

Steigerung der Effizienz beim Spritzgiessen durch optimale Temperierung

Die Werkzeugtemperatur ist ein nicht zu unterschätzender Parameter in der Kunststoffverarbeitung. Sie spielt im formgebenden Werkzeug bei der Entstehung des Formteils eine wichtige Rolle. Eine optimale Werkzeugtemperierung wird nicht alleine durch das Temperiergerät bestimmt. Die Auslegung und Dimensionierung der Temperierkanäle im Werkzeug sowie der Zuleitungen beeinflussen im grossen Masse den Durchfluss und somit die Temperaturverteilung.

1. Was bedeutet Effizienz ?

Effizienz bedeutet Leistungsfähigkeit. Die Leistungsfähigkeit ihrerseits wird jedoch nicht nur durch die Quantität eines Produktionsvorgangs, sondern auch durch seine Qualität beeinflusst (Ausschussminderung).

Anschliessend sind die wichtigsten Anforderungen an das Temperiergerät aufgeführt, welche die Leistungsfähigkeit beim Spritzgiessen beeinträchtigen.

Praktische Möglichkeiten zeigen auf, wie sie ihren Teil zur optimalen Temperierung beitragen.

Effizienz

```
graph TD; Effizienz --> HoheQualität; Effizienz --> NiedrigeProduktionskosten; HoheQualität --> genaueTemperatur; HoheQualität --> guteTemperaturverteilung; NiedrigeProduktionskosten --> kurzeZykluszeiten; NiedrigeProduktionskosten --> kurzeEinrichtStandzeiten; NiedrigeProduktionskosten --> niedrigeAusschussquote; NiedrigeProduktionskosten --> niedrigeInvestitionskosten;
```

Hohe Qualität

genaue Temperatur im Werkzeug

- hohe Regelgüte (statisch und dynamisch)
- Messung, Regelung und Überwachung der Werkzeugtemperatur
- Messung und Überwachung des Durchflusses

gute Temperaturverteilung im Werkzeug

- richtig dimensionierte und platzierte Temperierkanäle
- definierter Durchfluss

Niedrige Produktionskosten

kurze Zykluszeiten

- richtige Auslegung des Temperiersystems (Temperierkanal, Anbindung, Temperiergerät)

kurze Einricht-/Standzeiten

- kurze Anfahrzeiten
- Anbindung an die Maschine

niedrige Ausschussquote

- geführte Temperatur
- Überwachung der qualitätsrelevanten Grössen
- klare und einfache Bedienung (Selbstoptimierung)
- Leistungsreserve
- hohe Geräteverfügbarkeit

niedrige Investitionskosten

- optimale Ausnutzung der Geräte
- kostengünstige Geräte
- universelle Geräte
- angepasster Funktionsumfang
- wartungsarme bzw. wartungsfreie Geräte

2. Detailbeschreibung verschiedener Punkte zur Effizienzsteigerung

Stichworte zu den verschiedenen Punkten geben einige Hinweise, wie die Effizienz beim Spritzgiessen gesteigert werden kann.

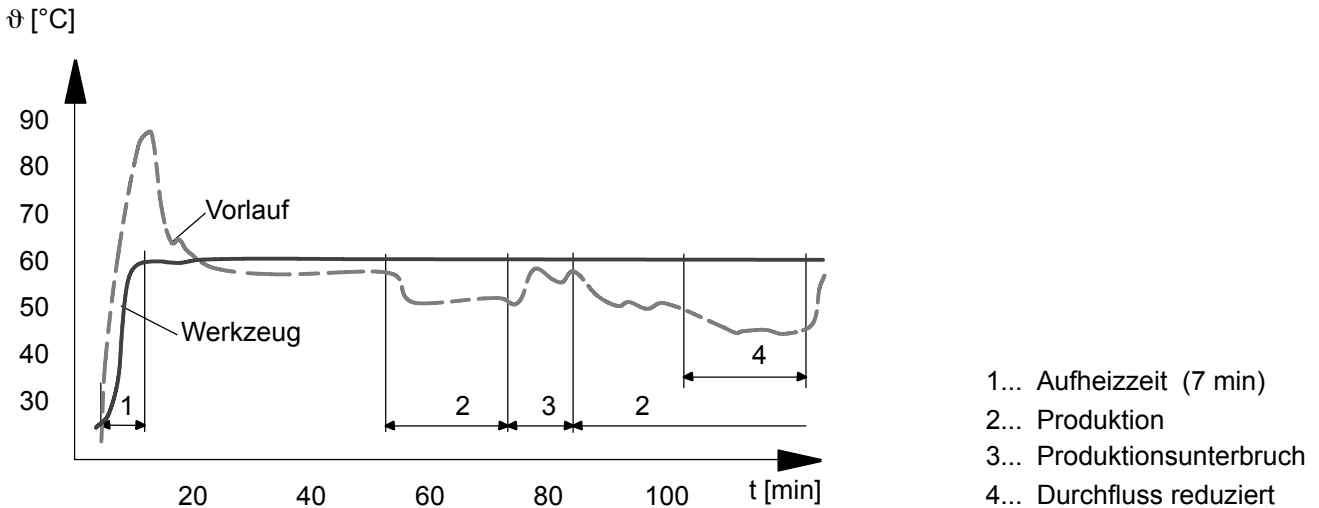
Hohe Qualität und niedrige Produktionskosten infolge Temperierung werden erreicht durch:

2.1 Hohe Regelgüte (statisch und dynamisch)

Die auf den Anwendungsfall angepasste Güte der Regelung gewährleistet eine konstante Temperatur, und zwar beim Anfahren wie auch bei Produktionsunterbrüchen.

2.2 Messung, Regelung und Überwachung der Werkzeugtemperatur

Für den Verarbeitungsprozess ist die effektive Werkzeugtemperatur und deren Verteilung massgebend. Wird die im Werkzeug gemessene Temperatur für die Regelung und Überwachung verwendet, so sind viele Störgrössen eliminiert, welche die Werkzeugtemperatur negativ beeinflussen können (z.B. Änderung der Umgebungstemperatur, Temperierkanalverschmutzung, Schlauchknickung und dergleichen).



Temperatur-Zeit-Diagramm für Regelung der Werkzeugtemperatur

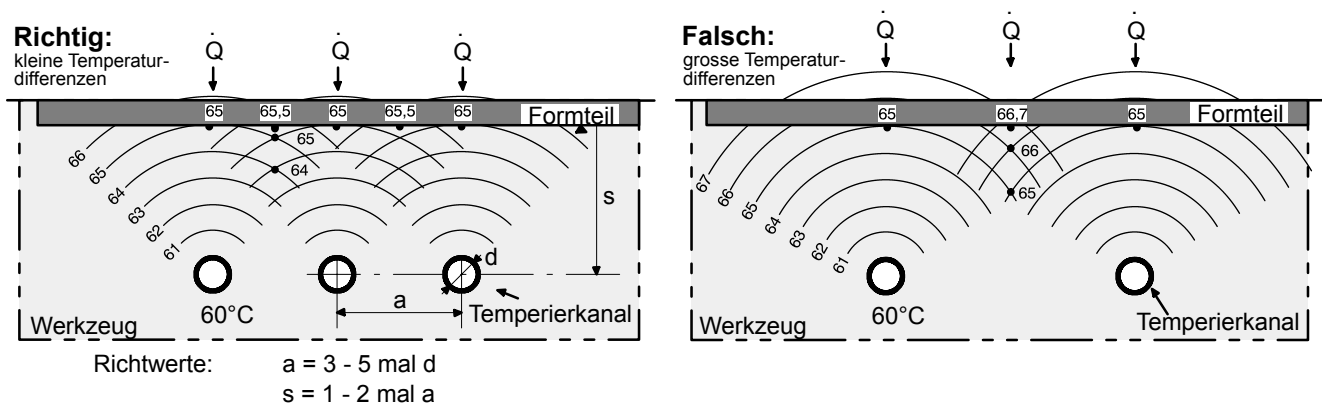
2.3 Messung und Überwachung des Durchflusses

Die Durchflussmenge hat einen direkten Einfluss auf den Wärmeübergang im Temperierkanal. Niedriger Durchfluss hat durch den schlechteren Wärmeübergang eine grössere Temperaturdifferenz zwischen Temperierkanal und Wärmeträger zur Folge. Die Durchflussmenge hängt nicht allein vom Werkzeug ab, sondern wird von weiteren Faktoren beeinflusst wie:

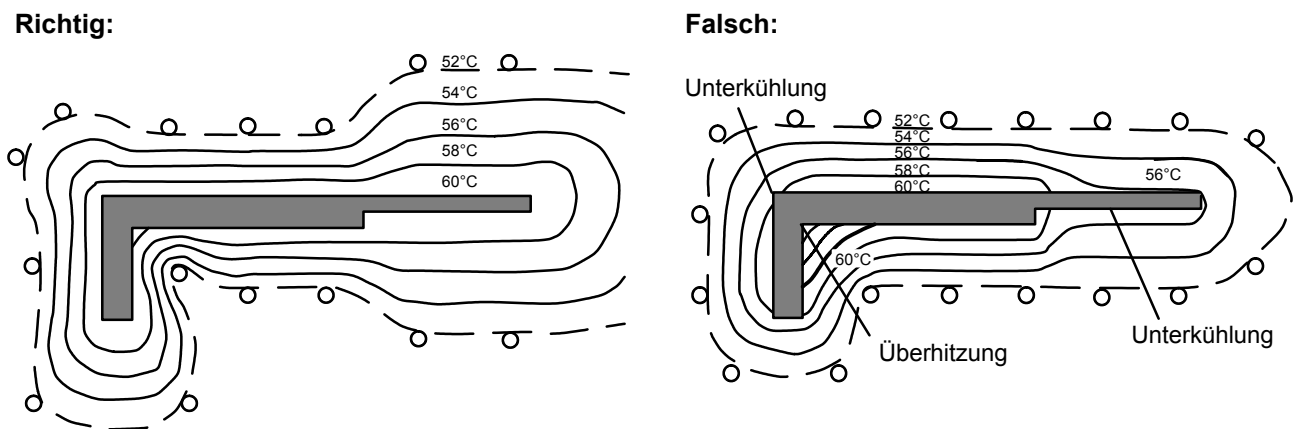
- Verschmutzung
- Verstopfung
- Schlauchquetschung
- Quetschung von Rohrverbindungen
- Pumpenverschleiss
- Pumpenkennlinie

2.4 Richtig dimensionierte und platzierte Temperierkanäle

Die Temperaturverteilung und der Verlauf werden primär durch die Formteilgeometrie und den Werkzeugaufbau bestimmt. Thermisch richtig konzipierte Werkzeuge tragen dieser Tatsache Rechnung. Temperierkanäle sind dabei so angeordnet, dass sie unter Berücksichtigung der örtlichen Wärmeströme eine möglichst gleiche Temperatur über der Formteiloberfläche zur Folge haben.



Durchmesser und Abstände von Temperierkanälen

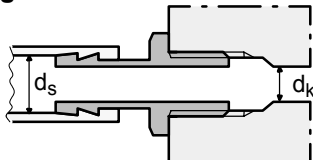


Temperierkanalgestaltung

2.5 Richtige Auslegung des Temperiersystems (Temperierkanal, Anschluss, Temperiergerät)

Das Temperiersystem sollte möglichst so ausgelegt sein, dass die Begrenzung der Zykluszeit nicht vom Temperiersystem, sondern von der Formteilkontur und dem Werkzeug abhängig ist. Die Leistung des Temperiergeräts wie auch die Dimensionen von Schläuchen und deren Anschlüsse sind entsprechend auszulegen.

Richtig:

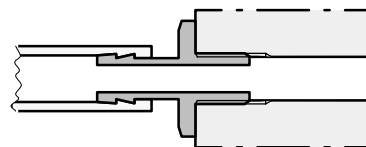


Schlauch Nippel Werkzeug

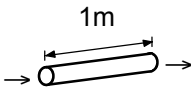
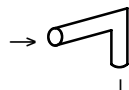
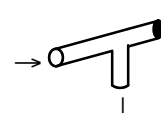
Richtwert: $d_s = 1,5 \text{ mal } d_k$

Temperierkanalanschlüsse und Schlauchdurchmesser

Falsch:



Druckabfälle über Grundelementen

	$\dot{V} = 10 \text{ L/min}$				$\dot{V} = 20 \text{ L/min}$			
	$d_i = 4 \text{ mm}$	6 mm	8 mm	10 mm	$d_i = 4 \text{ mm}$	6 mm	8 mm	10 mm
	7,6	1,1	0,25	0,08	30	4,6	1,0	0,3
	1	0,2	0,06	0,01	4	0,8	0,24	0,04
	1,8	0,38	0,12	0,02	7,3	1,5	0,47	0,07

Druckabfall in bar (für Wasser 60 °C)

Beispiel: $\dot{V} = 10 \text{ L/min}$

Temperierkanal	Sektion 1:	$\emptyset 8 \times 2 \text{ m}$	0,5	$\emptyset 8 \times 5 \text{ m}$	1,25
		$6 \times 90^\circ$	0,36		
	Sektion 2:	$\emptyset 10 \times 1 \text{ m}$	0,08		
		$1 \times 90^\circ$	0,01		
Schlauch		$\emptyset 10 \times 5 \text{ m}$	0,4	$\emptyset 8 \times 5 \text{ m}$	1,25
Kupplung		4x	0,1	4x	0,5
Total Druckabfall bei 10L/min:		[bar]	1,45		2,7

Variante mit grossem
Schlauchdurchmesser

Variante mit kleinem
Schlauchdurchmesser

2.6 Kurze Anfahrzeiten

Die Aufheizzeit wird praktisch proportional von der Heizleistung beeinflusst. Das heisst, die Heizleistung soll genügend gross sein.

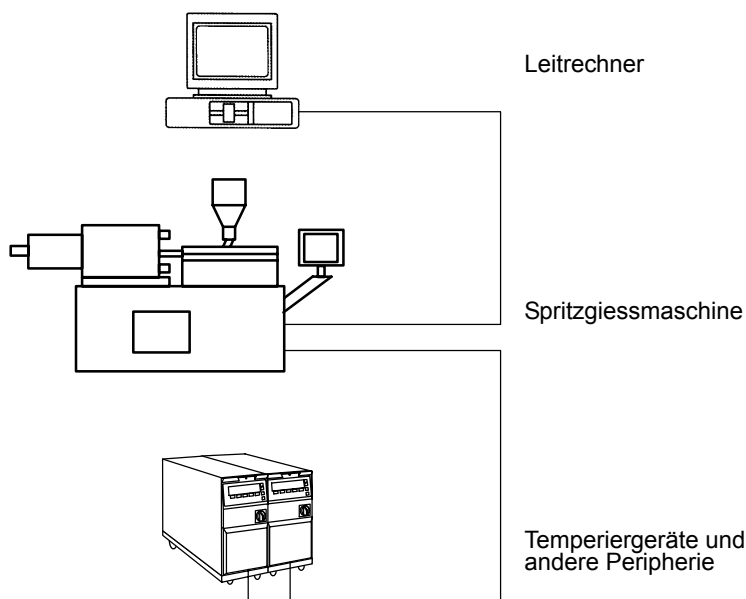
Die Heizleistung soll jedoch auch auf die Wärmeübertragungskapazität des Temperierkanals abgestimmt sein. Ist die Heizleistung im Verhältnis zur Wärmeübertragungskapazität viel zu gross, so erreicht der Wärmeträger recht schnell die Solltemperatur. Die Heizung wird dann aber abgeschaltet und es dauert noch seine Zeit, bis das Werkzeug die gewünschte Temperatur erreicht. Die zu hohe Heizleistung kann demnach überhaupt nicht genutzt werden!

Bei schlechter Wärmeübertragungskapazität wird durch die Regelung auf einen externen Werkzeugfühler die Aufheizzeit zum Teil stark verkürzt. Der Grund dafür liegt darin, dass die Vorlauftemperatur in der Aufheizphase massiv über der eingegebenen Solltemperatur des Werkzeugs liegen kann. Die thermische Leistungsreserve wird somit voll ausgenutzt (siehe auch Punkt 2.7).

Für Anfahren im unbedienten Zustand kann mit der Zeitschaltuhr das Gerät gegebenenfalls früher gestartet werden.

2.7 Anbindung an die Maschine

Mit der Anbindung an die Maschinen erfolgt die Geräteeinstellung wie Soll- und Grenzwerte automatisch vom Prozess-Einstelldatenträger über die Maschine. Eine manuelle Einstellung mit seinen Gefahren von Falscheingabe usw. entfällt.

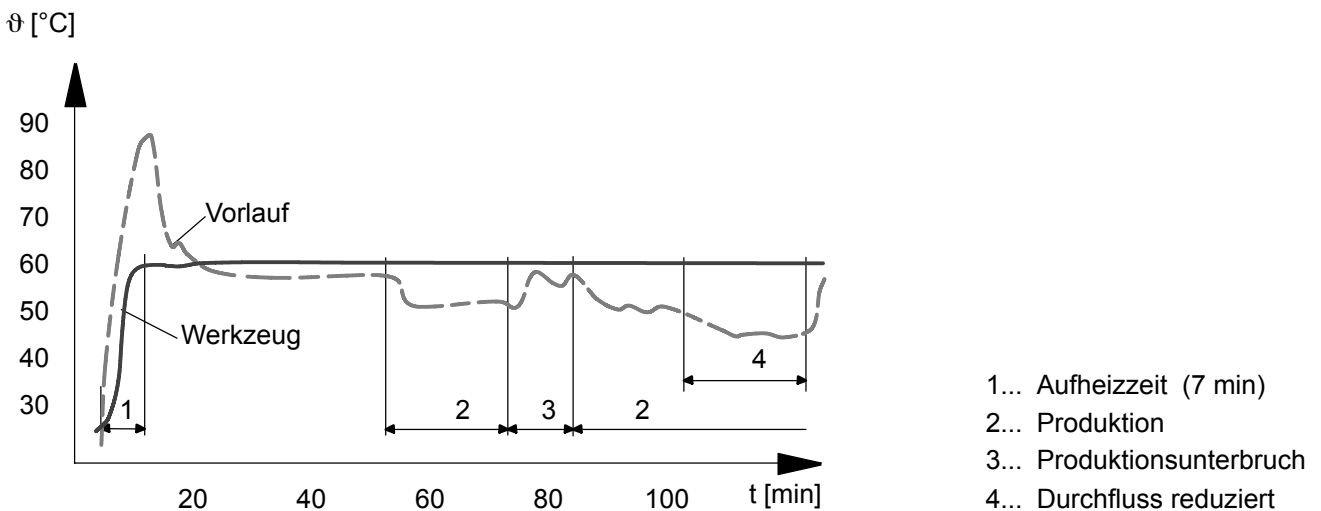


Stellung des Temperiergerätes im Verarbeitungsprozess

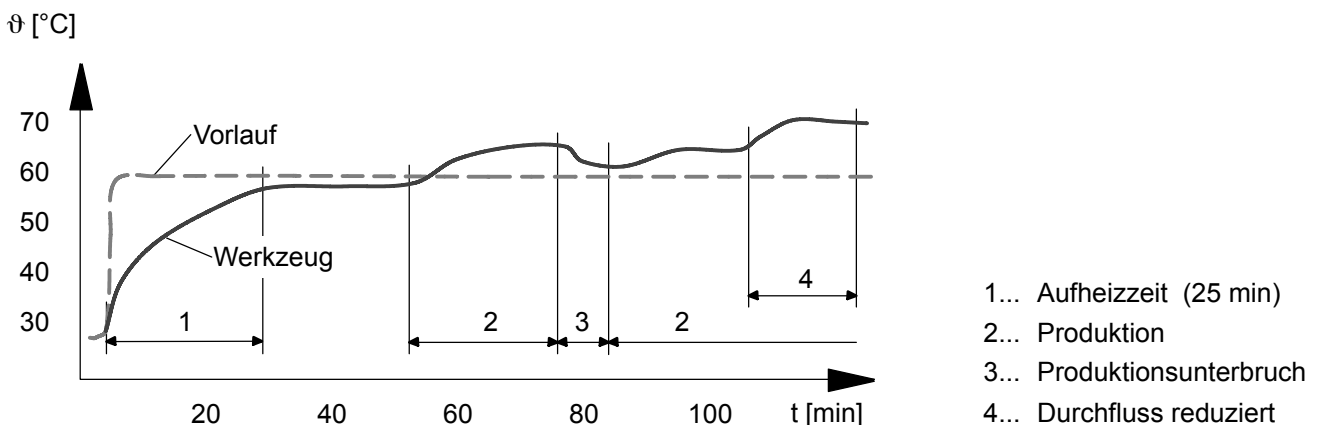
2.8 Konstante Temperatur

Eine konstante Werkzeugtemperatur ist die beste Voraussetzung für eine kontinuierliche Verarbeitung. Durch Messen und Regeln der Werkzeugtemperatur können äussere Störeinflüsse wie Temperierkanalverschmutzung und Umgebungstemperaturschwankungen kompensiert werden (siehe auch Punkt 2.2).

Um den Anforderungen der Regelung gerecht zu werden, ist ein entsprechend intelligenter und anpassungsfähiger Regler einzusetzen.



Temperatur-Zeit-Diagramm für Regelung der Werkzeugtemperatur



Temperatur-Zeit-Diagramm für Regelung der Wärmeträgertemperatur

2.9 Überwachung der qualitätsrelevanten Grössen

Durch die Überwachung der qualitätsrelevanten Grössen wird eine fehlerhafte Produktion frühzeitig erkannt. Die Ausschussmenge in einem Störfall ist dadurch begrenzt.

Zu den wichtigsten Grössen gehören die Werkzeugtemperatur, der Durchfluss sowie die Temperaturdifferenz im Werkzeug, welche einfach über die Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf gemessen werden kann.

2.10 Klare und einfache Bedienung (Selbstoptimierung)

Eine klare und einfache Bedienung in mehreren frei wählbaren Sprachen verhindert Fehleingaben und Fehlinterpretationen. Funktionen, welche automatisch erfolgen können, brauchen nicht mehr von Hand ausgeführt zu werden. Die etwas schwierige Ermittlung der Regelparameter wird vom System selbst ausgeführt.

Werden zusätzliche Informationen zu Funktionen oder Parameter benötigt, steht eine Online-Hilfe direkt zur Verfügung. Mit wertvollen Tipps zur Geräteeinstellung und Prozessoptimierung.



2.11 Leistungsreserve

Leistungsreserven bei Heizung, Kühlung und Pumpe verhindern, dass das Gerät bei Störungen im Prozess ausser Toleranz fährt.

2.12 Hohe Geräteverfügbarkeit

Zuverlässige Komponenten und eine für die Temperiergerätee Anwendung angepasste Konstruktion ergibt eine hohe Geräteverfügbarkeit.

2.13 Optimale Ausnützung der Geräte

Mit dem der Anwendung angepassten Gerät kann dieses optimal ausgenützt werden. Somit wird vermieden, dass hohe installierte Leistung bzw. teure Zusatzausrüstungen nicht eingesetzt werden können.

2.14 Kostengünstige Geräte

Die Anforderungen an Temperiergeräte aus technischer Sicht sind nicht zu unterschätzen. Man erwartet vom einmal installierten Gerät, dass es ein-, zwei- oder gar dreischichtig problemlos arbeitet und praktisch vergessen werden kann. Diesen Anforderungen gerecht zu werden bedeutet einen gewissen Stand der Technik, welcher mit kostengünstigen Geräten, nicht aber mit "Billigstgeräten" erreicht werden kann.

2.15 Universelle Geräte

In gewissen Fällen sind Temperiergeräte an verschiedenen Anwendungen in einem Betrieb einsetzbar. Voraussetzung dafür sind universelle Geräte, welche sich ohne grossen Aufwand an den unterschiedlichen Prozessen einsetzen lassen. Das betrifft zum Beispiel die freie Wahl des zu verwendenden externen Fühlertyps oder des eingesetzten Kommunikationsprotokolls.

2.16 Angepasster Funktionsumfang

Ein minimaler aber sinnvoller Funktionsumfang sollte in jedem Gerät vorhanden sein. Weitere Funktionen sind nach Bedarf zu wählen.

2.17 Wartungsarme bzw. wartungsfreie Geräte

Wartungsarme bzw. wartungsfreie Geräte minimieren die Unterhaltsarbeiten und erhöhen die Verfügbarkeit. Die Verwendung von verträglichen Materialien und Systemen wie dichtungslose Pumpen reduzieren die Wartungstätigkeiten. Zu beachten ist jedoch, dass die verwendeten Wärmeträger und Kühlwasser zum Teil in sehr schlechtem Zustand sind und auch aggressiv reagieren. Eine sorgfältige Kontrolle und Behandlung vor allem von Wasser ist sehr wichtig.

3. Zusammenfassung

Es gibt viele Punkte, die Effizienz beim Spritzgiessen durch eine optimale Temperierung zu steigern. Ein wichtiger Teil dabei ist die Werkzeugkonstruktion. Bei der Auswahl sowie der Dimensionierung des Temperiersystems liegt aber sehr oft noch ein grosses Steigerungspotential.

Die Steigerung kann aufgrund niedriger Produktionskosten erfolgen, aber auch eine höhere Qualität kann dazu beitragen. Zeitlich richtig berücksichtigte Punkte können für einen kleinen Aufwand einen verhältnismässig hohen Nutzen bringen.

Grossenbacher Apparatebau AG

Spinnereistrasse 10 (WU3), Postfach
CH-9006 St. Gallen
Schweiz Suisse Switzerland
Telefon +41 (0)712 436-530, Fax -418
www.hb-therm.ch, E-Mail: info@hb-therm.ch

Tochtergesellschaften:

Grossenbacher Apparatebau GmbH

Dammstrasse 70-80
D-53721 Siegburg
Deutschland
Telefon +49 (0)2241 5946-0, Fax -20
www.gabag.de, E-Mail: info@gabag.ch

Grossenbacher Japan Co., Ltd.

2nd Sekido-Bldg. 2F
4-3-6, Shiba, Minato-ku
Tokyo 108-0014
Japan
Telefon +81 (0)3 5484 20-73, Fax -71
www.hb-therm.co.jp, E-Mail: grossenbacher@hb-therm.co.jp