



Das Turbotherm-Modul ist als „Plug and Play“-Baugruppe aufgebaut und wird über eine Adapterplatte im Handlingsystem aufgenommen © Varioplast

## Variothermie aus dem Druckluftnetz

*Varioplast hat ein dynamisches Temperierverfahren entwickelt, das ohne jegliche Änderung der Spritzgießform auch nachträglich eingesetzt werden kann*

Als Hersteller von sowohl beschichteten als auch unbeschichteten Hochglanzkunststoffteilen ist Varioplast seit jeher mit dem Problem störender Bindenähte und Fließlinien auf Formteilerflächen konfrontiert. Die konventionellen variothermen Verfahren sind jedoch aus Gründen der Gesamtwirtschaftlichkeit nur bedingt geeignet, dem kundenseitig ausgeübten Kostendruck auch künftig entgegenzuwirken. Auf der Fakuma 2017 hat der Kunststoffverarbeiter erstmalig ein neues Verfahren präsentiert.

**N**ur ein Teil der Kunststoffbauteile lässt sich im klassischen Spritzgießverfahren als gebrauchsfertiges Produkt herstellen. Eine große Anzahl von Produkten ist qualitativ oder funktionell so anspruchsvoll, dass der einfache Spritzgießprozess um eine spezielle Technologie wie etwa die dynamische Temperierung erweitert oder das Produkt im Nachgang z.B. durch Beschichten, Bedrucken oder Fügen veredelt werden muss. Dies ist insbesondere bei dekorativen Bauteilen der Fall. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen Verarbeiter zusätzliche Arbeitsschritte möglichst vermeiden und in der Gesamtaus-

legung des Prozesses eine hohe Qualität und Wirtschaftlichkeit erreichen.

### *Die Idee: heiße Luft aus der Düse*

Insbesondere das Variothermie-Verfahren eröffnet hier Möglichkeiten, auf Folgeprozesse verzichten zu können. So erlaubt es eine erhöhte Werkzeugwandtemperatur beispielsweise, Bindenähte optisch zu eliminieren oder die Wandstruktur exakter abzuformen. Auch das Verhältnis von Fließweg zu Wanddicke lässt sich so positiv beeinflussen. Oft ist es dazu notwendig, das gesamte Werkzeug zu erwärmen,

jedoch nicht immer. Genau hier setzt ein neues Verfahren an, das die Varioplast Konrad Däbritz GmbH, Ötisheim, nach vierjähriger Entwicklungszeit in Kooperation mit der Hochschule Pforzheim zur Serienreife gebracht und auf der Fakuma 2017 erstmalig vorgestellt hat.

Das unter dem Namen „Turbotherm“ vermarktete Verfahren kann ohne jegliche Änderung des Spritzgießwerkzeugs auch nachträglich eingesetzt werden. Seine Energie- und Kosteneffizienz beruhen darauf, dass es gezielt nur den Bereich der Kavitätsoberfläche erwärmt, in dem Oberflächenfehler auftreten. »



**Bild 1.** Im Serieneinsatz wird auf der Auswerferseite das fertige Teil entnommen, während parallel auf der Düsen- seite die Kavität aufgeheizt wird (links). Das 3D-gedruckte metallische Heizkopfmodul (rechts) ermöglicht eine schnelle Anpassung an kundenspezifische Geometrien im Werkzeug © Varioplast

## Vorteile des Verfahrens

Das Turbotherm-Verfahren steht nach Angaben des Herstellers für Effizienz und hohe Produktqualität, weil

- keine Änderungen am Spritzgießwerkzeug erforderlich sind,
- das System auch an Mehrfach-Werkzeugen nachträglich eingesetzt werden kann,
- der Prozess stabil und reproduzierbar abläuft,
- sichtbare Bindenähte vollständig eliminiert werden,
- fehlerfreie Formteilerflächen für Beschichtungsprozesse hergestellt werden,
- die detailgetreue Abformung der Kavitätsoberfläche auch mit komplexen Geometrien gelingt,
- längere Fließwege bei dünnwandigen Bauteilen möglich sind,
- sich produktspezifische Düsen und Glocken generieren lassen.

### Zahlen, Daten, Fakten:

- durchschnittlicher Stromverbrauch 1,4 kW
  - durchschnittlicher Luftverbrauch 50 l/min
  - Stromanschluss 400 V, 16 A
  - Luftanschluss 0,5 MPa, 120 l/min
  - Gewicht ca. 3 kg (abhängig von der spezifischen Geometrie)
  - Abmessungen ca. 150 x 150 x 120 mm (L x B x H, abhängig von der spezifischen Geometrie)
  - Wärmeeinflusszone im Ø ca. 70 mm
  - Aufheizgeschwindigkeit bis zu 10 K/s
- Die Werte gelten für eine 3,6-kW-Einheit, die Leistung ist skalierbar.

Zu Beginn der Entwicklung betrachtete Varioplast die diversen bereits am Markt existierenden Verfahren zur variothermen Prozessführung wertanalytisch und erarbeitete Ideen zur Entwicklung eines neuartigen Moduls. Die wichtigsten Vorgaben dabei lauteten:

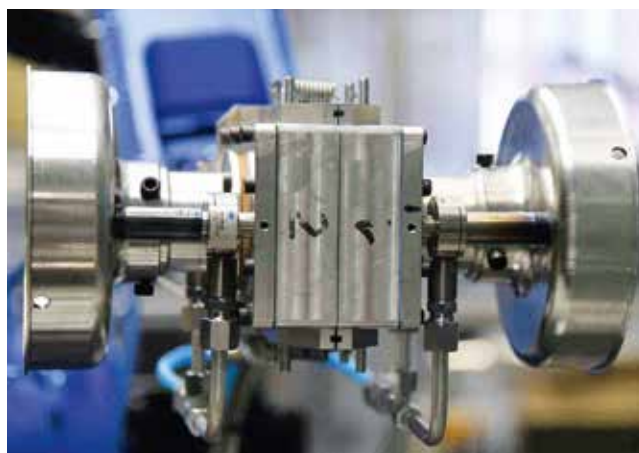
- keine Änderungen am Werkzeug vornehmen zu müssen,
- kurze Aufheizzeiten für einen wirtschaftlichen Einsatz zu erzielen,
- den Einsatz durch ein Roboterhandling zu flexibilisieren,
- die Werkzeugkonturen zu berücksichtigen sowie
- Energie- und Kosteneffizienz anzustreben.

Analysen ergaben, dass am Markt kein Verfahren verfügbar ist, das diese Kriterien zur Gänze erfüllt. Dies war für Varioplast der Anlass für die Eigenentwicklung. Die Idee war, mit einer Kombination aus turbulenter Heißluftströmung,

hochwirksamen Heißdüsen, Luftbeschleunigung nach dem Venturiprinzip und Wärmerückführglocke eine hohe Wirtschaftlichkeit im Bereich der variothermen Prozessführung beim Spritzgießen zu erzielen.

### *Das Heizmodul: für ein- und zweiseitigen Einsatz konzipiert*

Eingangs standen umfangreiche Grundsatzzuntersuchungen an der Hochschule Pforzheim, Fakultät für Technik, auf der Agenda: zum Verhalten turbulenter und laminarer Strömungen, zur Effizienz unterschiedlicher Düsenformen in der Wärmeübertragung auf die Werkzeugoberfläche, zum optimalen Abstand zwischen Düse und Werkzeug und zu Prozessparametern wie Temperatur, Luftdruck und Aufheizzeiten. Mit entwicklungsbegleitenden Tests der diversen Ausführungsformen des Heizmoduls an Produktions-



**Bild 2.** Die Turbotherm-Module können bei Bedarf auf Düsen- und Auswerferseite eingesetzt werden © Varioplast

**Bild 3.** Oberfläche eines Formteils mit (links) und ohne (rechts) Einsatz von Turbotherm. Einmal ist keine Bindenaht sichtbar, im anderen Fall schon (© Varioplast)



maschinen im Hause Varioplast ergab sich iterativ die beste Lösung.

Der Aufbau des Turbotherm-Heizmoduls umfasst folgende Baugruppen:

- einen Heizkopf mit spezifischer Düsenteknik und Luftversorgungseinheit,
- eine Absaugglocke,
- einen Schaltkasten mit integrierter Steuerung,
- ein Bypassventil zur gezielten Steuerung der Werkzeugkühlung in Verbindung mit dem Einsatz des Heizmoduls, sowie
- entsprechende Verbindungsleitungen und Montageplatten.

Neu ist hier das eingesetzte Wärmeträgermedium, nämlich gewöhnliche Luft aus dem Druckluftnetz des Werks. Das System ist gegen den Ausfall von Druckluft oder Strom steuerungsseitig abgesichert. Die Temperiereinheit ist derart kompakt ausgeführt, dass sie problemlos ins geöffnete Spritzgießwerkzeug einfahren kann. Dazu ist in jedem Fall ein Handlingsystem erforderlich.

Bei einseitiger Erwärmung, z.B. nur der Düsenseite, kann der Roboterarm parallel noch das Teil aus dem vorhergehenden Spritzzyklus entnehmen bzw. ein Einlegeteil platzieren (Bild 1). Für den Einsatz auf Düsen- und Auswerferseite existiert eine Turbotherm-Einheit mit zwei Heizköpfen und mechanischer Zustelleinheit zum Anlegen an die Werkzeugkavitäten (Bild 2). Steuerungstechnisch wird das Heizmodul via Euromap mit der bestehenden Anlage verbunden, dies stellt einen zyklusgenauen Einsatz sicher.

### Prozess-Kenngrößen: System mit skalierbarer Leistung

Hohe Aufheizraten sind im Prozess von maßgebender Bedeutung. Sie werden von mehreren, sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren bestimmt. So kann

ten sehr gute Ergebnisse mit 600°C heißer Luft und hochgradig turbulenten Strömungen im Bereich der Wärmeeinflusszone erzielt werden (Bild 3). Während die geometrisch notwendigen Verhältnisse gegeben sind und kaum verändert werden können, lässt sich im Gegensatz dazu die Lufttemperatur theoretisch noch steigern, um die Aufheizzeiten weiter zu senken (Bild 4).

Turbotherm ist wie alle Variothermie-Systeme in seiner Leistung skalierbar, von 120 W bis 32 kW. Standardmäßig kommen 3,6 kW zum Einsatz. Damit lässt sich ideal der Bereich einer Bindenaht erwärmen. Diese Leistungen sind als maximale Heizleistungen zu verstehen, durch ein Zurückfahren von Luftdurchsatz und elektrischer Leistung auf einen Bruchteil der Heizleistung wird eine mittlere Stromaufnahme von nur etwa 1,4 kW beim Einsatz des Moduls erreicht (Bild 5).

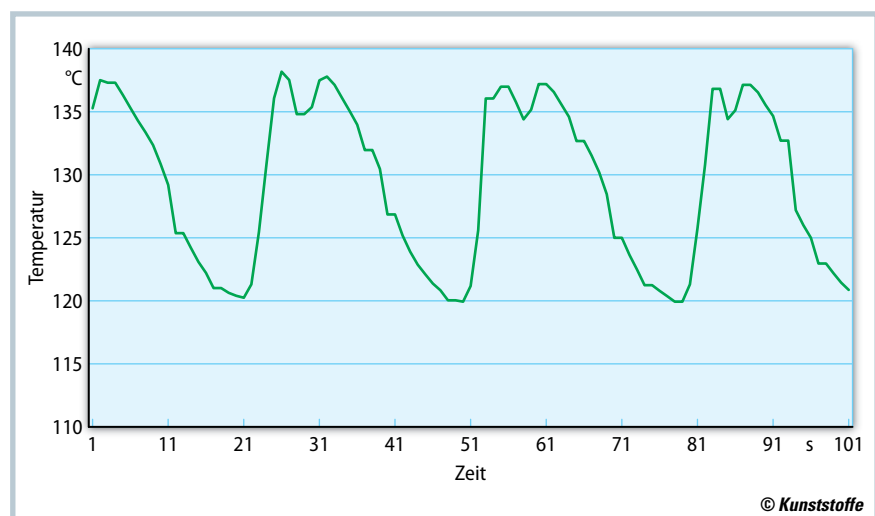
Der geringe Energiebedarf wird durch weitere Maßnahmen unterstützt: So wird

z.B. die verbrauchte Warmluft teilweise in den Prozess zurückgeführt, sodass die Eingangstemperatur am Heizmodul auf ca. 150°C angehoben werden kann. Folglich muss das Heizmodul die Prozessluft nicht von Raumtemperatur aus erwärmen, sondern nur ein geringeres Temperaturdelta überbrücken. Dies spart Energie. Ebenso kann diese „eingesparte“ Energie auch direkt in einen höheren Volumenstrom an Luft durch das Heizmodul umgewandelt und so die Aufheizrate weiter gesteigert werden. Zusätzlich wird durch eine spezielle Isolierplatte in der Warteposition der Handlungseinheit der durchschnittliche Energiebedarf weiter gesenkt.

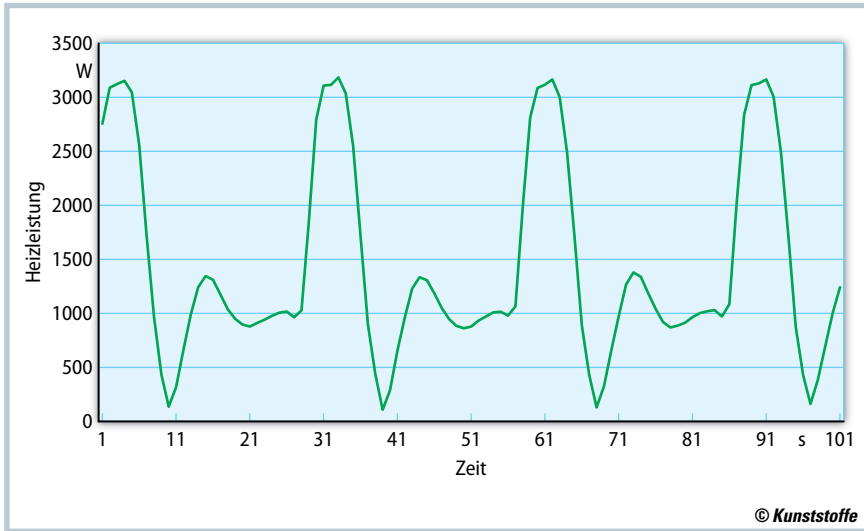
Die Turbotherm-Technik kann ohne Weiteres an bestehenden Werkzeugen eingesetzt werden. Auch bei Neukonstruktionen von entsprechend komplexen Werkzeugen, in denen aufgrund von Schiebern, Auswerfern oder Ähnlichem kein Platz für im Werkzeug integrierte Verfahren ist, kann das Heizmodul zum Einsatz kommen.

### Testergebnis: Serientauglichkeit belegt

Das Heizmodul wurde in der Produktion bei Varioplast mit exemplarischen Werkstücken (u.a. Scheckkarten) und Werkstoffen getestet. Dabei kamen Materialien wie PC, PC+ABS, PMMA, PP etc. zum Einsatz (Bild 6). Schlussendlich gelang im Serienbetrieb der Nachweis der Serientauglichkeit der Baugruppen sowie der Konstanz des Fertigungsprozesses. Ein »



**Bild 4.** Darstellung der Oberflächentemperatur der Kavität im Maschinentakt. Ein Temperaturanstieg von ca. 5 bis 10°C/s in Abhängigkeit von der Rauheit der Oberfläche ist möglich (Quelle: Varioplast)



**Bild 5.** Darstellung der Heizleistung im Maschinentakt. Die Einheit benötigt im Mittel ca. 1,4 kW Leistung. Die verbrauchte Leistung bei variothermer Prozessführung über die kompletten Formplatten liegt ca. 20- bis 30-fach höher (Quelle: Varioplast)

Betrieb über 8 h ergab einen vergleichsweise geringen Stromverbrauch der Einheit von ca. 12 kWh. In Relation liegt der Energieverbrauch bei variothermer Prozessführung über die kompletten Formplatten etwa um den Faktor 20 bis 30 höher.

Die Qualität der gespritzten Bauteile wurde nach ausgewählten Kriterien an einem externen Institut gemessen – in Messreihen zu den verwendeten Materialsorten, in Abhängigkeit der Heizzeiten und um Langzeitaussagen zur Teilequalität treffen zu können. Dabei zeigt sich eindeutig, wie die Bindahttiefe und

-breite mit der Erhöhung der Heizzeit abnimmt. Die Oberflächen waren homogen in der Ausprägung. Es traten keine Schlieren oder sonstige Facetten in der Oberfläche auf.

Einer der Wettbewerbsvorteile bei Varioplast ist die im eigenen Haus vorhandene Inline-Fertigungstechnik für Lackieren und PVD-Beschichten. Mit Turbotherm hat Varioplast nun eine weitere Möglichkeit, die Qualität der Produkte zu verbessern, Prozessschritte zu eliminieren und letztlich Kosten zu reduzieren.

Die Erfahrungen mit dem neuen Heizmodul zeigen, dass die Einstellparameter für die Serienproduktion jeweils bauteilspezifisch erarbeitet werden müssen. So gilt es, im Serienbetrieb die Parameter u.a. für die Schmelzetemperatur beim Einspritzen, den Druck im Einspritz-

zylinder, die Einspritzzeiten und die Nachdruckhöhe neu zu ermitteln.

Auch Kavitäten, die konvexe oder konkave Formen beinhalten, können mit dem Modul erwärmt werden. Dazu ist es notwendig, Düsenformen und Ansaugglocken entsprechend den Kavitätsskulpturen zu gestalten. Die Freiformflächen sind als CAD-Datensatz in der Regel vorhanden, d.h. mit den CAD-Daten lassen sich über generative Verfahren in kurzer Zeit metallische Formen für Düsen und Ansaugglocken an die Oberflächenkonturen der Werkzeuge anpassen. Dazu wurde ein Baukasten generiert, der eine Vielzahl von Möglichkeiten der Formgebung von Düsen und Ansauggehäusen abbildet.

### Fazit

Aufgrund der positiven Resonanz auf der Fakuma wird Varioplast diese ressourcenschonende Technologie nun der gesamten kunststoffverarbeitenden Branche zugänglich machen und als verkaufsfertiges Produkt in Form eines Heizmoduls mit entsprechender Steuerungstechnik bereitstellen. Dazu bietet das Unternehmen Interessenten, die das neue Verfahren an spezifischen Teilen einsetzen möchten, die Möglichkeit, die Ersterprobung im Hause Varioplast durchzuführen – einschließlich der Konfiguration passender Düsen und Glockensysteme, der Ermittlung der erforderlichen Einstellparameter, der Adaption an ein Roboterhandlung sowie der Produktion von Musterteilen. Aktuell wird Turbotherm für Kundenprozesse qualifiziert, auf EU-Standards abgestimmt und soll im Frühjahr 2018 im Markt verfügbar sein. ■

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. Edwin Neugebauer** ist Key Account Manager der Varioplast Konrad Däbritz GmbH, Ötisheim; e.neugebauer@varioplast.de

**Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Däbritz** ist Geschäftsführer von Varioplast.

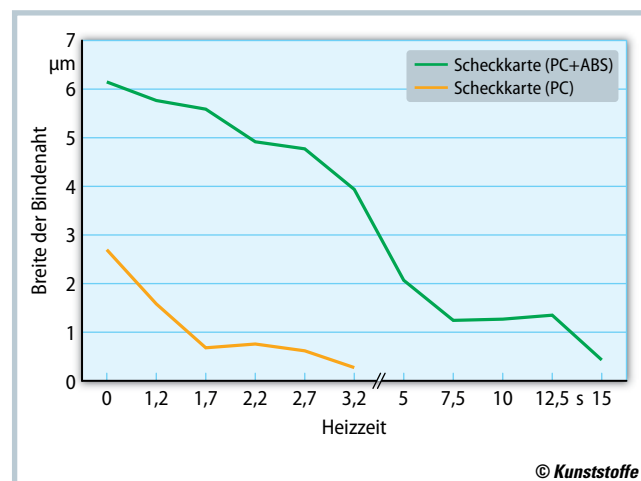
## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/497296](http://www.kunststoffe.de/497296)

### 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)



**Bild 6.** Die Breite der Bindaht nimmt mit der Heizzeit stark ab. Sie kann hier optisch um bis zu 100% reduziert, also vollständig eliminiert werden (Quelle: Varioplast)