

# Gewusst wann – und wie

Variotherme Temperierung bringt hohe Bauteilqualität und optimale Zykluszeit zusammen



## HB-THERM®

HB-THERM AG  
9006 St. Gallen, Switzerland  
Phone +41 71 243 6-530  
info@hb-therm.ch, www.hb-therm.ch

### Impressum

Verlag: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, Kolbergerstr. 22, 81679 München; Druck: alpha-teamDRUCK GmbH, Haager Str. 9, 81671 München

© Carl Hanser Verlag, München. Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen und der elektronischen Wiedergabe sowie der Übersetzung dieses Sonderdrucks behält sich der Verlag vor.

Sonderdruck

# Gewusst wann – und wie

## Variotherme Temperierung bringt hohe Bauteilqualität und optimale Zykluszeit zusammen

Besonders bei anspruchsvollen Spritzgießanwendungen hat die Werkzeugtemperierung entscheidenden Einfluss auf die Bauteilqualität und die wirtschaftliche Effizienz der Produktion. Das Variotherm-Verfahren gewinnt dabei zunehmend an Bedeutung. Für die Frage, wann Spritzgießer dieses Verfahren mit zyklischen Temperaturwechseln einsetzen sollten, ist allerdings keine eindeutige Richtlinie definiert. Gerätehersteller wie HB-Therm können hier Orientierung geben.

Unter dem Variotherm-Verfahren versteht man einen sogenannten erzwungenen dynamischen Temperaturverlauf im Werkzeug während eines Spritzgießzyklus. Dabei wird das Temperiersystem synchron zum Prozessstakt so angesteuert, dass die Formnestoberfläche gemäß voreingestellten Temperaturwerten zyklisch beheizt und gekühlt wird. Bei der Auslegung des Systems geht es im Prinzip um eine Frage: Wann müssen ein Werkzeug oder seine formgebenden Partien heißer und wann müssen sie kälter sein, um das Produkt in bestmöglicher Qualität herstellen und entformen zu können? Die jeweils angemessene Werkzeugtemperatur in den einzelnen Zyklusphasen festzulegen, ist hier der entscheidende Schlüssel – auch für die Wirtschaftlichkeit der variothermen Werkzeugtemperierung.

### In welchen Fällen variotherm?

Verglichen mit konventionellen Vorgehensweisen dient die variotherme Temperiertechnik eher zur effektiven Bewältigung anspruchsvoller Spritzgießaufgaben. Mit höheren Temperaturen steigt z. B. die Bauteilqualität, weil die Schmelze auf höhere Wandtemperaturen trifft und daher langsamer abkühlt – der Preis dafür sind längere Zykluszeiten. Dieser Zusammenhang beeinflusst betriebswirtschaftlich die Stückkosten. Somit wird die Wahl der Werkzeugtemperatur immer zu einer Abwägung zwischen Qualität und Wirtschaftlichkeit.

Dies trifft besonders dann zu, wenn entweder extrem kleine Fließquerschnitte sehr hohe Einspritzdrücke bedingen, Einfallstellen bei extremen Wanddickenverhältnissen vermieden werden sollen oder Sichtteile eine makellose Oberfläche bei geschäumten und faserverstärkten Anwendungen verlangen. Aber auch die vollständige Abformung feinsten Strukturen oder das Erreichen einer hohen Konturtreue (z. B. bei optischen Linsen, Mikro- oder Nanostrukturen, Klavierlack usw.) sind Einsatzfälle, bei denen eine zyklische

Temperierung ihre Vorteile zur Geltung bringt. Bei bestimmten Spritzgussteilen besteht zudem die Anforderung, Bindenähte oder andere visuelle Beeinträchtigungen im Sichtbereich zu vermeiden. Auch hier hat sich das Variotherm-Verfahren bewährt.

In all diesen Anwendungsfällen ist im Idealfall die Formnestoberfläche im Werkzeug beim Einspritzvorgang „warm“ und in der Abkühlphase „kalt“. Das Werkzeug oder auch nur der kavitätsnahe Bereich werden eine bestimmte Zeit aufge-



**Bild 1.** Zum variothermen Temperieren von Werkzeugen kommen bei HB-Therm zwei Temperiergeräte Thermo-5 zum Einsatz, die über die Umschalteneinheit Vario-5 mit Maschine und Werkzeug verbunden sind (© HB-Therm)

heizt und anschließend wieder gekühlt. Während zur Kühlung (also zur Wärmeabfuhr) ausschließlich kaltes oder niedrig temperiertes Wasser verwendet wird, bieten sich für das Auf- und Beheizen unterschiedliche Verfahren an: Diese nutzen entweder Flüssigkeiten oder Dampf als Trägermedium oder erwärmen das Werkzeug elektrisch oder durch Strahlung.

### Heizen mit Flüssigkeiten

Bei Verwendung von Flüssigkeiten kommen zwei Temperiergeräte und eine Umschalteinheit zum Einsatz (**Bild 1**). Letztere schaltet wechselweise im von der Maschine vorgegebenen Takt zwischen dem auf hoher und dem auf niedriger Temperatur arbeitenden Temperiergerät hin und her. Nicht mit dem Verbraucher verbundene Geräte werden jeweils auf Bypass geschaltet. Als Fluid eignen sich Wasser und Öl (oder unter bestimmten Voraussetzungen gasförmiges CO<sub>2</sub>).

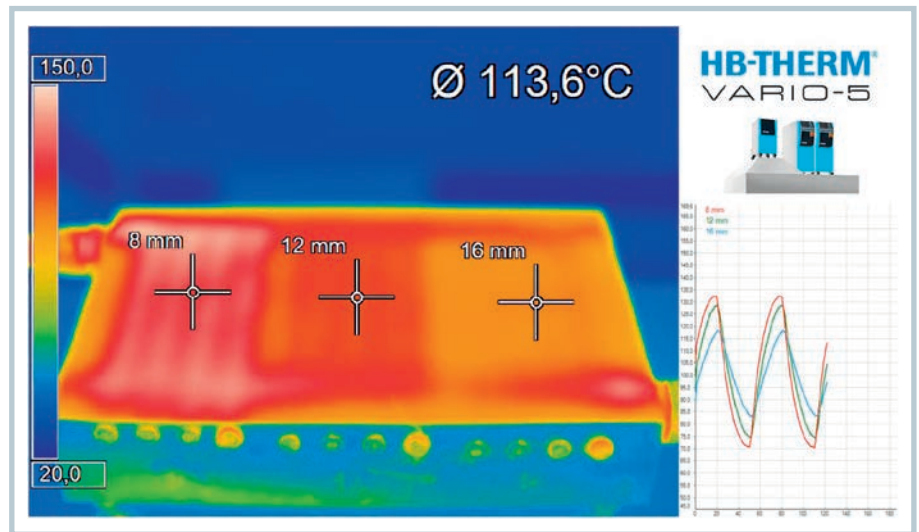
Die Wirkung hängt bei dieser Technik stark von der Gestaltung des Verbrauchers sowie des Anwendungsprozesses ab. Voraussetzungen für einen erfolgreichen Betrieb sind eine geeignete Werkzeugkonstruktion mit einer möglichst geringen Masse, kleine Abstände zwischen den Temperierkanälen, lange Zykluszeiten sowie eine passende Ansteuerung der Umschaltventile im gewünschten Verhältnis und Takt der Maschine. Die erreichbaren Temperaturen an der Verbraucheroberfläche, z. B. der Formnestoberfläche, richten sich dabei nach den Temperaturbereichen der Temperiergeräte, dem angeschlossenen Verbraucher sowie der Zykluszeit.

### Drei Alternativen für die elektrische Beheizung

Die Grundidee der elektrischen Beheizung lautet: Die aufzuheizende Masse sollte so gering wie möglich sein. Darüber hinaus müssen sich die separaten Kühlkanäle adäquat unterbringen lassen. Für diese Variante bieten sich im Wesentlichen drei Möglichkeiten an:

- Widerstandsheizung (Keramik, Dünnschicht),
- Induktionsheizung,
- Strahlung (Infrarot, Laser).

Im erstgenannten Fall ist eine als elektrisches Heizelement ausgebildete Keramikplatte nahe der Formnestoberfläche



**Bild 2.** Die Infrarotaufnahme entstand an einem Versuchswerkzeug. Zu sehen ist ein Temperaturverlauf an einer Testplatte mit unterschiedlichen Abständen zwischen den Temperierkanälen

(© HB-Therm)

im variothermen Bereich angebracht. Die hohe spezifische Heizleistung ermöglicht hohe Heizgradienten. Die Kühlkanäle liegen hinter dem Heizelement. Dank der relativ hohen Wärmeleitfähigkeit der Keramikplatte ist die Kühlwirkung noch genügend groß. Zur gleichen Kategorie zählen Verfahren, bei denen die Heizenergie über eine als elektrischen Widerstand gestaltete Beschichtung der Kavität eingebracht wird.

Die zweite Möglichkeit: Wird an einen Stahlkörper ein magnetisches Wechselfeld hoher Frequenz angelegt, erwärmt sich dessen Oberfläche. Ursache sind die induzierten Wirbelströme. Induktionsspulen können theoretisch von außen in das offene Werkzeug eingefahren werden. Nach der Aufheizphase, die eventuell nur wenige Sekunden dauern kann, fährt die Spule wieder heraus, bevor das Werkzeug schließt und der Spritzgießprozess beginnt. Da die Temperatur an der Oberfläche nach Abschalten des Magnetfelds rasch wieder sinkt, muss das Werkzeug unter Umständen stark über Gebühr erwärmt werden, was zu Schäden führen kann. Aus diesem Grund ist die Integration der Induktionsspule in das Werkzeug weiter verbreitet, auch wenn der Aufwand für das Einbringen der Schläufen in das Werkzeug sehr viel kostspieliger ist. Eine Alternative stellen um das Werkzeug angebrachte Hochfrequenzspulen dar.

Die dritte Variante: Treffen elektromagnetische Strahlen auf eine Oberfläche,

dann wird diese je nach Frequenz und Intensität der Strahlung und dem Reflexionsvermögen der Oberfläche erwärmt. Matte schwarze Oberflächen erhitzen sich dabei stärker als polierte weiße, weil deren Emissionsfaktor bedeutend größer ist. In der Praxis wird die Strahlungsquelle in das offene Werkzeug eingefahren. Nach Erreichen der gewünschten Temperatur fährt diese wieder heraus, das Werkzeug schließt und der Spritzgießprozess beginnt. Die polierten Oberflächen von Stahlwerkzeugen sind bezüglich ihres Absorptionsvermögens nicht besonders vorteilhaft. Versuche mit unterschiedlichen Beschichtungen haben gezeigt, dass sich damit der Emissionsfaktor verbessern lässt und sich so akzeptable Temperaturgradienten erzielen lassen.

### Dampfbeheizte Temperierung

Bei der Beheizung mit Dampf wird die hohe Verdampfungswärme von Wasser genutzt. Bringt man den in die Temperierkanäle geleiteten Wasserdampf durch Abkühlen zur Kondensation, dann wird an dieser Stelle viel Wärme freigesetzt, sodass die Umgebung sich erhitzt. In der Kühlphase fließt anschließend kaltes Wasser durch die Kanäle und kühlt das Werkzeug wieder ab. Auch hier ist wichtig, dass die betreffende Masse möglichst gering bleibt.

Wann Spritzgießer ein variothermes Temperierverfahren anwenden sollten, dafür gibt es noch keine eindeutige Richt-

Heizverfahren	große Flächen	Konturkomplexität (3D)	vorhandenes Werkzeug	Aufwand Werkzeug	Aufheizraten	Temperaturverteilung	Überheizen erforderlich	Investitionskosten	Ergonomie	Praxiserprobung
Referenz isotherm (kontinuierlich)	5	5	5	5	–	5	–	5	5	5
flüssiges Medium (wechselweise heiß/kalt)	4	4	4	5	2	4	5	4	5	5
flüssiges Medium mit zwei Kreisen (hinten konstant, vorne getaktet)	4	4	2	4	2	4	5	4	5	4
CO <sub>2</sub> (wechselweise heiß/kalt)	3	4	3	4	1	4	5	2	2	1
Heißdampf	4	4	2	3	2	4	5	3	5	5
Widerstandsheizplatten (Keramik, in Werkzeug integriert)	2	2	0	2	4	2	5	3	5	5
Dick- oder Dünnschicht-Heizschicht an Formnestoberfläche	3	2	1	2	4	4	5	3	5	1
Induktionsheizung (Induktor mit Handlinggerät eingebracht)	3	2	4	5	4	2	1	3	2	4
Induktionsheizung (Induktor im Werkzeug integriert)	5	3	0	2	3	4	5	2	3	4
Induktionsheizung (Induktor um gesamtes Werkzeug)	5	3	2	5	4	4	3	1	2	4
Infrarot-Wärmestrahler	3	2	3	5	2	2	3	3	2	1
Laser (Laserscanner mit Handlinggerät eingebracht)	1	4	4	5	4	4	2	2	1	1
Laser (Laserstrahl über Lichtleiter in Werkzeug eingeführt)	1	1	0	1	5	4	5	1	3	0

Bewertung: 0-5; 0: erfüllt Anforderung nicht; 5: erfüllt Anforderungen vollständig; –: nicht zutreffend

**Tabelle 1.** Eine Gegenüberstellung der verschiedenen Heizverfahren für variotherme Temperierprozesse und deren Anwendungseigenschaften erleichtern die Systemauswahl (Einschätzung von HB-Therm, Stand 2016)

## Der Autor

**Roland Huber** ist bei der HB-Therm AG, St. Gallen/Schweiz, zuständig für Marketing und Kommunikation; info@hb-therm.ch

## Im Profil

Die **HB-Therm AG** ist einer der weltweit führenden Hersteller von Temperiergeräten und seit 1967 am Markt. Das Schweizer Familienunternehmen beschäftigt rund 120 Mitarbeiter und versteht sich als Systemlieferant, der seine Kunden von der Geräteauslegung bis zum lückenlosen After-Sales-Service unterstützt. Produziert wird ausschließlich am Stammsitz in St. Gallen. Eigene Vertriebsgesellschaften in Deutschland und Frankreich sowie 40 weitere Landesvertretungen repräsentieren HB-Therm rund um den Globus. Das Qualitäts- und Umweltmanagementsystem des Unternehmens basiert auf laufenden Verbesserungen aller Vorgänge und Prozesse und ist nach ISO 9001/14001 zertifiziert.

➤ [www.hb-therm.com](http://www.hb-therm.com)

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/1383689](http://www.kunststoffe.de/1383689)

linie. Allerdings kann man festhalten, dass die zyklischen Verfahren in der Regel aufwendiger sind und speziell dafür angepasste Werkzeugkonstruktionen voraussetzen, was sie gegenüber herkömmlichen Verfahren entsprechend verteuert. In Bezug auf das Heizsystem hat sich wegen der unterschiedlichen Vor- und Nachteile und deren Entwicklungsstadien ebenfalls noch kein Vorzugsverfahren etabliert.

Eine strukturierte Übersicht über die verschiedenen Heizverfahren und deren Anwendungseigenschaften kann bei der Systemauswahl behilflich sein (**Tabelle 1**). Details der Anwendung müssen mit den jeweiligen Systemanbietern abgesprochen werden.

### Verzögerungszeit einkalkulieren

Das Vario-5-System von HB-Therm basiert ausschließlich auf flüssigen Medien, es wird wechselweise heißes und kaltes Wasser durch den variotherm zu temperierenden Kreis gepumpt. Dabei kommen zwei Standardgeräte zum Einsatz, die

über die Umschalteneinheit Vario-5 dem entsprechenden Temperierkreis zugeschaltet werden (**Bild 1**) und so die Formteilpartie aufheizen oder abkühlen. Die erforderliche Energie für die Temperaturänderungen wird von dessen Verlauf und der Anordnung der Temperierkanäle bestimmt. Sie muss vom „heißen“ und vom „kalten“ Temperiergerät zu etwa gleichen Teilen aufgebracht werden und entspricht der variothermen Temperierleistung. Die Dauer der Heiz- und Kühlphase hängt von den notwendigen Werkzeug- sowie den gewählten Mediumstemperaturen ab. Die Zeiten müssen über Versuche am offenen Werkzeug bestimmt werden.

Als wichtige Größe einkalkuliert werden muss auch der Abstand der Temperierkanäle zur Formnestoberfläche (**Bild 2**). Dieser bedingt zusammen mit der Distanz zur Ventil-Umschalteneinheit eine charakteristische Verzögerung: Beim Umschalten auf Kühlen steigt die Temperatur an der Formnestoberfläche – je nachdem, wie konturnah temperiert sie ist – zunächst noch weiter an, bis sie nach die-

ser Verzögerungszeit das Maximum erreicht und dann erst sinkt. Dasselbe gilt für das Umschalten von Kühlen auf Heizen. Die Verzögerungszeit liegt dabei zwischen 4 und 12s.

Möchte man also die höchste Temperatur zum Zeitpunkt „Start Einspritzen“ erreichen, dann muss das System schon um die Verzögerungszeit früher umschalten. Im Einzelfall kann das tatsächlich schon vor dem Zyklusstart der Fall sein. Die eigentliche Umschaltung zwischen Heizen und Kühlen erfolgt zeit- oder temperaturabhängig – entweder durch die Maschine oder die variotherme Umschalteinheit.

### **Wichtige Grundsätze der variothermen Temperierung**

Für kurze Zykluszeiten und eine effiziente variotherme Temperierung müssen Werkzeug und Prozess entsprechend optimiert werden. Dabei sollten einige Grundsätze beachtet werden. So sollten die Abstände zwischen Temperierkanal und Formnestoberfläche so klein wie möglich sein (konturnahe Temperierung).

Um den variothermen Bereich klein zu halten, sollten nur Kreisläufe einbezogen werden, die den kritischen Formnestbereich beeinflussen. Wenn möglich sollten Werkzeugeinsätze verwendet werden, die vom Rest des Werkzeugs isoliert werden können. Zusätzlich können variotherme Bereiche auch durch Isolation und Freistellungen vom Rest des Werkzeugs getrennt werden.

Die variothermen Einsätze können mit freigestellten Rohrstücken an das Temperiersystem angeschlossen werden. Zuführungen über Werkzeugplatten, -rahmen sowie Verteil- und Messsysteme sollten aufgrund der erhöhten variothermen Masse vermieden werden. In besonderen Fällen kann der Werkzeugbau für die variothermen Bereiche Einsätze aus Kupferlegierungen oder anderen Materialien mit guten Wärmeleiteigenschaften verwenden.

Durch große Temperierkanaldurchmesser oder mehrere Temperierkanäle lassen sich beaufschlagte Flächen vergrößern und damit die Wärmeübertragung verbessern. Die Temperierkanäle

sollten so gestaltet sein, dass ein möglichst hoher Durchfluss entsteht. Dieser verbessert den Wärmeübergang zum Werkzeug und verkürzt die Ansprechzeiten bzw. erhöht den Temperaturgradienten.

Schließlich nehmen variotherm gefahrene Temperierkreise die Temperatur des heißen Geräts schnell an. Dichtungen, Kupplungen und Schläuche sollten deshalb entsprechend ausgelegt sein. Wegen der zyklischen Temperaturveränderungen können bewegliche Einsätze wie z.B. Schieber gelegentlich klemmen.

### **Fazit**

Gewusst wann – und wie. Die variotherme Temperierung eröffnet neue Möglichkeiten im Spritzgießprozess. Unterstützungsdienstleistungen von Spezialisten erleichtern den Einstieg. Mit Spezialwissen kann zum Beispiel anhand einer bestehenden Anwendung beurteilt werden, ob die variotherme Temperierung Qualitätsprobleme beheben oder Zykluszeiten reduzieren kann. ■



# HB-THERM®

Temperature Control Technology



HB-Therm ist einer der weltweit führenden Hersteller von Temperiergeräten. Seit 1967 entwickelt und produziert das Unternehmen innovative „Swiss made“ Temperiertechnik für höchste qualitative Ansprüche.

[www.hb-therm.ch](http://www.hb-therm.ch)