



Das Heizsystem Time Shifted Heat Control besteht aus Halogen-Infrarotstrahlern, die durch einen individualisierten Berechnungsalgorithmus effizient arbeiten. Die einzelnen Strahler können schnell und ohne Elektriker gewechselt werden

(© Frimo)

## Zur richtigen Zeit am richtigen Ort

*Folien mit Halogen-Infrarotstrahlern und Berechnungsalgorithmus effizienter thermoformen*

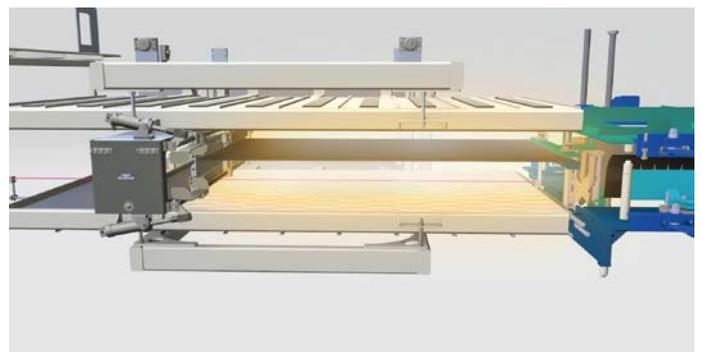
Beim Thermoformen sollen Folien möglichst schnell, definiert und vollflächig aufgeheizt werden. Dafür stellt Frimo die Folientemperierung Time Shifted Heat Control vor. Entscheidend für die Aufheizung via Halogen-Infrarotstrahler ist vor allem ein eigens entwickelter Berechnungsalgorithmus.

Beim Thermoformen wird in der Regel ein flächiges Halbzeug über Infrarotheizungssysteme, Kontaktheizungen, Konvektionsheizungen oder auch Kombinationen aus diesen vorgeheizt und anschließend mittels Vakuum verformt. Wo in herkömmlichen Verfahren relativ träge Heizkacheln Oberflächentemperaturen bis zu 400°C und Heizwendeldrähte in Quarzröhren eine Temperatur von bis zu 600°C erreichen, liegen Halogen-Infrarotstrahler mit Gasfüllung bei Temperaturen im Bereich von 2400°C. Sie kommen auch deshalb zum Einsatz, weil sie ein größeres Abstrahlspektrum ermöglichen und viel schneller reagieren. Aktuelle Heizsysteme werden über die zugeführte elektrische Leistung geregelt. Der Nachteil dabei ist, dass sich damit auch das Abstrahlspektrum und der Wirkungsgrad der Heizstrahler verändern.

Die Frimo Freilassing GmbH hat ein neues Heizkonzept mit Halogen-Infrarotstrahlern entwickelt, das den guten Wirkungsgrad der Strahler für die punktgenaue Folienwärmerung je nach Material bestmöglich nutzt (Bild 1). Die Bezeichnung der neuen Folientemperierung Time Shifted Heat Control (TSHC) deutet bereits an, dass die zur Temperaturregelung verwendeten Variablen der Zeitpunkt und die Einschaltdauer des Heizstrahlers sind. Entscheidend ist der Berechnungsalgorithmus, der von

den Frimo-Experten im eigenen Hause entwickelt wurde. Auf seiner Basis werden die einzelnen Strahler unter Berücksichtigung der gegenseitigen Überlagerungen und der Peripherie zum jeweils geeigneten Zeitpunkt zugeschaltet.

Die Betriebsweise von IR-Strahlern, die sich in einem Heizfeld auch gegenseitig beeinflussen und deren Heizleistung sich überlagert, nach dem „Trial-and-Error“-Prinzip zu ermitteln, »



**Bild 1.** Exemplarisches Heizfeld einer mit TSHC ausgerüsteten Thermoformanlage (© Frimo)

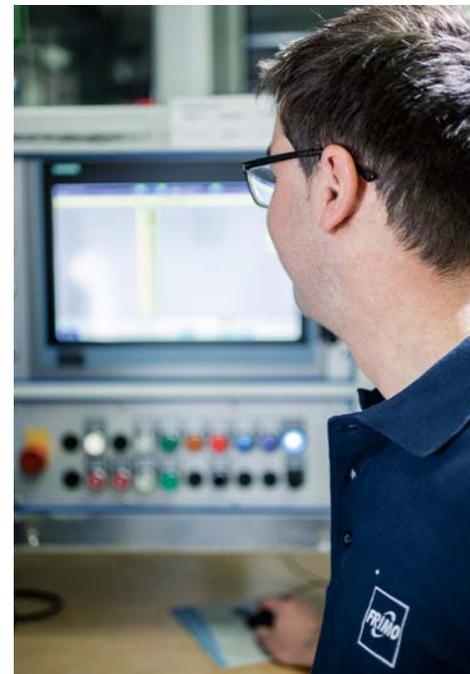
ist wenig erfolgversprechend. Daher wurde ein Algorithmus entwickelt, der den Einfluss eines jeden Strahlers berechnet und in einem Rechenprogramm hinterlegt. Mit diesem Know-how spart die Heizungssteuerung Energie, Zeit und auch Platzbedarf beim Heizen ein.

### *Komplettanlage zur Folienerwärmung*

Im Ergebnis stellt Frimo mit TSHC eine alternative Heizung für das Thermoformen vor, die eine Reihe von Vorzügen mit sich bringt. Anlagenbediener können am Eingabepanel zunächst die zu erzielende Oberflächentemperatur des Folienhalbzeugs in Grad Celsius vorgeben (**Bild 2**). Bei herkömmlichen Systemen erfolgt die Eingabe üblicherweise in Prozent der maximal möglichen Leistung, die exakt gewünschte Temperatur ist in der Regel

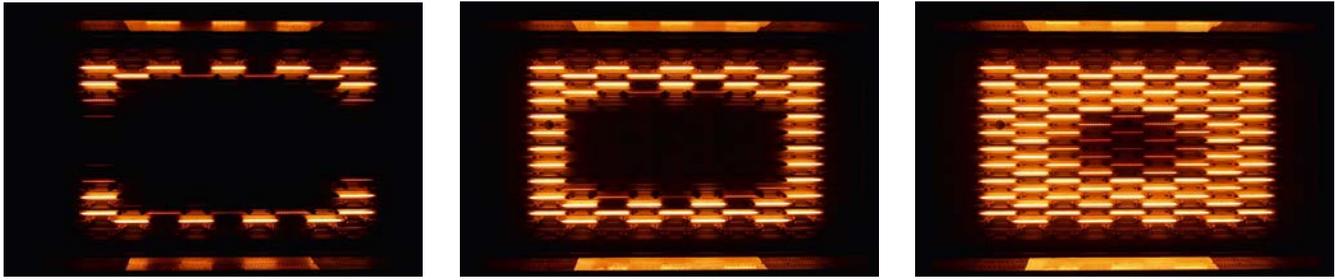
**Bild 2.** Der Bediener kann die zu erzielende Oberflächentemperatur des Folienhalbzeugs bequem in Grad Celsius und nicht wie sonst üblich in Prozent einer Maximalleistung vorgeben

(© Frimo)



nur über ein Nachjustieren der Parameter erreichbar. Bei TSHC ermittelt ein Berechnungsalgorithmus für jeden Strahler den bestmöglichen Einschaltzeitpunkt. Dabei können bei Bedarf für bestimmte Zonen des Halbzeugs auch unterschiedliche Temperaturen vorgewählt werden. Eine Plausibilitätsprüfung hilft physikalisch unmögliche Temperaturvorgaben auszuschließen. Reflexionseffekte, beispielsweise von einem Spannrahmen, werden ebenfalls berücksichtigt.

Durch diese individuelle Zuschaltung der einzelnen Strahler zum jeweils richtigen Zeitpunkt wird erreicht, dass die Folie am Ende des Heizprozesses vom Rand bis in die Mitte überall die gleiche bzw. die gewünschte Oberflächentemperatur hat (**Bilder 3 und 4**). Die charakteristischen Eigenschaften unterschiedlicher Halbzeuge werden für jeden Folientyp durch einen einmaligen Testdurchlauf automatisiert ermittelt, abgespeichert und für die spätere Verarbeitung in den Berechnungsprozess integriert. Hier spielen neben dem verwendeten Kunststoff (TPO, PVC, etc.) und der Foliendicke auch die Farbe oder eingesetzte Füllstoffe eine Rolle. Dieser Kalibrierungs-



**Bild 3.** Strahlereinschaltsequenz nach 1 s (links), 3 s (Mitte) und 4,5 s (rechts). Der Spannrahmen beeinflusst die Erwärmung der Folie am Rand. Daher werden die Halogen-Infrarotstrahler am Rand früher eingeschaltet als in der Mitte der Folie (© Frimo)

durchlauf kann für unterschiedliche Chargen gegebenenfalls wiederholt werden.

### *Geringerer Platzbedarf und höhere Flexibilität*

Am Ende der Heizphase werden alle Strahler gleichzeitig abgeschaltet. Sie kühlen danach sofort ab, sodass das Heizstrahlerfeld bei einem Verarbeitungsstopp nicht, wie bislang erforderlich, zur Seite gefahren oder geschwenkt werden muss. Auf diese Weise kann Aufstellfläche eingespart werden.

Für bestimmte Anwendungsbereiche können die einzelnen Strahler auch so angesteuert werden, dass die Folie an definierten Stellen unterschiedliche Oberflächentemperaturen erreicht. Sinnvoll kann dies für unterschiedliche Verstreckverhältnisse oder auch verschiedene Bauteilbereiche wie Brüstung oder Armauflage einer Türverkleidung sein. Da die Strahler sofort abkühlen, ist auch ein variierendes Aufheizbild von einem zum anderen Schuss möglich, wie beispielsweise bei zyklischer Produktion von Rechts- und Links-Bauteilen. Mit vergleichsweise trägen Heizkacheln oder Quarzstrahlern ist diese Flexibilität nicht realisierbar.

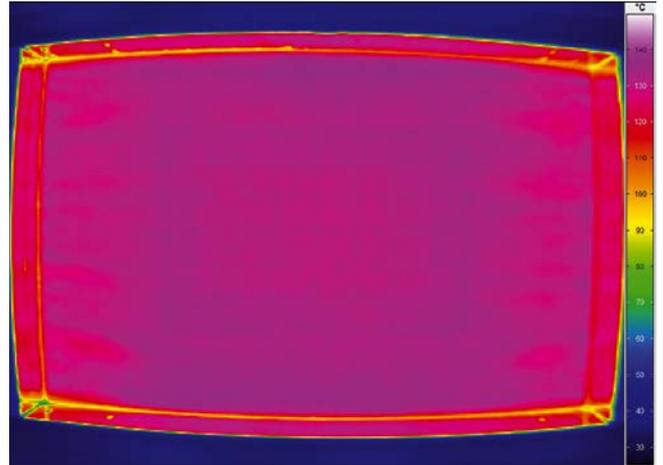
Einen weiteren Zugewinn an Flexibilität bietet das neuartige Heizsystem hinsichtlich gewünschter Zykluszeitvariationen. So kann bei sich produktionsbedingt verändernder Zykluszeit die

Heizzeit konstant bleiben. Musste bislang beispielsweise bei einer Inline-Anlage die Zykluszeit verlängert oder verkürzt werden, so war es erforderlich, den gesamten Heizprozess zu verändern und anzupassen. Mit der TSHC wird der Heizprozess später gestartet, wobei sämtliche Heizparameter unverändert bleiben können.

### *Energieeinsparung und kürzere Zykluszeiten*

Sofort heiße und sofort wieder abkühlende Strahler reduzieren nicht nur die Brandgefahr. Aufgrund des sehr guten Wirkungsgrads, mit dem alle Heizstrahler betrieben werden, können sowohl Heizzeit als auch Energiebedarf um bis zu 40% reduziert werden. Die Strahler müssen vor Produktionsbeginn nicht langwierig aufgeheizt und während der Produktion sowie bei kurzen Produktionsunterbrechungen nicht ständig im Standby-Modus heiß gehalten werden. So heizen sie auch nicht unnötig die Produktionsumgebung auf. Durch die optimal an die Halbzeugeigenschaften angepasste Heizungssteuerung und den Wegfall der Aufheizphase der Heizelemente werden bereits ab dem ersten Schuss Gutteile produziert.

Bei den eingesetzten standardisierten „Easy-Maintenance“-Heizmodulen können die leicht steckbaren Halogen-Strahler in Sekundenschnelle vom Maschinenbediener getauscht »



**Bild 4.** Ein Infrarot-Bild zeigt die homogene Wärmeverteilung nach dem Aufheizen der Folie (© Frimo)

werden (**Titelbild**). Es ist kein Elektriker erforderlich. Die Steuerung gibt über eine Fehlermeldung genau Auskunft, welcher Strahler getauscht werden muss.

### Fazit

Die Heizungsregelung Time Shifted Heat Control (TSHC) erleichtert das Erreichen der Folientemperaturverteilung. Nach der Eingabe absoluter Temperaturwerte in Grad Celsius in das Display ermittelt der beschriebene Berechnungsalgorithmus Einschaltzeitpunkt und Einschaltdauer jedes einzelnen Strahlers. Dabei werden auch Effekte angrenzender Strahler berücksichtigt und automatisch der Einfluss der Spannrahmengometrie berechnet. So entsteht ein zyklisch veränderbares Heizbild.

TSHC wird bereits erfolgreich in Serie eingesetzt und bewirkt nachweislich Energieersparnis und kürzere Heizzeit. Darüber hinaus ist es einfach instandzuhalten und benötigt nur geringen Bauraum. Auch bestehende Anlagen können mit TSHC nachgerüstet werden. Das Komplettsystem eignet sich besonders für technische anspruchsvolle Anwendungen etwa für den Automobil-Innenraum. ■

## Die Autoren

**Christian Frauenschuh** ist Leiter Forschung und Entwicklung der Frimo Freilassing GmbH.

**Roland Giglmaier** ist als Entwicklungsingenieur bei Frimo in Freilassing tätig.

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter  
[www.kunststoffe.de/6693179](http://www.kunststoffe.de/6693179)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine  
*Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)