Mail: office@ivlv.de

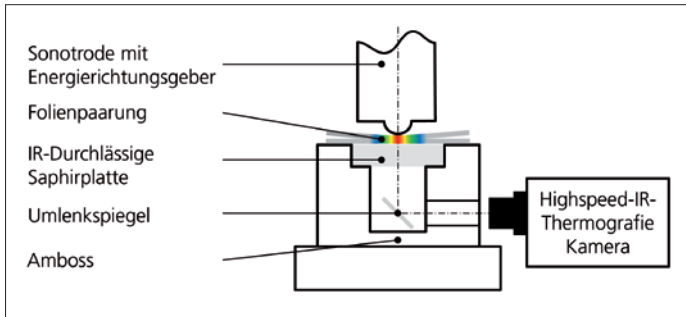


Abbildung 3: Skizze des Versuchsaufbaus zur Messung der Siegelnahttemperatur

strahlung zur Kamera umgelenkt. Es ist damit möglich, die Temperaturverteilung während des Siegelprozesses flächig zu beobachten (Abbildung 3). Vor allem durch den temperaturabhängigen Emissionsgrad der Siegelschichtmaterialien lassen sich derzeit noch keine Messungen der absoluten Temperatur vornehmen. Außerdem weisen die Trägerschicht des Folienverbundes und das Saphirglas keine vollständige Durchlässigkeit für IR-Strahlung auf. Eine Methode zur Kalibrierung der Temperaturmessungen wird derzeit entwickelt, um dadurch eine Analyse der absoluten Temperaturen zu ermöglichen. Erste qualitative Auswertungen der Aufnahmen lassen jedoch bereits jetzt eine Beschreibung des Fließverhaltens zu.

#### Übersicht der ersten Untersuchungsergebnisse

Es konnte bewiesen werden, dass die Ursache für wellige Nahtfronten in einer entsprechend unterschiedlichen Temperaturverteilung der Naht liegt (Abbildung 2). Mithilfe des beschriebenen Aufbaus ist es erstmals möglich, diesen Effekt des Ultraschallsiegelvorgangs näher zu analysieren. Vor allem die zeitliche Ausprägung von zerklüfteten Nahtfronten kann so genauer untersucht werden, da Temperaturverteilung und -ausbreitung während des Siegelprozesses beobachtet werden können. An unterschiedlichen Folienverbunden wurden Messungen durchgeführt, die die Einflüsse von Siegelkraft, Amplitude und Siegelzeit auf den Temperaturverlauf und die Temperaturverteilung untersu-

chen. Der Siegelprozess lässt sich anhand der Aufnahmen in unterschiedliche Zeitbereiche einteilen (Abbildung 4). Die Erwärmung beider Fügepartner erfolgt grundsätzlich in der Nahtmitte. Nach der kurzen gleichmäßigen Erwärmungsphase und dem Aufschmelzen der Siegelschicht entstehen wärmere Bereiche neben der Nahtmitte, die auf die Verdrängung des Siegelmediums durch den Energerichtungsgeber zurückzuführen sind. Im weiteren Verlauf entstehen Bereiche, die teilweise eine stark erhöhte Temperatur aufweisen (Abbildung 1). Diese so genannten "Hot Spots" treten nur lokal begrenzt auf, und die Temperatur gleicht sich mit länger werdender Siegelzeit auch nicht mehr an. Der durch den Energerichtungsgeber bedingte, lokal hohe Siegeldruck verursacht einen sehr schnellen Austrieb der Schmelze in die kühleren Randbereiche. Dabei wird die wärmere, niedrigviskose Schmelze leichter verdrängt, sodass diese Bereiche beim Erstarren die Form einer wellenartigen Naht ausbilden.

#### Einflüsse auf Ausbildung von Hot Spots

Ein grundsätzlicher Unterschied in der Ausprägung der Wellenfront konnte zwischen den untersuchten Polyethylen- und Polypropylen-Siegelmaterialien nicht beobachtet werden. Die Anzahl und Form der Hot Spots ist für jedes Material individuell ver-

schieden. Des Weiteren lassen sich Einflüsse der Prozessparameter auf die Ausbildung der Hot Spots feststellen. Je nach Siegelkraft und Amplitude ist die Ausprägung des Effekts unterschiedlich stark. Generell begünstigen größere Amplituden die Entstehung, während bei kleineren Amplituden dieser Effekt erst bei höheren Siegelkräften auftritt. Kleinere Amplituden führen außerdem zu kleineren und feiner verteilten Hot Spots.

Die am Süddeutschen Kunststoffzentrum (SKZ) in Würzburg im Rahmen des Projekts durchgeführten Materialanalysen lassen ebenfalls Rückschlüsse auf die Wechselwirkungen zwischen Material und Prozessführung zu. Insbesondere bestimmt die Viskosität der Schmelze das Fließverhalten. Eine geringere Viskosität äußert sich in einer deutlich schnelleren Verdrängung des Siegel-

mediums und damit auch in einer breiteren Siegelnaht. Materialien mit niedriger Viskosität neigen auch deutlich stärker zu einer Ausbildung von Hot Spots. Das in Abbildung 2 dargestellte Material hat eine deutlich niedrigere Viskosität als das Material in Abbildung 1, beide wurden mit identischen Prozessparametern gesiegelt. Es ist erkennbar, dass die Schmelze des Materials mit geringerer Viskosität sehr schnell aus der Mitte verdrängt wird. Dieses Material weist eine weitestgehend kraftunabhängige Ausbildung von Hot Spots auf. Im Gegensatz dazu zeigt Abbildung 1, dass bei höherer Viskosität eine homogenere Temperaturverteilung erreicht wird und die Ausbildung von Hot Spots erst bei höheren Siegelkräften auftritt.

#### Ausblick auf das weitere Vorgehen

In Verbindung mit den parallel aufgezeichneten Prozessdaten ergibt sich damit die Möglichkeit, die Wechselwirkungen zwischen diesen Daten und dem Temperaturverhalten, bzw. dem Prozessablauf zu analysieren. Dadurch kann eine Beschreibung der Wirkzusammenhänge zwischen den Materialparametern der Prozessführung und der erreichbaren Nahtqualität erarbeitet werden. Darauf aufbauend wird im weiteren Projektverlauf eine Methode entwickelt werden, mit deren Hilfe es möglich sein soll, den Anwendern des Ultraschallsiegelverfahrens einen Leitfaden zur Ermittlung des Prozessfensters zu geben. KT/BS/ct

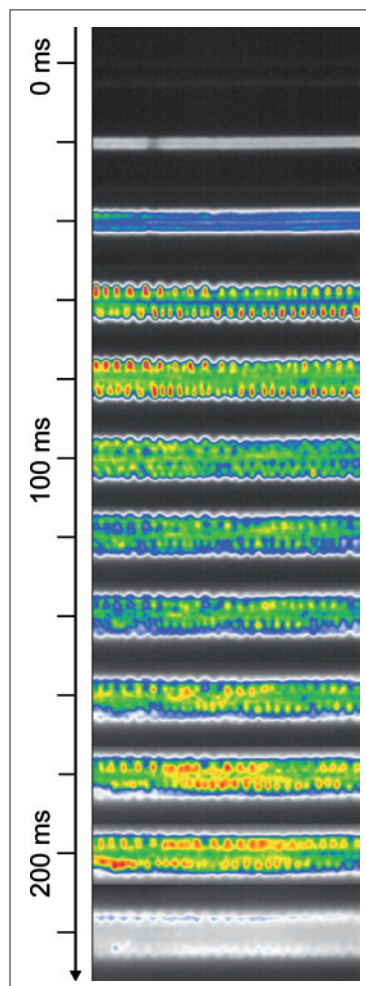


Abbildung 4: Die Temperaturverteilung während des Siegelprozesses im Zeitverlauf

Das IGF-Vorhaben 17194BG der Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.