

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50087/2023 (51) Int. Cl.: **B29C 45/78** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 10.02.2023 **B29C 45/73** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2024 **B29C 45/84** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 513042 A4  
DE 69706458 T2  
CN 101368877 A

(71) Patentanmelder:  
ENGEL AUSTRIA GmbH  
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:  
Schläger Mathias DDipl.-Ing. BSc  
4230 Pregarten (AT)  
Greisinger Alexander BSc  
4482 Ennsdorf (AT)

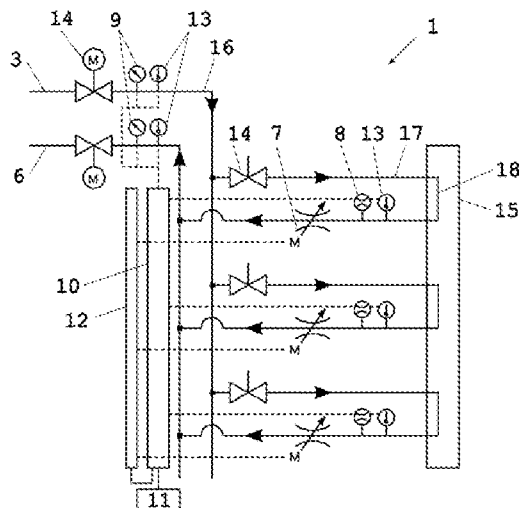
(74) Vertreter:  
Torggler & Hofmann Patentanwälte GmbH & Co  
KG  
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine**

(57) Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) eines Werkzeugs (2) einer Formgebungsmaschine, wobei die Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) einen Vorlauf (3) und einen Rücklauf (6) aufweist, zwischen denen wenigstens eine Temperierleitung (4, 5) angeordnet ist, wobei in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen wenigstens ein Messglied (8), insbesondere ein Volumenstrommessglied, und in jeder zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung wenigstens ein Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil (7), angeordnet ist, wobei

- wenigstens ein Druckabfall in der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) gemessen wird
- aufgrund eines mit dem wenigstens einen Messglied (8) gemessenen wenigstens einen Volumenstroms und aufgrund des wenigstens einen gemessenen Druckabfalls wenigstens ein hydraulischer Widerstand (R) und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) berechnet wird
- bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes (7) berücksichtigt wird.

Fig. 8



## Zusammenfassung

Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) eines Werkzeugs (2) einer Formgebungsmaschine, wobei die Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) einen Vorlauf (3) und einen Rücklauf (6) aufweist, zwischen denen wenigstens eine Temperierleitung (4, 5) angeordnet ist, wobei in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen wenigstens ein Messglied (8), insbesondere ein Volumenstrommessglied, und in jeder zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung wenigstens ein Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil (7), angeordnet ist, wobei

- wenigstens ein Druckabfall in der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) gemessen wird
- aufgrund eines mit dem wenigstens einen Messglied (8) gemessenen wenigstens einen Volumenstroms und aufgrund des wenigstens einen gemessenen Druckabfalls wenigstens ein hydraulischer Widerstand (R) und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) berechnet wird
- bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes (7) berücksichtigt wird.

(siehe Fig. 8)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1, ein Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 2, eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 21, eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 22. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogrammprodukt und ein computerlesbares Speichermedium zum Ausführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Erfindung betrifft weiterhin einen computerlesbaren Datenträger und ein Datenträgersignal für ein solches Computerprogrammprodukt. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Formgebungsmaschine, insbesondere Spritzgießmaschine, mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Der Zustand von Werkzeugtemperierkanälen oder auch anderer mediendurchströmter Temperierkanäle in Maschinenkomponenten ist abhängig von der Qualität des durchströmenden Temperiermediums. Mit der Zeit verschlechtert sich die Qualität des Temperiermediums, wodurch sich Ablagerungen in den Temperierkreisen bilden können. Diese Ablagerungen bestehen beispielsweise aus Rost oder Kalk, mitunter auch Kesselstein genannt. Diese Ablagerungen bilden eine Art Isolierschicht im Temperierkanal einer Werkzeugkomponente. Dadurch ist der Wärmeaustausch zwischen den zu temperierenden Komponenten und dem Medium negativ beeinflusst, was zu ungewünschten Temperaturänderungen der Komponenten führen kann.

Am Beispiel eines Werkzeugtemperierkanals einer Spritzgießmaschine kann sich dadurch die Formnestwandtemperatur

verändern. Eine ungewünschte Veränderung dieser Temperatur kann zu Problemen am Formteil führen, da die thermischen Verhältnisse verändert werden. Die Folgen können Entformungs- oder Qualitätsprobleme wie Verzug durch unterschiedliche Schwindung sein. Am Formteil können auch optische Oberflächenunterschiede, Eigenspannungen oder Unterschiede in der Kristallisation bei teilkristallinen Kunststoffen durch veränderte Temperaturen der Formnestwand entstehen. Natürlich sind auch andere Qualitätsprobleme wie zum Beispiel Abweichung der Maße und Toleranzen möglich.

Durch derlei Probleme entstehen Nachteile wie höhere Kosten durch Ausschussteile, höhere Kosten- sowie Zeitaufwände durch zu häufige oder zu seltene Wartungen, längere Maschinenzeiten inklusive höherer Kühlzeiten, höhere Personalkosten und/oder Energiekosten.

Aus diesen Gründen ist es üblich, Temperierleitungen zu überwachen, indem Sensoren zum Messen von Druck und/oder Volumenstrom eingebaut werden, wie in nachfolgenden Druckschriften offenbart wird:

DE 10 2009 051 931 A1, DE 697 06 458 T2, DE 10 2008 003 315 A1, DE 88 02 462 U1 und DE 10 2013 016 773 B4.

Um Ablagerungen und/oder Verstopfungen in einer Temperiermedienversorgungseinheit zu erkennen, wird bei diesen Schriften ein Druckabfall und/oder ein Volumenstrom gemessen. Beim Vergleich der gemessenen Drücke und/oder Volumenströme mit voreingestellten Sollwerten oder vorher gemessenen Referenzwerten können Änderungen der Temperierleitungen, hervorgerufen durch Ablagerungen, Verstopfungen oder Ähnlichem, erkannt werden.

Bei derzeit verwendeten Methoden zur Identifizierung von Ablagerungen und/oder Verstopfungen besteht der Nachteil, dass entweder das Formgebungswerkzeug außer Betrieb genommen werden muss oder die Regelung der Temperiermedienversorgungseinheit oder einzelner Temperierkanäle während des laufenden Betriebes nicht mehr möglich ist.

Ein weiterer Nachteil des Standes der Technik besteht darin, dass Ablagerungen und/oder Verstopfungen erst spät erkannt werden. So kann beispielsweise eine zwar dünne aber langgezogene Isolierschicht entlang eines Temperierkanals schon früh zu oben beschriebenen Nachteilen führen, ohne durch bisherige Überwachungsmethoden erkannt zu werden. Erst wenn die Isolierschicht eine bereits unerwünschte Dicke erreicht hat, detektieren bisherige Methoden die Ablagerungen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise zu beheben und ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren bereitzustellen, welches sich insbesondere durch eine zuverlässige Erkennung von Verstopfungen und Ablagerungen in den Temperierleitungen und/oder den Temperierkanälen im laufenden Betrieb auszeichnet.

Des Weiteren soll eine Vorrichtung zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens bereitgestellt werden.

Die Erfindung bewirkt eine Erhöhung der Effizienz einer Temperiermedienversorgungseinheit durch Ermittlung des Zustandes während des laufenden Betriebs und einer besser planbaren Wartung eines Formgebungswerkzeugs.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird gelöst durch

- ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1

- ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 2
- eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 21
- eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 22
- ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 35
- ein computerlesbares Speichermedium mit den Merkmalen des Anspruchs 36
- einen computerlesbaren Datenträger mit den Merkmalen des Anspruchs 37
- ein Datenträgersignal mit den Merkmalen des Anspruchs 38
- eine Formgebungsmaschine, insbesondere Spritzgießmaschine, mit den Merkmalen des Anspruchs 39

Die Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung mittels eines Verfahrens nach Anspruch 1 gelöst, nämlich durch ein Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine, wobei die Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung einen Vorlauf und einen Rücklauf aufweist, zwischen denen wenigstens eine Temperierleitung angeordnet ist, wobei in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitung wenigstens ein Messglied, insbesondere ein Volumenstrommessglied, und in jeder zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung wenigstens ein Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil, angeordnet sind, wobei wenigstens ein Druckabfall in der wenigstens einen Temperierleitung gemessen wird, aufgrund eines mit dem wenigstens einen Messglied gemessenen wenigstens einen Volumenstroms und aufgrund des wenigstens einen gemessenen Druckabfalls wenigstens ein hydraulischer Widerstand und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung berechnet wird, bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulische Widerstands und/oder der

wenigstens einen Widerstandsänderung der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes berücksichtigt wird.

Mit anderen Worten wird die technische Aufgabe gelöst, indem ein Druckabfall wenigstens einer Temperierleitung gemessen wird. Jede zu überwachende Temperierleitung beinhaltet ein Messglied, insbesondere ein Volumenstrommessglied, und jede zu regelnde oder zu steuernde Temperierleitung beinhaltet zusätzlich wenigstens ein Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil. Durch die gleichzeitige Messung eines Druckabfalls und eines Volumenstroms kann in jeder Temperierleitung, insbesondere jedem Temperierkanal eines Werkzeuges, ein hydraulischer Widerstand und/oder eine Widerstandsänderung gemessen werden. Bei diesem hydraulischen Widerstand und/oder dieser Änderung des hydraulischen Widerstandes wird der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes berücksichtigt. Dadurch ist es möglich, während des laufenden Betriebes die hydraulischen Widerstände von Temperierleitungen, insbesondere von Temperierkanälen, Kupplungen, Schläuchen und/oder Ähnlichem, zu bestimmen, damit Ablagerungen und/oder Verstopfungen zu identifizieren und gleichzeitig die Regelung und/oder Steuerung der Temperiermedienversorgung zu betreiben.

Die Aufgabe wird gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung mittels eines Verfahrens nach Anspruch 2 gelöst, nämlich durch ein Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeuges einer Formgebungsmaschine, wobei die Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung einen Vorlauf und einen Rücklauf aufweist, zwischen denen wenigstens eine Temperierleitung angeordnet ist, wobei in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen wenigstens ein Messglied, insbesondere ein Volumenstrommessglied, angeordnet ist, wobei wenigstens eine Temperaturänderung in der wenigstens einen Temperierleitung

gemessen wird, aufgrund eines mit dem wenigstens einen Messglied gemessenen wenigstens einen Volumenstroms und aufgrund der wenigstens einen Temperaturänderung wenigstens ein Wärmestrom und/oder wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung berechnet wird.

Mit anderen Worten wird die technische Aufgabe gelöst, indem eine Temperaturänderung wenigstens einer Temperierleitung gemessen wird. Jede zu überwachende Temperierleitung beinhaltet ein Messglied, insbesondere ein Volumenstrommessglied. Durch die gleichzeitige Messung einer Temperaturänderung und eines Volumenstroms kann für jede Temperierleitung, insbesondere jeden Temperierkreis eines Werkzeuges, ein Wärmestrom und/oder eine Wärmestromänderung berechnet werden. Dadurch ist es möglich, während des laufenden Betriebes die Wärmeströme von Temperierleitungen, insbesondere von Temperierkanälen, Kupplungen, Schläuchen und/oder Ähnlichem, zu bestimmen, um damit Ablagerungen und/oder Verstopfungen zu identifizieren.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren sowie, darauf aufbauend, eine Vorrichtung, ein Computerprogrammprodukt, ein computerlesbares Speichermedium, ein computerlesbarer Datenträger, ein Datenträgersignal, ein Computer und eine Formgebungsmaschine, insbesondere Spritzgießmaschine, können durch Einsatz bei bereits bekannten Ausführungsformen des Standes der Technik, wie beispielsweise in der Beschreibungseinleitung beschrieben, ihren Einsatz finden und nachträglich installiert werden.

Ein Vorteil der Erfindung ist, dass Ablagerungen und/oder Verstopfungen frühzeitig und sicher erkannt werden können, indem der hydraulische Widerstand und/oder der Wärmestrom und/oder eine Änderung des hydraulischen Widerstands und/oder des Wärmestroms berechnet wird. So können beispielsweise grobe Verstopfungen durch den hydraulischen Widerstand und/oder dessen

Änderung detektiert werden und/oder dünn-schichtige aber weitläufige Ablagerungen durch den Wärmestrom und/oder dessen Änderung festgestellt werden.

Weitere Vorteile dieser Erfindung sind, dass die Überwachung während des laufenden Betriebes unabhängig vom Öffnungsgrad des Stellgliedes durchführbar und eine durchgängige Regelung oder Steuerung jedes zu regelnden oder zu steuernden Temperierkreises und/oder Temperierkanals möglich ist.

Außerdem sind höchstens zwei Drucksensoren im zentralen Zu- und Ablauf notwendig, anstatt jeweils zwei Drucksensoren in jedem Einzelkreis.

Zusätzlich ist eine Klassifizierung der Temperierkreise und damit eine Zuordnung zu einem Modell, beispielsweise ein CAD-Modell, möglich, wodurch Verschlauchungsfehler erkannt werden können.

Im Gegensatz zum Stand der Technik ist mit dieser neuen Erfindung eine permanente und zuverlässige Überwachung des Temperierkreises möglich. Dabei kann zusätzlich mit einem geregelten Temperiermedienverteiler der Einfluss eines vorhandenen Stellgliedes, zum Beispiel ein Steuerventil oder Regelventil, in die Berechnung miteinbezogen werden.

Es ist somit für die Überwachung, Steuerung und/oder Regelung der Temperiermedienversorgung kein Eingriff auf andere Prozesseinstellungen erforderlich.

Eine solche Temperiermedienversorgungseinheit ist in der Lage, wenigstens einen Druckabfall und/oder eine Temperaturänderung sowie wenigstens einen Volumenstrom zu messen.

Um einen solchen Druckabfall messen zu können, sind im Regelfall zwei Drucksensoren vorzusehen. Ein Druckabfall kann auch mit nur einem Drucksensor gemessen werden, wenn beispielsweise der Versorgungsdruck bekannt und ausreichend konstant ist.

Um eine solche Temperaturänderung messen zu können, sind im Regelfall zwei Temperatursensoren vorzusehen. Eine Temperaturänderung kann auch mit nur einem Temperatursensor gemessen werden, wenn beispielsweise die Versorgungstemperatur bekannt und ausreichend konstant ist.

Um die Funktionsweise des ersten Aspektes der Erfindung in weiterer Folge zu beschreiben, wird der Fall angenommen, dass der Druckabfall und der Volumenstrom zumindest einer Temperierleitung durch zwei Drucksensoren und ein weiteres Messglied in dieser Leitung gemessen werden.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel mit zwei Drucksensoren zum Messen eines Druckabfalls und eines Messgliedes zur Messung eines Volumenstroms ist eine vorgeschlagene konstruktive Anordnung, die nicht limitierend zu verstehen ist. Jede mögliche konstruktive Maßnahme ist denkbar, bei der ein Druckabfall und ein Volumenstrom gemäß einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 ausgeführt werden kann.

Es kann weiters vorgesehen sein, dass neben der Messung eines Volumenstroms auch ein Massenstrom und/oder ein anderer mit dem Volumenstrom korrelierender Wert gemessen und/oder mit Hilfe des Volumenstroms berechnet wird.

Zwischen den Drucksensoren ist mindestens ein hydraulischer Widerstand für den gemessenen Druckabfall verantwortlich. Dieser hydraulische Widerstand ist im Regelfall der hydraulische Widerstand eines Temperierkanals durch ein Formgebungswerkzeug.

Zu einem hydraulischen Widerstand einer Temperierleitung können neben dem Beitrag eines Temperierkanals durch ein Formgebungswerkzeug auch Widerstandsbeiträge durch Verschlauchungen, Kupplungen, Verteiler, weitere Temperierkanäle oder Ähnliches hinzukommen.

In diesem beschriebenen Fall beinhaltet die Strecke der Temperierleitung, welche überwacht und gesteuert oder geregelt werden soll, zwischen den beiden Drucksensoren noch zusätzlich mindestens ein Messglied, insbesondere ein Volumenstrommessgerät, insbesondere ein Volumenstrommessglied, sowie mindestens ein Stellglied, insbesondere ein Ventil, insbesondere ein Volumenstromventil.

Das Stellglied, insbesondere das Volumenstromventil, kann einen zusätzlichen hydraulischen Widerstand darstellen, wobei die Größe des Widerstands vor allem vom Öffnungsgrad des Stellgliedes abhängt.

Die genauen Platzierungen des Messgliedes sowie des Stellgliedes in der Temperierleitung sind nicht relevant, solange diese in der zu überwachenden und zu steuernden oder zu regelnden Temperierleitung eingebaut sind und durch den gemessenen Druckabfall berücksichtigt werden.

Das Stellglied kann zur Steuerung oder Regelung des Volumenstroms oder einer Temperaturdifferenz in einem Temperierkanal und/oder Temperierkreis verwendet werden. Die Temperaturdifferenz kann dabei zwischen dem Vorlauf, insbesondere vor dem Formgebungswerkzeug, und dem Rücklauf, insbesondere nach dem Formgebungswerkzeug, bestimmt werden.

Als Stellgröße kann der Öffnungsgrad des Stellgliedes verändert werden, um einen gewünschten Sollwert für einen Volumenstrom oder eine Temperaturdifferenz zu erreichen und/oder zu stabilisieren. Diese Parameter sind Prozessparameter, die in Datensätzen als Sollwerte oder Überwachungswerte gespeichert werden können.

Das Stellglied kann mit einer Steuereinrichtung und in weiterer Folge mit einer Datenverarbeitungseinheit verbunden sein, womit permanent der Öffnungsgrad des Stellgliedes bekannt sowie steuerbar oder regelbar ist.

Es kann vorgesehen sein, dass das Stellglied eine Stellungsrückmeldung aufweist, die nach einer angesteuerten Änderung des Öffnungsgrades des Stellgliedes ein Signal bezüglich der tatsächlich eingenommenen Stellposition des Stellgliedes und/oder des tatsächlich vorherrschenden Öffnungsgrades des Stellgliedes ausgibt.

Es kann vorgesehen sein, dass das Stellglied frei von einer Stellungsrückmeldung ist. In diesem Ausführungsbeispiel wird nach der Ansteuerung des Stellgliedes ein vorgegebener Sollwert als der tatsächliche Istwert des Stellgliedes angenommen.

Bei Kenntnis des Öffnungsgrades des Stellgliedes und des aktuellen Volumenstroms ist damit der hydraulische Widerstand des Stellgliedes bekannt. Dieser hydraulische Widerstand kann mit Hilfe des aktuellen Öffnungsgrades entweder anhand einer mathematischen Funktion berechnet werden und/oder von einer Datenbank abgerufen werden.

Die mathematische Funktion zum Berechnen des hydraulischen Widerstands kann zum Beispiel eine Näherungsfunktion sein, die

den hydraulischen Widerstand über Koeffizienten mit dem (prozentuellen) Öffnungsgrad des Stellgliedes verbindet.

Alternativ oder zusätzlich kann auch über abgespeicherte Druckverläufe oder Widerstandsverläufe ein Druckabfall oder ein hydraulischer Widerstand des Stellgliedes berechnet werden. Diese Druckverläufe oder Widerstandsverläufe können in Abhängigkeit eines gemessenen Volumenstroms und/oder eines, eventuell auch prozentuellen, Öffnungsgrades eines Stellgliedes gemessen oder berechnet werden.

Durch Kenntnis des hydraulischen Widerstands eines Stellgliedes und des Volumenstroms innerhalb einer Temperierleitung und/oder eines Temperierkreises kann für jeden Öffnungsgrad des Stellgliedes der dadurch hervorgerufene Druckabfall berechnet werden.

Durch Kenntnis des Druckabfalls des Stellgliedes und des gesamten Druckabfalls einer Temperierleitung kann somit der noch unbekannte Druckabfall des Temperierkanals durch ein Werkzeug berechnet werden. Dieser Druckabfall kann nur für den Temperierkanal stehen, aber auch andere Beiträge wie Verschlauchungen, Kupplungen, mehrere Temperierkanäle oder Ähnliches beinhalten. Aus dem Druckabfall kann dessen hydraulischer Widerstand berechnet werden.

Auf diese Weise kann der hydraulische Widerstand jedes Temperierkanals in einer zu überwachenden und zu steuernden oder zu regelnden Temperierleitung zu jeder Zeit und bei jedem Öffnungsgrad des Stellgliedes während des Steuerbetriebs oder Regelbetriebs berechnet werden.

Sowohl aktuelle als auch gespeicherte hydraulische Widerstände und/oder Widerstandsänderungen können ausgegeben und dem Bedienpersonal zur Verfügung gestellt werden.

Es kann vorgesehen sein, vor der Produktion mit einem Formgebungswerkzeug einen Istzustand und/oder einen Referenzzustand von Temperierkanälen zu ermitteln.

Es kann vorgesehen sein, nach der Produktion mit einem Formgebungswerkzeug einen Istzustand und/oder einen Referenzzustand von Temperierkanälen zu ermitteln.

Eine Ermittlung eines Istzustandes und/oder eines Referenzzustandes von Temperierkanälen kann beispielsweise dazu dienen, Veränderungen der Temperierkanäle, die durch den Betrieb und/oder durch die Lagerung zustande kommen, zu detektieren.

Es kann vorgesehen sein, einen Istzustand und/oder einen Referenzzustand von Temperierkanälen im neuwertigen Zustand des Formgebungswerkzeugs zu ermitteln.

Es kann statt oder zusätzlich zu der Ermittlung eines Istzustandes und/oder eines Referenzzustandes von Temperierkanälen eine Übermittlung des Istzustandes und/oder des Referenzzustandes von Temperierkanälen stattfinden, wobei die Übermittlung elektrisch und/oder elektronisch, vorzugsweise per Datensatz und/oder Cloud, stattfindet.

Der Zustand des Werkzeugs und/oder der Temperierkanäle kann durch Druckabfälle und/oder durch hydraulische Widerstände dem Bedienpersonal über ein Ausgabeelement, bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, zugänglich gemacht werden. Diese Werte können dem Bedienpersonal akustisch und/oder visuell zugänglich gemacht werden.

Hydraulische Widerstände stellen leicht interpretierbare Zustandsparameter und Prozessparameter dar. Somit kann eine optimal planbare und permanent zustandsbasierte Wartung von Formgebungswerkzeugen und -maschinen möglich gemacht werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass Druckabfälle, Volumenströme und/oder hydraulische Widerstände als Absolutwerte, Vergleichswerte und/oder Relativwerte zugänglich gemacht werden.

In einem anderen Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass Druckabfälle und/oder hydraulische Widerstände als Prozentzahlen angegeben werden. In einem solchen Ausführungsbeispiel kann ein Istzustand eines hydraulischen Widerstands einer Temperierleitung in Kombination mit dessen Referenzzustand und/oder Sollzustand des hydraulischen Widerstands der Temperierleitung eine Prozentzahl ergeben und als solche ausgegeben werden. In diesem Ausführungsbeispiel kann ein Relativwert von 100 % einem Volumenstrom gemäß des Referenzzustandes und/oder des Sollzustandes, ein Relativwert unter 100 % einer teilweisen Blockade, ein Relativwert von 0 % einer vollständigen Blockade und ein Relativwert über 100 % einem zu niedrigen Istzustand eines hydraulischen Widerstands einer Temperierleitung beispielsweise durch einen gerissenen oder geplatzten Schlauch entsprechen. Relativwerte für Druckabfälle und/oder hydraulische Widerstände stellen einfach verständliche Werte dar.

In einem anderen Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass für die wenigstens eine Temperierleitungen Messwerte für die Druckdifferenzen und die Volumenströme und/oder korrelierende Größen ermittelt werden, diese Messwerte einander gegenübergestellt werden und durch Vergleich miteinander Vergleichswerte darstellen oder zu Vergleichswerten führen, die

hydraulische Widerstände und/oder hydraulische Widerstandsänderungen mit Rücksichtnahme des jeweiligen Öffnungsgrades des wenigstens einen Stellgliedes widerspiegeln. In diesem Ausführungsbeispiel kann eine Temperierleitung über einen bestimmten Zeitraum mit sich selbst verglichen und/oder ein Abschnitt einer Temperierleitung mit einem anderen Abschnitt derselben Temperierleitung und/oder eine Temperierleitung mit einer anderen Temperierleitung verglichen werden.

In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass für die wenigstens eine Temperierleitungen Messwerte für die Druckdifferenzen und die Volumenströme und/oder korrelierende Größen ermittelt werden, wobei diese Größen reelle Zahlen, vorzugsweise rationale, Zahlen darstellen und gegebenenfalls vergleichend, vorzugsweise in einer Tabelle und/oder einer Matrix, einander gegenübergestellt werden können.

Auch Änderungen der Werte können dem Bedienpersonal zugänglich gemacht werden, um bei einer Verschlechterung der Temperierleitungen rechtzeitig reagieren zu können. Liegt die Änderung bei oder über einem definierten Schwellwert, zum Beispiel  $R_{TK}$ -Faktor, kann ein Alarm, ein Produktionsstopp oder Ähnliches auf der Maschine ausgelöst werden und/oder eine Hinweismeldung für eine bevorstehende Wartung ausgegeben werden.

Sollten Änderungen bei einem Neuaufspannen eines Werkzeugs gemessen werden, kann das Bedienpersonal die Möglichkeit haben, diese geänderten Parameter als neuen Referenzzustand zu setzen. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn die hydraulischen Widerstände im Zuge einer Wartung niedriger geworden sind.

Das Überprüfen von geänderten Parametern, das Ermitteln eines Istzustandes oder Referenzzustandes, das Setzen von geänderten

Parametern als neue Referenz kann entweder automatisch durch die Vorrichtung oder manuell durch das Bedienpersonal erfolgen.

Durch die Überwachung von Temperierleitungen und gleichzeitige Steuerung und/oder Regelung der in den Temperierleitungen vorhandenen Stellgliedern ist es möglich zu überprüfen, ob die Temperierkreise im Vergleich zu einer Referenz richtig an den Verteilerkreis angeschlossen wurden.

Die Referenz kann aus vorhergehenden Messungen, aus einem Teiledatensatz des Werkzeugs oder aus einem Datensatz eines baugleichen Werkzeugs stammen.

Alternativ oder zusätzlich kann diese Referenz auch aus Simulationsdaten und/oder CAD-Modellen des Werkzeugs stammen.

Somit könnte eine Zuordnung erfolgen, bei der beispielsweise die angeschlossenen Temperierkanäle entsprechenden Temperierkanälen in einem CAD-Modell zugeordnet und die gemessenen hydraulischen Widerstände mit den berechneten hydraulischen Widerständen verglichen werden können. Dies kann für alle vorhandenen Temperierkanäle oder auch nur einen Teil durchgeführt werden.

Durch eine Zuordnung von gemessenen zu berechneten Temperierkanälen und einen Vergleich von berechneten sowie gemessenen Parametern können Zustandstabellen erstellt werden, welche Werte wie Volumenstrom, Temperatur, Druck, hydraulische Widerstände und/oder Ähnliches sowie Änderungen dieser Werte umfassen und dem richtigen Temperierkanal, dem richtigen Temperierkreis und/oder der richtigen Temperierleitung zugeordnet werden können.

Entspricht beispielsweise ein hydraulischer Widerstand eines Temperierkanals nicht der Referenz mit einer definierten

zulässigen Abweichung, kann die Steuereinrichtung eine Warnmeldung, einen Alarm oder einen Hinweis ausgeben. Beispielsweise könnte bei einem fehlerhaften Verschlauchen ein Temperierkreis auf einem falschen Verteilerkreis angeschlossen werden.

Der Hinweis kann an eine übergeordnete Ebene übermittelt werden.

Der Hinweis kann verwendet werden, um zu erkennen, dass Temperierkreise beim Anschließen vertauscht wurden.

Es ist denkbar, dass von der Datenverarbeitungseinheit durch Vergleich mit der Referenz und einem selbstständigen Erkennen eines Fehlers, beispielsweise eines Verschlauchungsfehlers, die eingestellten Werte automatisch so vertauscht werden können, dass im Betrieb und auf dem Ausgabeelement, bevorzugt der Visualisierungsvorrichtung, dem Bedienpersonal die richtige Zuordnung und Steuerung oder Regelung zur Verfügung steht.

Eine weitere Möglichkeit, die Berechnungen von Temperierleitungen aus effektiven Prozessparametern zu nützen, besteht in der Ermittlung der bestmöglichen Verschlauchung. So kann es beispielsweise sinnvoll sein, ähnliche Temperierkreise auf denselben geregelten Temperiermedienverteiler zu sammeln. Eventuell kann durch die Berechnung von einzelnen hydraulischen Widerständen und/oder hydraulischen Widerstandsänderungen eine Empfehlung, wie die Temperierkreise verschaltet werden sollen, erstellt werden, damit der sich daraus ergebende hydraulische Gesamtwiderstand einer Temperierleitung mit in Serie geschalteten Temperierkreisen ausreichend gering ist.

Wenn so viele Temperierleitungen und/oder Temperierkreise vorhanden sind, dass nicht alle an den Anschlüssen des Temperiermedienverteilers angeschlossen werden können, müssen

mehrere Temperierleitungen und/oder Temperierkreise in Serie zusammengeschaltet werden. Schaltet man jene Temperierleitungen und/oder Temperierkreise in Serie, die bereits hohe hydraulische Widerstände aufweisen, so steigt der Gesamtwiderstand dieser in Serie geschalteten Temperierleitungen und/oder Temperierkreise auf unvorteilhafte Weise und es fließt den Anforderungen entsprechend zu wenig Temperiermedium über diese in Serie geschalteten Temperierleitungen und/oder Temperierkreise. Es empfiehlt sich daher jene Temperierleitungen und/oder Temperierkreise in Serie zu schalten, die im Vergleich einen niedrigeren hydraulischen Widerstand aufweisen, und jene Temperierleitungen und/oder Temperierkreise mit hohem Widerstand möglichst nicht in Serie zu schalten. Eine Entscheidung darüber, welche Temperierleitungen und/oder Temperierkreise in Serie geschaltet werden, kann anhand der hydraulischen Widerstände aus Messungen oder Datensätzen wie CAD-Datensätzen und/oder Simulationdatensätzen erfolgen. Es kann auch die Relevanz des Temperierkreises für die Bauteilqualität in die Entscheidung miteinbezogen werden.

Je nach konstruktivem Aufbau sowie etwaigen Kombinationen von unterschiedlichen geregelten Temperiermedienverteilern können bei den Berechnungen auch die gemessenen Druckabfälle und/oder die gemessenen Volumenströme innerhalb eines Verteilerkreises und/oder die Messparameter von mehreren Verteilerkreisen miteinbezogen werden.

Es können gemessene oder berechneten Parameter eines Werkzeugs, wie beispielsweise Öffnungsgrade von Stellgliedern oder hydraulische Widerstände von Temperierkanälen, nicht nur einer Maschine sondern über eine Datenverbindung, wie zum Beispiel einer Cloud, mehreren Maschinen zur Verfügung gestellt werden. Auch ist das Abspeichern in einem Datensatz möglich.

Denkbar ist auch eine Erkennung von Schlauchbrüchen oder Leckagen, wenn der hydraulische Widerstand plötzlich und unerwartet stark sinkt.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die offenbarten Ausführungsvarianten beschränkt. Bei einer Ausführung mit zwei oder mehr Temperierleitungen können beispielsweise beliebige Mischformen der hier offenbarten Anordnungen der Messglieder und/oder Stellglieder realisiert werden, also zum Beispiel je ein Drucksensoren in den Temperierleitungen und ein Drucksensor im Vor- oder Rücklauf. Bei anderen einer Ausführungsform mit einer oder mehr Temperierleitungen kann das Werkzeug auch mehrmals durchlaufen werden. Es können auch mehrere Bauteile je Temperierleitung eingesetzt werden, zum Beispiel mehrere Messglieder und/oder Stellglieder verschiedenster Art und Bauweise.

Es ist jede denkbare Kombination an Bauteilen sowie Leitungen möglich, die eine Messung eines Druckabfalls in zumindest einer Temperierleitung zulässt, wobei dieser gemessene Druckabfall mit einem gemessenen Volumenstrom zumindest einen hydraulischen Widerstand und/oder eine Widerstandsänderung berechnen lässt, wobei der Öffnungsgrad eines Stellgliedes durch den hydraulischen Widerstand berücksichtigt wird.

Es ist denkbar, dass verschiedene Arten und Bauformen von Stellgliedern innerhalb der Temperiermedierversorgungseinheit Anwendung finden. So können zum Beispiel verschiedene Ventile verwendet werden, die aufgrund ihrer Fertigungstoleranzen oder durch unterschiedliche Bauformen in bestimmten Temperierkreisen gewünscht oder notwendig sind. Es ist daher auch möglich motorbetätigte und/oder handbetätigte Stellglieder zu verwenden, wobei eine Überwachung des Öffnungsgrades durch die Steuereinrichtung und/oder durch manuelles Ablesen anhand einer

Skala möglich ist. Um eine Überwachung zu gewährleisten, ist bei allen zu verwendenden Stellgliedern ein Berechnen oder Abrufen eines hydraulischen Widerstands in Abhängigkeit des Öffnungsgrades des Stellgliedes vorzusehen.

Das Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung einer Temperiermedienversorgung ist auch auf andere mediendurchströmte Maschinenkomponenten anwendbar, in denen zumindest eine Temperierleitung mit je einem Messglied und einem Stellglied ausgestattet ist, beispielsweise bei Schaltschrankkühlungen, Ölkühler, Traversen, Antriebskühlungen, Kühlungen von Reglern oder anderen elektrischen sowie elektronischen Bauteilen einer Formgebungsmaschine.

Bisher Gesagtes zur Funktionsweise des ersten Aspekts der Erfindung kann sinngemäß auf den zweiten Aspekt der Erfindung übertragen werden, weshalb im Folgenden vornehmlich die Unterschiede des zweiten Aspekts beschrieben werden.

Um die Funktionsweise des zweiten Aspektes der Erfindung in weiterer Folge zu beschreiben, wird der Fall angenommen, dass die Temperaturänderung und der Volumenstrom zumindest einer Temperierleitung durch zwei Temperatursensoren und ein weiteres Messglied in dieser Leitung gemessen werden.

Es denkbar, dass die Temperaturänderung durch einen Temperatursensor im zentralen Vorlauf und einen Temperatursensor in jeder Temperierleitungen, die tatsächlich überwacht werden soll, gemessen wird. Diese konkrete Ausführungsanordnung der Temperatursensoren ist nicht als einschränkend zu verstehen.

Das Messglied zur Messung des Volumenstroms kann direkt in der zu überwachenden Temperierleitung, insbesondere dem zu überwachenden Temperierkreis, vorgesehen sein.

Die durch die Temperatursensoren gemessene Temperaturänderung des Temperiermedium und der durch das Messglied gemessene Volumenstrom können dazu dienen, den Wärmestrom zu berechnen. Dabei kann der Wärmestrom anhand folgender Formel berechnet werden:

$$Q_{TM} = \dot{m}_{TM} \cdot c_{TM} \cdot \Delta T = \Phi_{TM} \cdot \rho_{TM} \cdot c_{TM} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = T_{vor} - T_{nach}$$

Dabei bezeichnet

- $Q_{TM}$  den wenigstens einen Wärmestrom des Temperiermediums in der wenigstens einen zu überwachenden Temperierleitung,
- $\dot{m}_{TM}$  den wenigstens einen Massenstrom des Temperiermediums in der wenigstens einen zu überwachenden Temperierleitung,
- $c_{TM}$  die spezifische Wärmekapazität des Temperiermediums, wobei die spezifische Wärmekapazität als näherungsweise konstant bei im Wesentlichen konstanter Temperatur betrachtet werden kann,
- $\Delta T$  die Temperaturänderung zwischen den Temperatursensoren,
- $\Phi_{TM}$  den wenigstens einen Volumenstrom des Temperiermediums in der wenigstens einen zu überwachenden Temperierleitung,
- $\rho_{TM}$  die Dichte des Temperiermediums, wobei die Dichte als näherungsweise konstant bei im Wesentlichen konstanter Temperatur betrachtet werden kann,
- $T_{vor}$  die Temperatur des Temperiermediums beim strömungstechnisch vorgeschalteten Temperatursensor und
- $T_{nach}$  die Temperatur des Temperiermediums beim strömungstechnisch nachgeschalteten Temperatursensor.

Dabei können die materialspezifischen Größen der Dichte und Wärmekapazität des Temperiermediums entweder als konstant und damit als temperaturunabhängig oder als variabel und temperaturabhängig betrachtet werden. Bei temperaturabhängigen

Dichten und/oder Wärmekapazitäten können entsprechende Tabellenwerte manuell eingegeben und/oder von einem Speicher abgerufen werden.

Statt des Wärmestroms kann auch eine davon abgeleitete Größe zur Überwachung herangezogen werden. Beispielsweise kann bei im Wesentlichen konstanter Dichte und spezifischer Wärmekapazität des Temperiermediums eine vom Wärmestrom abgeleitete Größe herangezogen werden, die sich lediglich aus dem mathematischen Produkt des Volumenstroms und der Temperaturänderung berechnet. Dieses Beispiel soll nicht als einschränkend verstanden werden. Jede abgeleitete Größe, die in Verbindung mit dem Wärmestrom steht, kann dabei verwendet werden.

Die Temperaturänderung kann entweder positiv oder negativ sein.

Bei einer positiven Temperaturänderung ist die gemessene Temperatur des strömungstechnisch vorgeschalteten Temperatursensors größer als die gemessene Temperatur des strömungstechnisch nachgeschalteten Temperatursensors. Das heißt, das Temperiermedium hat eine wärmende Funktion und wird dadurch selbst abgekühlt.

Bei einer negativen Temperaturänderung ist die gemessene Temperatur des strömungstechnisch vorgeschalteten Temperatursensors kleiner als die gemessene Temperatur des strömungstechnisch nachgeschalteten Temperatursensors. Das heißt, das Temperiermedium hat eine kühlende Funktion und wird dadurch selbst gewärmt.

Der Wärmestrom kann während des laufenden Betriebs berechnet werden und mit einem Referenzwert verglichen werden, wobei der Referenzwert beispielsweise am Beginn des laufenden Betriebes und/oder nach dem Einbau eines neuen oder frisch gewarteten

Werkzeugs gemessen wurde. Der Referenzwert kann ein voreingestellter Referenzwert sein, der aus einem Speicher oder aus einer Simulation abgerufen werden kann. Die Generation eines Referenzwertes ist dabei nicht auf die angeführten Ausführungsbeispiele begrenzt.

Kommt es im Laufe des Betriebes zu Ablagerungen, die in den Temperierleitungen eine Isolierschicht bilden, kann es zu einem reduzierten Wärmeaustausch zwischen dem Werkzeug und dem Temperiermedium und damit einhergehend zu einer Veränderung der Temperatur des Werkzeugs kommen. Es kann also ein erhöhter Energiebedarf für die Erwärmung des Werkzeugs notwendig werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass der Wärmestrom für das Aufheizen und/oder für das Abkühlen eines Werkzeugs berechnet wird.

Durch den Vergleich des Wärmestroms mit einer Referenz, kann eine Abweichung berechnet werden. Diese Abweichung kann auch eine Mittelung des Wärmestroms über die Dauer eines Formgebungszykluses sein.

Der Vorteil des zweiten Aspektes der Erfindung ist, dass bei manchen Ablagerungen und/oder Verstopfungen nur eine geringe Änderung des hydraulischen Widerstands beobachtet werden kann, wohingegen die Änderung des abgeführten Wärmestroms stärker ausgeprägt und damit leichter beobachtbar sein kann.

Der Begriff Temperierleitung wird für eine Verbindung zwischen einem Vorlauf und einem Rücklauf einer Temperiermedierversorgungseinheit verwendet. Eine Temperierleitung beinhaltet somit alle technischen, seriell hintereinander geschalteten Bauteile zwischen einem Vorlauf und einem Rücklauf. Bei Vorhandensein einer Parallelschaltung können

zwei oder mehr Temperierleitungen Abschnitte im Verlauf der zwei oder mehr Temperierleitungen gemeinsam teilen. Zum Beispiel kann ein beginnender Leitungsabschnitt nach dem Vorlauf sowohl zu einer Temperierleitung 1 als auch zu einer Temperierleitung 2 zählen, bis der beginnende Leitungsabschnitt der beiden Temperierleitungen einen Aufspaltungspunkt erreicht.

Ein Temperierkreis beschreibt nur jenen Abschnitt einer Temperierleitung, der bei Vorhandensein einer Parallelschaltung entweder:

vom Aufspaltungspunkt einer Temperierleitung in mindestens zwei Abschnitte bis zur Zusammenführung der mindestens zwei Abschnitte oder

vom Aufspaltungspunkt einer Temperierleitung in mindestens zwei Abschnitte bis zum Münden der mindestens zwei Abschnitte in einen oder mehrere Rückläufe oder

von einem oder mehreren Vorläufen ausgehend bis zur Zusammenführung von mindestens zwei Abschnitten von zumindest zwei Temperierleitungen verläuft.

Im Regelfall beinhaltet ein Temperierkreis somit eine zu temperierende Werkzeugkomponente, entsprechende Verschlauchungen, Kupplungen und/oder andere Versorgungsvorrichtungen, Sensoren wie üblicherweise für Druck, Volumenstrom und Temperatur, Steuerglieder und/oder Regelglieder und Ähnliches. Die genannten Bestandteile eines Temperierkreises sind folglich auch Bestandteile einer Temperierleitung, wobei die Anzahl und Kombination der eingesetzten Bauteile in einer Temperierleitung und/oder einem Temperierkreis durch obige Beispielnennungen in keiner Weise beschränkt oder vorgeschrieben sind.

Ein Temperierkanal ist nur jener Abschnitt einer Temperierleitung, der durch ein Formgebungswerkzeug verläuft.

Damit muss eine Temperiermedienversorgungseinheit aus mindestens einer Temperierleitung bestehen. Sinnvollerweise beinhaltet diese eine Temperierleitung mindestens einen Temperierkanal. Bei Einsatz einer Parallelschaltung können mehrere Temperierkreise installiert werden, die sinnvollerweise je einen Temperierkanal beinhalten.

Unter einem Volumenstrommessglied kann auch ein Durchflusssensor verstanden werden.

Unter einem Volumenstromventil kann auch ein Durchflussregler bzw. ein Durchflussregelventil verstanden werden.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass durch die Messung des wenigstens einen Druckabfalls die Summe der Druckabfälle von wenigstens zwei hydraulischen Widerstandsbeträgen, insbesondere von wenigstens einer Verbraucher-Komponente der Formgebungsmaschine, vorzugsweise von einem Temperierkanal durch das Werkzeug, von einer Schaltschrankkühlung, von einem Wärmetauscher für einen Ölkühler, einer Traversenkühlung oder von einem Wärmetauscher für einen Antrieb, sowie von wenigstens einem Stellglied, gemessen und/oder berechnet wird, wobei ein hydraulischer Widerstandsbeitrag der wenigstens zwei hydraulischen Widerstandsbeiträge das wenigstens eine Stellglied darstellt..

Das heißt, ein gemessener Druckabfall kann sich aus mindestens zwei hydraulischen Widerstandsbeiträgen ergeben, nämlich durch wenigstens einen Temperierkanal durch ein Werkzeug und durch wenigstens ein Stellglied, wobei eine unbegrenzte Anzahl an

Temperierleitungen, ausgeführt in einer Parallelschaltung, möglich sein können.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine Druckabfall durch je einen Drucksensor im Vorlauf und einen Drucksensor im Rücklauf und/oder die wenigstens eine Temperaturänderung durch je einen Temperatursensor im Vorlauf und einen Temperatursensor im Rücklauf gemessen wird.

Dies spart Herstellungskosten, da auch bei mehreren Temperierleitungen, welche als Parallelschaltung ausgeführt sein können, nur zwei Drucksensoren, je einer im Vorlauf und im Rücklauf, notwendig sind. Es wird dabei angenommen, dass der Druckabfall über alle parallel angeordneten Kreise annähernd gleich groß bleibt.

Soll aufgrund der Baugröße der Vorrichtung der Temperiermedienversorgung neben dem wenigstens einen Druckabfall einer Temperierleitung noch weitere Drücke und/oder Druckabfälle gemessen werden, können beliebig weitere Drucksensoren vorgesehen sein. Die Anzahl, die Ausführungsform und/oder die Position der zusätzlich vorgesehenen Drucksensoren innerhalb der Vorrichtung der Temperiermedienversorgung ist dabei frei wählbar.

Es kann vorgesehen sein, dass mehr als ein Druckabfall für jeden beliebigen Temperierkreis und/oder jede beliebige Temperierleitung gemessen werden. Ein individueller Druckabfall in einem Temperierkreis und/oder einer Temperierleitung kann somit zur Berechnung eines hydraulischen Widerstands dieses Temperierkreises und/oder dieser Temperierleitung berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise dann sinnvoll sein, wenn eine erhöhte Genauigkeit erforderlich ist.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine Druckabfall durch je zwei in der wenigstens einen Temperierleitung strömungstechnisch in Serie angeordnete Drucksensoren und/oder die wenigstens eine Temperaturänderung durch je zwei in der wenigstens einen Temperierleitung strömungstechnisch in Serie angeordnete Temperatursensoren gemessen wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung wenigstens einer zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung aus wenigstens zwei Beträgen, insbesondere wenigstens einem Temperierkanal durch ein Werkzeug und wenigstens einem Stellglied, berechnet wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder der wenigstens eine Wärmestrom und/oder die wenigstens eine Wärmestromänderung durch ein Ausgabeelement, bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, insbesondere auf einem Bildschirm, dargestellt wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass wenigstens ein erlaubter Bereich für den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder für den wenigstens einen Wärmestrom der wenigstens einen Temperierleitung festgelegt wird und/oder wenigstens ein erlaubter Änderungsbereich für die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder für die wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung festgelegt wird, bei Verlassen des wenigstens einen erlaubten Bereichs durch den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder durch den wenigstens einen Wärmestrom und/oder bei

Verlassen des wenigstens einen erlaubten Änderungsbereichs durch die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder durch die wenigstens eine Wärmestromänderung ein Warnsignal ausgegeben wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass das Warnsignal optisch, insbesondere durch Darstellung auf einem Bildschirm ausgegeben wird und/oder dass das Warnsignal akustisch ausgegeben wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass bei Ausgabe des Warnsignals die Formgebungsmaschine abgeschaltet wird.

Es kann vorgesehen sein, dass bei Verlassen des wenigstens einen erlaubten Bereichs durch den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder bei Verlassen des wenigstens einen erlaubten Änderungsbereichs durch die wenigstens eine Widerstandsänderung ein Wartungsbefehl für das Formwerkzeug ausgegeben wird und/oder eine Information über eine zu planende Wartung in einer übergeordneten Produktionsplanungsplattform bzw. Ebene zur Verfügung gestellt wird.

Durch einen Wartungsbefehl und/oder eine Information über eine zu planende Wartung kann die Verfügbarkeit eines Werkzeugs für die Produktion beeinflusst werden.

Da der hydraulische Widerstand und/oder dessen Änderung leicht zu interpretierende Kenngrößen für das Bedienpersonal darstellen, können diese durch ein akustisches Signal und/oder auf einem Bildschirm oder Ähnlichem visuell dargestellt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, derartige Signale maschinenübergreifend dem ganzen Produktionsumfeld und/oder Maschinenpark zu Verfügung zu stellen, wenn eine entsprechende

Verbindung zwischen einzelnen Maschinen besteht (LAN via beispielsweise Ethernet oder auch kabellos). Die Größe eines solchen Netzwerks kann jedes gewünschte Ausmaß annehmen, also auch zwischen verschiedenen Maschinenparks an verschiedenen Orten bestehen. Ein solches Netzwerk kann auch zur zentralen Überwachung, Steuerung und/oder Regelung genutzt werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass zur Bestimmung des wenigstens einen erlaubten Bereichs und/oder des wenigstens einen erlaubten Änderungsbereichs vor, während und/oder nach dem Betrieb eine Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands ( $R$ ) und/oder des wenigstens einen Wärmestroms ( $Q$ ) durch Messdaten und/oder durch Daten aus einer Simulation und/oder durch Konstruktionsdaten, insbesondere CAD-Daten, durchgeführt wird.

Um die erlaubten Bereiche und/oder die erlaubten Sollwerte der hydraulischen Widerstände und/oder Widerstandsänderungen bestimmen zu können, kann eine Messung von Referenzwerten der hydraulischen Widerstände und/oder Widerstandsänderungen an der Maschine durchgeführt werden.

Es kann vorgesehen sein, dass die erlaubten Bereiche und/oder die erlaubten Sollwerte der hydraulischen Widerstände und/oder Widerstandsänderungen von einem Bediener durch eine freiwählbare Vorgabe und/oder eine vorbelegte Vorgabe eingestellt werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass von der Verbraucher-Komponente der Formgebungsmaschine der wenigstens eine hydraulische Widerstand ( $R$ ) und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder der wenigstens eine Wärmestrom ( $Q$ ) und/oder die wenigstens eine Wärmestromänderung zumindest einmal durch Messdaten berechnet wird und zumindest einmal durch Daten aus einer Simulation oder durch

Konstruktionsdaten, insbesondere CAD-Daten, berechnet wird, wobei die zumindest zwei berechneten Werte des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung und/oder des wenigstens einen Wärmestroms (Q) und/oder der wenigstens einen Wärmestromänderung abgeglichen werden, um eine Abweichung oder Übereinstimmung zu erkennen.

Bei einem solchen Ausführungsbeispiel kann durch den Abgleich eines gemessenen hydraulischen Widerstands mit Simulations- oder CAD-Daten der Neuzustand eines Werkzeugs abgeleitet werden und/oder Verschlauchungsfehler erkannt werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der Abgleich der zumindest zwei berechneten Werte des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung Temperaturen und/oder Temperaturdifferenzen berücksichtigt.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass anhand von Absolutwerten, Vergleichswerten, Relativwerten und/oder einer oder mehrerer Reihungen nach Größe der hydraulischen Widerstände und/oder hydraulischen Widerstandsänderungen und/oder der Wärmeströme und/oder Wärmestromänderungen der Verbraucher-Komponenten ein Verschlauchungsvorschlag erstellt wird, wobei Verbraucher-Komponenten mit niederen hydraulischen Widerständen Verbraucher-Komponenten mit niederen hydraulischen Widerständen und/oder niedrigen Wärmeströmen in Serie geschaltet werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der Verschlauchungsvorschlag mit Berücksichtigung der gemessenen und/oder vorbestimmten Temperaturen und/oder Temperaturdifferenzen der Verbraucher-Komponenten erstellt und/oder adaptiert wird.

Wenn Temperaturen und/oder Temperaturdifferenzen aus Daten einer Simulation oder aus Konstruktionsdaten vorhanden sind, können diese in einen Verschlauchungsvorschlag für Serien-/Parallelschaltung der Verbraucher-Komponenten miteinfließen und/oder mit den Messwerten abgeglichen werden. Zum Beispiel kann bei einer Simulation eine sehr niedrige Temperaturdifferenz einer Verbraucher-Komponente und bei der Messung eine sehr hohe Temperaturdifferenz erhalten werden, obwohl hydraulisch keine Auffälligkeit vorliegt. Durch diesen Abgleich können vorhandene Ablagerungen oder thermische Isolierschichten in den Temperierleitungen erkannt werden.

Derartige Messungen und Simulationen können auch direkt vor Betriebsbeginn durchgeführt werden. Diese können weiters in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Die Entwicklung der hydraulischen Widerstände und/oder Widerstandsänderungen sowie deren erlaubte Bereiche und Sollwerte können auf diese Weise dokumentiert werden, um eine noch bessere zustandsbasierte Planung der Gerätewartung zu erreichen.

Für vergleichbare oder identische Maschinen oder vergleichbare Maschineneinstellungen können somit gespeicherte Daten herangezogen werden und Messungen sowie Simulationen in einem selbst gewählten Ausmaß eingespart werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand  $R_i$  der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  gemäß den Gleichungen

$$R_i = \frac{\Delta p(\delta)}{\Phi_i^n}$$

$$\Delta p(\delta) = \Delta p_{2i} + \Delta p(\delta)_{7i}$$

berechnet wird. Dabei bezeichnet

- $R_i$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- $\Delta p(\delta)$  den wenigstens einen Druckabfall des Versorgungssystems mit der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes
- $\Phi_i$  den wenigstens einen Volumenstrom in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- $n$  eine dimensionslose Kenngröße in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie beispielsweise des vom Volumenstrom  $\Phi_i$  durchströmten Querschnitts und/oder den Strömungsverhältnissen, wobei bei einem Kreisquerschnitt und idealen Strömungsverhältnissen die Kenngröße  $n$  näherungsweise 2 ist,
- $\Delta p_{2i}$  den wenigstens einen Druckabfall wenigstens eines Temperierkanals durch ein Werkzeug in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  und
- $\Delta p(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen Druckabfall in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand  $R_{2i}$  des wenigstens einen Werkzeugs in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  gemäß den Gleichungen

$$\Delta p(\delta)_{7i} = R(\delta)_{7i} \cdot \Phi_i^n$$

$$\Delta p_{2i} = \Delta p(\delta) - \Delta p(\delta)_{7i}$$

$$R_{2i} = \frac{\Delta p_{2i}}{\Phi_i^n}$$

berechnet wird. Dabei bezeichnet:

- $\Delta p(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen Druckabfall in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- $R(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand des wenigstens einen Stellgliedes in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- $\Phi_i$  den wenigstens einen Volumenstrom in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- $n$  eine dimensionslose Kenngröße in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie beispielsweise des vom Volumenstrom  $\Phi_i$  durchströmten Querschnitts und/oder den Strömungsverhältnissen, wobei bei einem Kreisquerschnitt und idealen Strömungsverhältnissen die Kenngröße  $n$  näherungsweise 2 ist,
- $\Delta p_{2i}$  den wenigstens einen Druckabfall wenigstens eines Temperierkanals durch ein Werkzeug in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- $\Delta p(\delta)$  den wenigstens einen Druckabfall des Versorgungssystems mit der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes und

- $R_{2i}$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand eines Temperierkanal durch ein Werkzeug in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand  $R(\delta)_{7i}$  des wenigstens einen Stellgliedes in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  von einem computerlesbaren Speichermedium gelesen und/oder von einem Prozessor durch eine Näherungsfunktion berechnet wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass eine Temperatur des Temperiermediums gemessen wird und bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands  $R$  die Temperatur des Temperiermediums miteinbezogen wird.

Es kann beispielsweise auch eine gemessene Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf einer Temperierleitung und/oder innerhalb eines Temperierkreises als Optimierungskriterium herangezogen werden. Bei Vorliegen mehrerer Temperierkreise kann die Berücksichtigung zumindest einer Temperatur und/oder zumindest einer Temperaturdifferenz dazu genutzt werden, um sinnvolle Verschlauchungen von in Serie geschalteten Temperierkreisen zu planen.

Ein Ausführungsbeispiel hierzu kann vier Temperierkreise beinhalten. Zwei Kreise haben einen hohen hydraulischen Widerstand, aber niedrige Temperaturdifferenz. Zwei weitere Kreise haben einen hohen hydraulischen Widerstand, aber eine höhere Temperaturdifferenz. Durch Serienschaltung der Kreise steigt der hydraulische Widerstand und der Volumenstrom sinkt,

wodurch die Temperaturdifferenz steigt. Die Temperaturdifferenz kann jedoch bei den ersten beiden Kreisen noch im gewünschten Bereich sein. Somit wäre zu bevorzugen, jene Kreise in Serie zu schalten, die danach immer noch eine Temperaturdifferenz innerhalb des zulässigen Bereichs haben.

Beim Messen der Temperatur kann zumindest ein Temperatursensor in einer zu überwachenden Temperierleitung vorgesehen sein. Ein solcher Temperatursensor kann mit der Datenverarbeitungseinheit verbunden sein. Es ist auch denkbar, weitere Größen wie die Reynoldszahl, die Viskosität und/oder die Kompressibilität des Temperiermediums zu berücksichtigen. Weiters können solche temperaturkorrigierten Daten auf dem computerlesbaren Speichermedium zur Verfügung gestellt werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass als Temperiermedium Wasser verwendet wird.

Aufgrund seiner hohen Wärmekapazität ist Wasser in vielen Fällen als Temperiermedium gut geeignet. Natürlich können auch andere Medien oder Wasser mit Zusätzen verwendet werden.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine, wobei wenigstens ein Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil, nach einem Sollwert für einen Druck des Temperiermediums und/oder für einen Volumenstrom des Temperiermediums geregelt oder gesteuert wird, kann vorgesehen sein, dass der Sollwert in Abhängigkeit des wenigstens einen hydraulischen Widerstands  $R_{2i}$  und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung  $\Delta R_{2i}$  eines Temperierkanal durch ein Werkzeug in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  berechnet wird.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Stellglied anhand eines Sollwertes geregelt oder gesteuert werden kann. Dieser Sollwert kann sich aus dem wenigstens einen hydraulischen Widerstand  $R_{2i}$  und/oder einer Widerstandsänderung  $\Delta R_{2i}$  eines Temperierkanals durch ein Werkzeug einer Temperierleitung  $i$  berechnen lassen. Neben einer hierfür notwendigen Steuer- und/oder Regeleinheit des Stellgliedes kann eine Datenverarbeitungseinheit verwendet werden, welche mit dem wenigstens einen Stellglied und dem wenigstens einen Messglied verbunden sein kann.

Weiters wird Schutz begehrt für eine Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine mit

- einem Vorlauf zur zentralen Zufuhr eines Temperiermediums
- einem Rücklauf zur zentralen Abfuhr des Temperiermediums
- wenigstens einer Temperierleitung, welche mit dem Vorlauf und dem Rücklauf verbunden ist, zum Temperieren des Werkzeugs
- wenigstens einem Messglied, insbesondere ein Volumenstrommessglied, in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen zum Messen wenigstens eines Volumenstroms
- wenigstens einem Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil, in jeder der zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitungen zum Regeln oder Steuern eines Volumenstroms und
- Datenverarbeitungseinheit, welche mit dem wenigstens einen Stellglied und dem wenigstens einen Messglied verbunden ist wobei
- wenigstens zwei Drucksensoren vorgesehen sind, welche mit der Datenverarbeitungseinheit verbunden sind, zum Messen wenigstens eines Druckabfalls
- aufgrund des wenigstens einen gemessenen Volumenstroms und aufgrund des wenigstens einen gemessenen Druckabfalls von der

Datenverarbeitungseinheit wenigstens ein hydraulischer Widerstand und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung berechenbar ist

- bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulische Widerstands und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes berücksichtigt wird
- der wenigstens eine hydraulische Widerstand und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung durch ein Ausgabeelement, bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, darstellbar ist

Weiters wird Schutz begehrt für eine Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine mit

- einem Vorlauf zur zentralen Zufuhr eines Temperiermediums
- einem Rücklauf zur zentralen Abfuhr des Temperiermediums
- wenigstens einer Temperierleitung, welche mit dem Vorlauf und dem Rücklauf verbunden ist, zum Temperieren des Werkzeugs
- wenigstens einem Messglied, insbesondere wenigstens einem Volumenstrommessglied, in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen zum Messen wenigstens eines Volumenstroms
- Datenverarbeitungseinheit, welche mit dem wenigstens einen Stellglied und dem wenigstens einen Messglied verbunden ist wobei
- wenigstens zwei Temperatursensoren vorgesehen sind, welche mit der Datenverarbeitungseinheit verbunden sind, zum Messen wenigstens einer Temperaturänderung
- aufgrund des wenigstens einen gemessenen Volumenstroms und aufgrund der wenigstens einen gemessenen Temperaturänderung von der Datenverarbeitungseinheit wenigstens ein Wärmestrom ( $Q$ ) und/oder wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung berechenbar ist

- der wenigstens eine Wärmestrom ( $Q$ ) und/oder die wenigstens eine Wärmestromänderung durch ein Ausgabeelement, bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, darstellbar ist

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass wenigstens eine Verbraucher-Komponente der Formgebungsmaschine, vorzugsweise ein Temperierkanal durch das Werkzeug, eine Schaltschrankkühlung, ein Wärmetauscher für einen Ölkühler, einer Traversenkühlung oder ein Wärmetauscher für einen Antrieb, sowie wenigstens ein Stellglied seriell hintereinander zwischen wenigstens zwei Drucksensoren angeordnet sind.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Datenverarbeitung kann vorgesehen sein, die mit dem wenigstens einen gemessenen Druckabfall und dem geregelten oder gesteuerten Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes wenigstens ein hydraulischer Widerstand und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung berechnet wird.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung kann vorgesehen sein, dass ein mit der Datenverarbeitungseinheit verbundener Temperatursensor zum Messen einer Temperatur des Temperiermediums vorgesehen ist und dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand aufgrund der Temperatur berechenbar ist.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung kann vorgesehen sein, dass in der Datenverarbeitungseinheit wenigstens ein erlaubter Bereich für den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder für den wenigstens einen Wärmestrom und/oder wenigstens ein erlaubter Änderungsbereich für die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder für die wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung hinterlegbar sind/ist und dass bei Verlassen

des wenigstens eines erlaubten Bereichs durch den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder durch den wenigstens einen Wärmestrom und/oder bei Verlassen des wenigstens einen Änderungsbereichs durch die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder durch die wenigstens eine Wärmestromänderung ein Warnsignal ausgebar ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform steht eine Datenverarbeitungseinheit zur Verfügung, in welcher wenigstens ein erlaubter Bereich für den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder wenigstens ein erlaubter Änderungsbereich für die wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung hinterlegbar sind/ist. Durch diese Datenverarbeitungseinheit ist bei Verlassen des wenigstens eines erlaubten Bereichs durch den wenigstens einen hydraulischen Widerstand und/oder bei Verlassen des wenigstens einen Änderungsbereichs durch die wenigstens eine Widerstandsänderung ein Warnsignal ausgebar.

Weiters wird Schutz begehrt für ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Weiters wird Schutz begehrt für ein computerlesbares Speichermedium zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Weiters wird Schutz begehrt für ein computerlesbarer Datenträger zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Weiters wird Schutz begehrt für ein Datenträgersignal zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Weiters wird Schutz begehrt für eine Formgebungsmaschine, die ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführen kann.

Unter Formgebungsmaschinen können Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen und dergleichen verstanden werden. Auch Formgebungsmaschinen, bei welchen die plastifizierte Masse einem geöffneten Formwerkzeug zugeführt wird, sind durchaus denkbar.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Figuren sowie der dazugehörigen Figurenbeschreibung. Dabei zeigen:

- Fig. 1      schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen;
- Fig. 2      ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit einer Temperierleitung;
- Fig. 3      ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen, zwei Drucksensoren am Beginn jedes Temperierkreises und einem Drucksensor im Rücklauf;
- Fig. 4      ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit, ähnlich zum Ausführungsbeispiel aus Fig. 3;
- Fig. 5      ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit, ähnlich zu den Ausführungsbeispielen aus Fig. 3 und Fig. 4;
- Fig. 6      ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen und jeweils zwei Drucksensoren am Beginn sowie am Ende jedes Temperierkreises;
- Fig. 7      ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit zwei

parallelgeschalteten Temperierleitungen, einem Drucksensor im Vorlauf und zwei Drucksensoren am Ende jedes Temperierkreises;

Fig. 7b ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen, einem Temperatursensor im Vorlauf und je einem Temperatursensor am Ende des jeweiligen Temperierkreises;

Fig. 8 ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit mit hydraulischen Schaltzeichen und mit drei parallelgeschalteten Temperierleitungen;

Fig. 9 Beziehung zwischen dem Druckabfall in bar und dem Volumenstrom in l/min in Abhängigkeit des Öffnungsgrades eines spezifischen Stellgliedes;

Fig. 10 Näherungsfunktion zur Bestimmung eines hydraulischen Widerstands mit Hilfe eines Koeffizienten in Abhängigkeit der prozentuellen Ventilstellung eines Stellgliedes;

Fig. 11: ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung;

Fig. 12: ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine Temperierversorgungseinheit 1 zur Temperierung zweier Temperierkanäle eines Werkzeugs 2, insbesondere eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine, insbesondere eines Spritzgießwerkzeugs. In Fig. 1 auf der linken Seite ist der Vorlauf 3 des Temperiermediums gezeigt. Der Vorlauf 3 ist die zentrale Versorgungsleitung für die gesamte Temperierversorgungseinheit.

Auf der rechten Seite ist der Rücklauf 6 erkennbar. Dieser Rücklauf 6 dient zum Ableiten des Temperiermediums.

Prinzipiell könnten auch mehrere Vorläufer oder Rückläufe eingeplant sein, jedoch muss die Messung eines Druckabfalls für jede zu überwachende Temperierleitung zwischen Vorläufen und Rückläufen gewährleistet sein. Dieser Druckabfall wird mit den Drucksensoren 9 gemessen, von denen sich vorzugsweise jeweils einer im Vorlauf 3 und einer im Rücklauf 6 befindet. Auf diese Weise kann bei einer Parallelschaltung von zwei Temperierleitungen bzw. Temperierkreisen 4, 5 ein Druckabfall für beide Temperierkreise gemessen werden. Da es sich um eine Parallelschaltung der Einzelkreise handelt, ist der Druckabfall in den Einzelkreisen näherungsweise konstant.

Eine Parallelschaltung ist, wie in Fig. 8 erkennbar, nicht auf zwei Temperierleitungen beschränkt, sondern kann beliebig viele Temperierleitungen oder Temperierkreise beinhalten. Jede zu überwachende Temperierleitung beinhaltet ein zu überwachendes Element, im Regelfall ein temperiertes Werkzeug mit Temperierkanälen 2.

Es ist denkbar, dass mehrere solcher Temperierkanäle 2 vorgesehen sind, die durch dasselbe oder auch durch verschiedene Werkzeuge verlaufen. Damit könnten innerhalb einer Temperierleitung oder eines Temperierkreises mehrere Temperierkanäle berücksichtigt werden. Wie umfassend die Überwachung der einzelnen Temperierkanäle ist, hängt damit sowohl von dem konstruktiven Aufbau und der Anzahl sowie Anordnung der Messglieder ab.

Für jeden zu überwachenden Temperierkanal 2 ist jedenfalls ein Messglied 8, insbesondere ein Volumenstrommessgerät, insbesondere ein Volumenstrommessglied, vorzusehen. Mit den

beiden Messgliedern 8 in den beiden Temperierleitungen 4, 5 können somit zwei Volumenströme  $\Phi_4$  und  $\Phi_5$  gemessen werden.

Neben der Überwachung befindet sich in jeder zu steuernden oder zu regelnden Temperierleitung auch ein Stellglied 7, insbesondere ein Ventil, insbesondere ein Volumenstromventil.

Die Messglieder 8, insbesondere die Volumenstrommessglieder, sind wie die Drucksensoren 9 mit einer Datenverarbeitungseinheit 10 verbunden. Diese Datenverarbeitungseinheit 10 weist ein Ausgabeelement 11, bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, auf.

Die Stellglieder 7 sind mit einer Steuereinrichtung 12 verbunden.

Diese Steuereinrichtung 12 ist wiederum mit der Datenverarbeitungseinheit 10 verbunden.

Auf diese Weise können Messwerte der Drucksensoren 9 und der Messglieder 8 von der Datenverarbeitungseinheit 10 empfangen, ausgewertet und über das Ausgabeelement 11, bevorzugt die Visualisierungsvorrichtung, ausgegeben werden. In weiterer Folge kann über die Steuereinrichtung 12 ein Signal zum Steuern oder Regeln der Stellglieder 7 gesendet werden.

Natürlich ist die Steuereinrichtung 12 sowie die Datenverarbeitungseinheit 10 lediglich logisch getrennte Einheiten und können problemlos in einer einzigen physischen Einrichtung vorliegen. Bei modernen Formgebungsmaschinen ist es die Regel, dass beide in eine gemeinsame Maschinensteuerung integriert sind.

Fig. 2 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit 1 mit nur einer Temperierleitung bzw. einem Temperierkreis 4 analog zur Fig. 1

Fig. 3 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit 1 mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen 4, 5, zwei Drucksensoren 9 am Beginn jedes Temperierkreises 4, 5 und einem Drucksensor 9 im Rücklauf 6. Die restlichen Bestandteile sind analog zu den bisherigen Figuren.

Durch den zentralen Vorlauf 3 sowie Rücklauf 6 kann von einem annähernd konstanten Druckabfall in den beiden Temperierkreisen 4, 5 ausgegangen werden. Sollte allerdings der Wunsch bestehen, die Druckabfälle unabhängig vom Versorgungsdruck des Temperiermediums aus dem Vorlauf 3 für jeden Temperierkreis separat zu messen, ist eine solche Anordnung empfehlenswert. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn verschiedene Vorläufe 3 verwendet werden.

Fig. 4 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit 1, ähnlich zum Ausführungsbeispiel aus Fig. 3.

In diesem Ausführungsbeispiel sind allerdings die Positionen der Messglieder 8 und der Stellglieder 7 im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel aus Fig. 3 vertauscht. Mit anderen Worten sind in den beiden gezeigten parallelgeschalteten Temperierleitungen 4, 5 die Stellglieder 7 den Temperierkanälen 2 nachgeschaltet und den Messgliedern 8 vorgeschaltet.

Fig. 5 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit 1, ähnlich zu den Ausführungsbeispielen aus Fig. 3 und Fig. 4.

In diesem Ausführungsbeispiel sind allerdings die Positionen der Temperierkanäle 2 und der Stellglieder 7 im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel aus Fig. 4 vertauscht. Mit anderen Worten sind in den beiden gezeigten parallelgeschalteten Temperierleitungen 4, 5 die Temperierkanäle 2 den Stellgliedern 7 nachgeschaltet und den Messgliedern 8 vorgeschaltet.

Fig. 6 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit 1 mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen 4, 5 und jeweils zwei Drucksensoren 9 am Beginn sowie am Ende jedes Temperierkreises 4, 5. Die restlichen Bestandteile sind analog zu den bisherigen Figuren.

Durch den zentralen Vorlauf 3 sowie Rücklauf 6 kann von einem annähernd konstanten Druckabfall in den beiden Temperierkreisen 4, 5 ausgegangen werden. Sollte allerdings der Wunsch bestehen, die Druckabfälle einzelner Temperierkreise völlig unabhängig vom Versorgungsdruck und von anderen Temperierkreisen zu messen, so ist eine solche Anordnung empfehlenswert. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn verschiedene Vorläufe 3, verschiedene Rückläufe 6 und/oder eine höhere Genauigkeit gewünscht sind.

Fig. 7 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedienversorgungseinheit 1 mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen 4, 5, zwei Drucksensoren 9 am Ende jedes Temperierkreises 4, 5 und einem

Drucksensor 9 im Vorlauf 3. Die restlichen Bestandteile sind analog zu den bisherigen Figuren.

Durch den zentralen Vorlauf 3 sowie Rücklauf 6 kann von einem annähernd konstanten Druckabfall in den beiden Temperierkreisen 4, 5 ausgegangen werden. Sollte allerdings der Wunsch bestehen, die Druckabfälle der einzelnen Temperierkreise separat voneinander zu messen, so ist eine solche Anordnung empfehlenswert. Dies kann zum Beispiel dann der Fall sein, wenn die Temperierkanäle 2 der zu überwachenden und zu steuernden oder zu regelnden Temperierkreise 4, 5 stark voneinander abweichende hydraulische Widerstände aufweisen und eine höhere Genauigkeit der Druckmessung gewünscht ist. Dies kann beispielsweise durch stark unterschiedliche Geometrien der Temperierkanäle in den einzelnen Temperierkreisen zustande kommen.

Fig. 7b zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermedierversorgungseinheit 1 mit zwei parallelgeschalteten Temperierleitungen 4,5, einem Temperatursensor 13 im Vorlauf 3 und je einem Temperatursensor 13 am Ende des jeweiligen Temperierkreises 4,5.

Die vom strömungstechnisch vorgeschalteten Temperatursensor 13 im Vorlauf 3 gemessene Temperatur des Temperiermediums wird der Datenverarbeitungseinheit 10 zu Verfügung gestellt.

Die von den strömungstechnisch nachgeschalteten Temperatursensoren 13 in den Temperierleitungen 4 und 5 gemessenen Temperaturen des Temperiermediums werden der Datenverarbeitungseinheit 10 zu Verfügung gestellt.

Durch die Messglieder 8 in den beiden Temperierleitungen 4 und 5 können Volumenströme gemessen und der Datenverarbeitungseinheit 10 zur Verfügung gestellt werden.

Die Temperaturänderungen des Temperiermediums in den Temperierleitungen 4 und 5 können in Verbindung mit den gemessenen Volumenströmen in den Temperierleitungen 4 und 5 durch die Datenverarbeitungseinheit 10 in Wärmeströme für die beiden Temperierleitungen 4 und 5 umgerechnet werden.

Die berechneten Wärmeströme und/oder die Änderungen der Wärmeströme der Temperierleitungen 4 und 5 können durch das Ausgabeelement 10 für das Bedienpersonal ausgegeben werden.

Fig. 8 zeigt ein weiteres schematisches Ausführungsbeispiel einer Temperiermediensversorgungseinheit 1 mit drei parallelgeschalteten Temperierkreisen 17.

Hier sind alle hydraulischen Bauteile mit Schaltzeichen dargestellt. Wie bei den vorigen Figuren ist ein Vorlauf 3 und ein Rücklauf 6 gezeigt, die jeweils einen Drucksensor 9, einen Temperatursensor 13 und ein motorbetätigtes Absperrventil 14 beinhalten.

Die Temperierleitung 16 beginnt nach dem motorbetätigten Absperrventil 14 und verläuft bis zu einem ersten Aufspaltungspunkt, an dem die Temperierleitung in zwei Abschnitte aufgeteilt wird. Einer dieser beiden Abschnitte ist die zum Werkzeug 15 führende Leitung eines Temperierkreises 17. Dieser erste Temperierkreis 17 ist in diesem Ausführungsbeispiel konstruktionsgleich mit zwei weiteren Temperierkreisen. Der erste Temperierkreis 17 beginnt mit dem ersten Aufspaltungspunkt der Temperierleitung 16 und endet mit der letzten Zusammenführung vor dem Rücklauf 6. Der erste Temperierkreis 17

beinhaltet einen Temperierkanal 18, der durch das Werkzeug 15 verläuft.

Es sind drei parallelgeschaltete Temperierkreise 17 vorhanden, die jeweils ein handbetätigtes Absperrventil 14 in der zum Werkzeug 15 fließenden Leitung aufweisen. In den vom Werkzeug 15 wegfließenden Leitungen der einzelnen Temperierkreise 17 befinden sich jeweils ein Drosselventil 7, ein Volumenstrommessgerät 8 und ein Temperatursensor 13. Das Drosselventil 7 ist motorbetätigt, mit der Steuereinrichtung 12 verbunden und ermöglicht die Steuerung oder die Regelung durch einstellbare Querschnitte des Volumenstroms. Sämtliche Sensoren für Druck, Temperatur und Volumenstrom der Temperiermedienversorgungseinheit 1 sind mit der Datenverarbeitungseinheit 10 verbunden, die ihrerseits mit einem Ausgabeelement 11, bevorzugt einer Visualisierungsvorrichtung, und der Steuereinrichtung 12 in Verbindung steht.

Durch die Drucksensoren 9 im Vorlauf 3 und im Rücklauf 6 kann eine Druckdifferenz gemessen werden.

Die Druckdifferenz kann durch die Stellglieder 7 gesteuert oder geregelt werden.

Die Druckdifferenz kann zur Berechnung eines oder mehrerer hydraulischer Widerstände und/oder eine oder mehrere Änderungen von hydraulischen Widerständen herangezogen werden.

Durch die Temperatursensor 13 im Vorlauf 3, in den einzelnen Temperierkreisen 17 und/oder im Rücklauf 6 können Temperaturdifferenzen gemessen werden.

Die Temperaturdifferenzen können durch die Stellglieder 7 gesteuert oder geregelt werden.

Die Temperaturdifferenzen können zur Berechnung eines oder mehrerer Wärmeströme und/oder eine oder mehrere Änderungen von Wärmeströmen herangezogen werden.

Wie in Fig. 8 dargestellt, können beide Aspekte der Erfindung in ein und derselben Temperiermedienversorgung 1 realisiert werden. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Überwachung der Temperiermedienversorgung 1 entweder durch hydraulische Widerstände und/oder deren Änderungen oder aber durch Wärmeströme und/oder deren Änderungen erfolgt. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Überwachung sowohl durch hydraulische Widerstände und/oder deren Änderungen als auch durch Wärmeströme und/oder deren Änderungen erfolgt.

Selbiges kann auch für die Steuerung und/oder Regelung der Temperiermedienversorgung 1 Geltung finden. So kann beispielsweise durch die vorhandenen Stellglieder 7 vorgesehen sein, dass die Steuerung und/oder Regelung der Temperiermedienversorgung 1 in Verbindung mit hydraulischen Widerständen und/oder mit Widerstandsänderungen und/oder mit Wärmeströmen und/oder mit Wärmestromänderungen erfolgt.

Das in Fig. 8 dargestellte Ausführungsbeispiel stellt keine Begrenzung der beanspruchten Erfindung dar, sondern soll lediglich einen konkreten hydraulisch Schaltplan darstellen, wie er in der Praxis Anwendung finden kann. Kombinationen und Mischformen aller bisher genannten Ausführungsvarianten sind ebenso möglich wie der Einsatz zusätzlicher und/oder anderer Bauteile. Ebenso ist die Anzahl der Temperierleitungen bzw. Temperierkreise nicht begrenzt.

Fig. 9 zeigt ein Diagramm mit mehreren, im Vorhinein gemessenen und daraufhin gespeicherten Verläufen von Druckabfällen ( $y$ -

Achse) in Abhängigkeit des Volumenstroms (x-Achse) und des Öffnungsgrades  $\delta$  eines spezifischen Stellgliedes 7.

Für ein bestimmtes Stellglied 7, insbesondere ein Volumenstromventil, von definierter Größe, Bauart etc. können die zustande kommenden Druckabfälle infolge eines bestimmten Volumenstroms sowie eines bestimmten Öffnungsgrades  $\delta$  gemessen werden. Diese Messpunkte sind im Diagramm mit Kreuzen gekennzeichnet.

Bei konstantem Öffnungsgrad  $\delta$  können Verläufe der Druckabfälle in Abhängigkeit des vorhandenen Volumenstroms ermittelt werden. Diese Verläufe sind im Diagramm mit gestrichelten Linien dargestellt und können im Wesentlichen die Verbindung der mit Kreuzen gekennzeichneten Druckabfälle sein.

Der Öffnungsgrades  $\delta$  nimmt von der steilsten Kennlinie, links im Diagramm, zur flachsten Kennlinie, rechts im Diagramm, kontinuierlich zu. Umso kleiner der Öffnungsgrad  $\delta$  des Stellgliedes 7 ist, das heißt, umso kleiner der Querschnitt des Volumenstroms durch das Stellglied 7 ist, desto größer wird sein hydraulischer Widerstand. Bei zunehmendem Volumenstrom ist der Einfluss des hydraulischen Widerstands durch einen stärkeren Druckabfall und damit einer steileren Kennlinie ersichtlich.

Bei Kenntnis des Öffnungsgrades  $\delta$  des Stellgliedes 7 und des vorhandenen Volumenstroms, kann der durch das Stellglied 7 hervorgerufene Druckabfall bestimmt werden, was durch das Diagramm ersichtlich ist.

In weiterer Folge kann somit auch der hydraulische Widerstand bestimmt werden, was im Diagramm nicht dargestellt ist.

Fig. 10 zeigt eine graphische Näherungsfunktion zur Bestimmung eines hydraulischen Widerstands eines Stellgliedes 7, hier eines Ventils V.

Im Diagramm ist auf der x-Achse die prozentuelle Öffnungsstellung des Ventils V angegeben. Die y-Achse gibt den hydraulischen Widerstand des Ventils V wieder.

Wenn der Öffnungsgrades  $\delta$  des Ventils V bekannt ist, kann mit dieser Näherungsfunktion und zusammen mit einem gemessenen Volumenstrom in weiterer Folge der Druckabfall des Ventils V berechnet werden.

Fig. 11 zeigt ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung.

Bei einem Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung kann eine Temperiermedienversorgung 1 überwacht und/oder gesteuert oder geregelt werden, indem folgende Schritte durchgeführt werden.

Zuerst wird eine Druckdifferenz  $\Delta p$ , insbesondere ein Druckabfall  $\Delta p$  gemessen, vorzugsweise mit zwei Drucksensoren 9. Dann wird ein Volumenstrom  $\Phi$  mit einem Messglied 8 gemessen. Über eine Datenverarbeitungseinheit 10 kann aus dem Druckabfall  $\Delta p$  und dem Volumenstrom  $\Phi$  ein hydraulischer Widerstand  $R_i$  einer Temperierleitung  $i$  berechnet werden. Aus dem Öffnungsgrad des Stellgliedes 7 und dem hydraulischen Widerstand  $R_i$  kann der hydraulische Widerstand  $R_{2i}$  eines Werkzeuges 2 in einer Temperierleitung  $i$  berechnet werden. Durch den Abgleich ( $R_{2i}$ -Ref) des hydraulischen Widerstands  $R_{2i}$  eines Werkzeuges 2 mit einem Referenzwert Ref kann eine etwaige Abweichung festgestellt werden.

Wenn im Zuge des Verfahrens eine Abweichung des hydraulischen Widerstands  $R_{2i}$  von einem Referenzwert  $R_{ref}$  festgestellt wird, kann beispielsweise ein Kontrollsignal (Control) über ein Ausgabeelement 11 ausgegeben werden und/oder ein Steuer- oder Regelschritt (Control) automatisch eingeleitet werden, wobei im Zuge einer Steuerung oder Regelung der Öffnungsgrad des Stellgliedes 7 geändert werden kann.

Die Wiederholung des Verfahrens kann automatisch in regelmäßigen Abständen und/oder zu beliebigen Zeitpunkten durch das Personal initiiert werden.

Der in Fig. 11 dargestellte Verfahrensablauf gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung ist lediglich ein Ausführungsbeispiel und dient zur Darstellung eines konkreten Verfahrensverlaufes. Daher ist dieses Ausführungsbeispiel nicht einschränkend zu verstehen.

Fig. 12 zeigt ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung.

Zuerst wird eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  gemessen, vorzugsweise mit zwei Temperatursensoren 13. Dann wird ein Volumenstrom  $\Phi$  mit einem Messglied 8 gemessen. Über eine Datenverarbeitungseinheit 10 kann aus der Temperaturdifferenz  $\Delta T$  und dem Volumenstrom  $\Phi$  ein Wärmestrom  $Q$  für eine Temperierleitung, einen Temperierkreis und/oder eine ganze Temperiermedienversorgung 1 berechnet werden. Durch den Abgleich ( $Q - R_{ref}$ ) des Wärmestroms  $Q$  mit einem Referenzwert  $R_{ref}$  kann eine etwaige Abweichung festgestellt werden.

Wenn im Zuge des Verfahrens eine Abweichung des Wärmestroms  $Q$  von einem Referenzwert  $R_{ref}$  festgestellt wird, kann beispielsweise ein Kontrollsignal (Control) über ein Ausgabeelement 11 ausgegeben werden. Es kann auch vorgesehen

sein, dass ein Steuer- oder Regelschritt (Control) automatisch eingeleitet wird, wobei im Falle einer Steuerung oder Regelung der Öffnungsgrad des Stellgliedes 7 geändert werden kann.

Die Wiederholung des Verfahrens kann automatisch in regelmäßigen Abständen und/oder zu beliebigen Zeitpunkten durch das Personal initiiert werden.

Der in Fig. 12 dargestellte Verfahrensablauf gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ist lediglich ein Ausführungsbeispiel und dient zur Darstellung eines konkreten Verfahrensverlaufes. Daher ist dieses Ausführungsbeispiel nicht einschränkend zu verstehen.

## Bezugszeichenliste:

- 1 Temperiermedienversorgungseinheit
- 2 Temperierkreis durch ein Werkzeug
- 3 Zulauf
- 4 Temperierleitung bzw. Temperierkreis 4
- 5 Temperierleitung bzw. Temperierkreis 5
- 6 Rücklauf
- 7 Stellglied
- 8 Messglied
- 9 Drucksensor
- 10 Datenverarbeitungseinheit
- 11 Ausgabeelement
- 12 Steuereinrichtung
- 13 Temperatursensor
- 14 Absperrventil, handbetätigt und/oder motorbetätigt
- 15 Werkzeug
- 16 Temperierleitung
- 17 Temperierkreis
- 18 Temperierkanal

Innsbruck, am 09.02.2023

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) eines Werkzeugs (2) einer Formgebungsmaschine, wobei die Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) einen Vorlauf (3) und einen Rücklauf (6) aufweist, zwischen denen wenigstens eine Temperierleitung (4, 5) angeordnet ist, wobei in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen wenigstens ein Messglied (8), insbesondere ein Volumenstrommessglied, und in jeder zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung wenigstens ein Stellglied, insbesondere ein Volumenstromventil (7), angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass
  - wenigstens ein Druckabfall in der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) gemessen wird
  - aufgrund eines mit dem wenigstens einen Messglied (8) gemessenen wenigstens einen Volumenstroms und aufgrund des wenigstens einen gemessenen Druckabfalls wenigstens ein hydraulischer Widerstand (R) und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) berechnet wird
  - bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes (7) berücksichtigt wird.
  
2. Verfahren zur Überwachung einer Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) eines Werkzeugs (2) einer Formgebungsmaschine, wobei die Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung (1) einen Vorlauf (3) und einen Rücklauf (6) aufweist, zwischen denen wenigstens eine Temperierleitung (4, 5) angeordnet ist, wobei in jeder der

tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen wenigstens ein Messglied (8), insbesondere ein Volumenstrommessglied, angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass

- wenigstens eine Temperaturänderung in der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) gemessen wird
- aufgrund eines mit dem wenigstens einen Messglied (8) gemessenen wenigstens einen Volumenstroms und aufgrund der wenigstens einen Temperaturänderung wenigstens ein Wärmestrom (Q) und/oder wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) berechnet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Messung des wenigstens einen Druckabfalls die Summe der Druckabfälle von wenigstens zwei hydraulischen Widerstandsbeträgen, insbesondere von wenigstens einer Verbraucher-Komponente der Formgebungsmaschine, vorzugsweise von einem Temperierkanal durch das Werkzeug (2), von einer Schaltschrankkühlung, von einem Wärmetauscher für einen Ölkühler, einer Traversenkühlung oder von einem Wärmetauscher für einen Antrieb, sowie von wenigstens einem Stellglied (7), gemessen und/oder berechnet wird, wobei ein hydraulischer Widerstandsbeitrag der wenigstens zwei hydraulischen Widerstandsbeiträge das wenigstens eine Stellglied (7) darstellt.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Druckabfall durch je einen Drucksensor (9) im Vorlauf (3) und einen Drucksensor (9) im Rücklauf (6) und/oder die wenigstens eine Temperaturänderung durch je einen Temperatursensor (13) im Vorlauf (3) und einen Temperatursensor (13) im Rücklauf (6) gemessen wird.

5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Druckabfall durch je zwei in der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) strömungstechnisch in Serie angeordnete Drucksensoren (9) und/oder die wenigstens eine Temperaturänderung durch je zwei in der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) strömungstechnisch in Serie angeordnete Temperatursensoren (13) gemessen wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung wenigstens einer zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung (4,5) aus wenigstens zwei Beträgen, insbesondere wenigstens einem Temperierkanal durch das Werkzeug (2) und wenigstens einem Stellglied (7), berechnet wird.
7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder der wenigstens eine Wärmestrom (Q) und/oder die wenigstens eine Wärmestromänderung durch ein Ausgabeelement (11), bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, besonders bevorzugt einen Bildschirm, dargestellt wird.
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein erlaubter Bereich für den wenigstens einen hydraulischen Widerstand (R) und/oder für den wenigstens einen Wärmestrom (Q) der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) festgelegt wird und/oder wenigstens ein erlaubter Änderungsbereich für die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder für die wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen

Temperierleitung (4,5) festgelegt wird, bei Verlassen des wenigstens einen erlaubten Bereichs durch den wenigstens einen hydraulischen Widerstand (R) und/oder durch den wenigstens eine Wärmestrom (Q) und/oder bei Verlassen des wenigstens einen erlaubten Änderungsbereichs durch die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder durch die wenigstens eine Wärmestromänderung ein Warnsignal ausgegeben wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Warnsignal optisch, insbesondere durch Darstellung auf dem Bildschirm, ausgegeben wird und/oder dass das Warnsignal akustisch ausgegeben wird.
10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung des wenigstens einen erlaubten Bereichs und/oder des wenigstens einen erlaubten Änderungsbereichs vor, während und/oder nach dem Betrieb eine Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder des wenigstens einen Wärmestroms (Q) durch Messdaten und/oder durch Daten aus einer Simulation und/oder durch Konstruktionsdaten, insbesondere CAD-Daten, durchgeführt wird.
11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Temperierleitungen (4,5) vorgesehen sind, wobei die wenigstens zwei Temperierleitungen (4,5) durch ein Werkzeug (2) einer Formgebungsmaschine verlaufen und/oder die wenigstens zwei Temperierleitungen (4,5) parallelgeschaltet sind.
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass von der Verbraucher-Komponente

der Formgebungsmaschine der wenigstens eine hydraulische Widerstand (R) und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder der wenigstens eine Wärmestrom (Q) und/oder die wenigstens eine Wärmestromänderung zumindest einmal durch Messdaten berechnet wird und zumindest einmal durch Daten aus einer Simulation oder durch Konstruktionsdaten, insbesondere CAD-Daten, berechnet wird, wobei die zumindest zwei berechneten Werte des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung und/oder des wenigstens einen Wärmestroms (Q) und/oder der wenigstens einen Wärmestromänderung abgeglichen werden, um eine Abweichung oder Übereinstimmung zu erkennen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgleich der zumindest zwei berechneten Werte des wenigstens einen hydraulischen Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung Temperaturen und/oder Temperaturdifferenzen berücksichtigt.
14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass anhand von Absolutwerten, Vergleichswerten, Relativwerten und/oder einer oder mehrerer Reihungen nach Größe der hydraulischen Widerstände und/oder hydraulischen Widerstandsänderungen und/oder der Wärmeströme und/oder Wärmestromänderungen der Verbraucher-Komponenten ein Verschlauchungsvorschlag erstellt wird, wobei Verbraucher-Komponenten mit niederen hydraulischen Widerständen und/oder niedrigen Wärmeströmen in Serie geschaltet werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschlauchungsvorschlag mit Berücksichtigung der gemessenen und/oder vorbestimmten Temperaturen und/oder

Temperaturdifferenzen der Verbraucher-Komponenten erstellt und/oder adaptiert wird.

16. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand ( $R_i$ ) der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung ( $i$ ) (4,5) gemäß den Gleichungen

$$R_i = \frac{\Delta p(\delta)}{\Phi_i^n}$$

$$\Delta p(\delta) = \Delta p_{2i} + \Delta p(\delta)_{7i}$$

berechnet wird, wobei

- $R_i$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$ ,
- $\Delta p(\delta)$  den wenigstens einen Druckabfall des Versorgungssystems mit der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes (7),
- $\Phi_i$  den wenigstens einen Volumenstrom in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$ ,
- $n$  eine dimensionslose Kenngröße in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie beispielsweise des vom Volumenstrom  $\Phi_i$  durchströmten Querschnitts und/oder den Strömungsverhältnissen, wobei bei einem Kreisquerschnitt und idealen Strömungsverhältnissen die Kenngröße  $n$  näherungsweise 2 ist,
- $\Delta p_{2i}$  den wenigstens einen Druckabfall wenigstens eines Temperierkanals durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  und

-  $\Delta p(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen Druckabfall in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  bezeichnet.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand ( $R_{2i}$ ) eines Temperierkanals des Werkzeugs (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung ( $i$ ) (4,5) gemäß den Gleichungen

$$\begin{aligned}\Delta p(\delta)_{7i} &= R(\delta)_{7i} \cdot \Phi_i^n \\ \Delta p_{2i} &= \Delta p(\delta) - \Delta p(\delta)_{7i} \\ R_{2i} &= \frac{\Delta p_{2i}}{\Phi_i^n}\end{aligned}$$

berechnet wird, wobei

- $\Delta p(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen Druckabfall in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$ ,
- $R(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand des wenigstens einen Stellgliedes (7) in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$ ,
- $\Phi_i$  den wenigstens einen Volumenstrom in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$ ,
- $n$  eine dimensionslose Kenngröße in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie beispielsweise des vom Volumenstrom  $\Phi_i$  durchströmten Querschnitts und/oder den Strömungsverhältnissen, wobei bei einem Kreisquerschnitt

und idealen Strömungsverhältnissen die Kenngröße  $n$  näherungsweise 2 ist,

- $\Delta p_{2i}$  den wenigstens einen Druckabfall wenigstens eines Temperierkanals durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
  - $\Delta p(\delta)$  den wenigstens einen Druckabfall des Versorgungssystems mit der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes (7) und
  - $R_{2i}$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand eines Temperierkanal durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$
- bezeichnet.

18. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine hydraulische Widerstand  $R(\delta)_{7i}$  des wenigstens einen Stellgliedes (7) in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  (4,5) von einem computerlesbaren Speichermedium gelesen und/oder von einem Prozessor durch eine Näherungsfunktion berechnet wird.
19. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperatur des Temperiermediums gemessen wird und bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulischen Widerstands ( $R$ ) die Temperatur des Temperiermediums miteinbezogen wird.
20. Verfahren zur Temperiermedierversorgung eines Werkzeugs (2) einer Formgebungsmaschine nach wenigstens einem der Ansprüche

1 bis 19, wobei wenigstens ein Stellglied (7), insbesondere ein Volumenstromventil, nach einem Sollwert für einen Druck des Temperiermediums und/oder für einen Volumenstrom des Temperiermediums geregelt oder gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollwert in Abhängigkeit des wenigstens einen hydraulischen Widerstands  $R_{2i}$  und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung  $\Delta R_{2i}$  eines Temperierkanal durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  (4,5) berechnet wird.

21. Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine mit

- einem Vorlauf (3) zur zentralen Zufuhr eines Temperiermediums,
- einem Rücklauf (6) zur zentralen Abfuhr des Temperiermediums,
- wenigstens einer Temperierleitung (4, 5), welche mit dem Vorlauf (3) und dem Rücklauf (6) verbunden ist, zum Temperieren des Werkzeugs (2),
- wenigstens einem Messglied (8), insbesondere wenigstens einem Volumenstrommessglied, in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen (4,5) zum Messen wenigstens eines Volumenstroms,
- wenigstens einem Stellglied (7), insbesondere wenigstens einem Volumenstromventil, in jeder der zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitungen (4,5) zum Regeln oder Steuern eines Volumenstroms und
- Datenverarbeitungseinheit (10), welche mit dem wenigstens einen Stellglied (7) und dem wenigstens einen Messglied (8) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- wenigstens zwei Drucksensoren (9) vorgesehen sind, welche mit der Datenverarbeitungseinheit (10) verbunden sind, zum Messen wenigstens eines Druckabfalls
- aufgrund des wenigstens einen gemessenen Volumenstroms und aufgrund des wenigstens einen gemessenen Druckabfalls von der Datenverarbeitungseinheit (10) wenigstens ein hydraulischer Widerstand (R) und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4, 5) berechenbar ist
- bei der Berechnung des wenigstens einen hydraulische Widerstands (R) und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung der Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes (7) berücksichtigt wird
- der wenigstens eine hydraulische Widerstand (R) und/oder die wenigstens eine Widerstandsänderung durch ein Ausgabeelement (11), bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, darstellbar ist.

22. Vorrichtung zur Temperiermedienversorgung eines Werkzeugs einer Formgebungsmaschine mit

- einem Vorlauf (3) zur zentralen Zufuhr eines Temperiermediums,
- einem Rücklauf (6) zur zentralen Abfuhr des Temperiermediums,
- wenigstens einer Temperierleitung (4, 5), welche mit dem Vorlauf (3) und dem Rücklauf (6) verbunden ist, zum Temperieren des Werkzeugs (2),
- wenigstens einem Messglied (8), insbesondere wenigstens einem Volumenstrommessglied, in jeder der tatsächlich zu überwachenden Temperierleitungen (4,5) zum Messen wenigstens eines Volumenstroms,

- Datenverarbeitungseinheit (10), welche mit dem wenigstens einen Stellglied (7) und dem wenigstens einen Messglied (8) verbunden ist,  
dadurch gekennzeichnet, dass
  - wenigstens zwei Temperatursensoren (13) vorgesehen sind, welche mit der Datenverarbeitungseinheit (10) verbunden sind, zum Messen wenigstens einer Temperaturänderung
  - aufgrund des wenigstens einen gemessenen Volumenstroms und aufgrund der wenigstens einen gemessenen Temperaturänderung von der Datenverarbeitungseinheit (10) wenigstens ein Wärmestrom (Q) und/oder wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4, 5) berechenbar ist
  - der wenigstens eine Wärmestrom (Q) und/oder die wenigstens eine Wärmestromänderung durch ein Ausgabeelement (11), bevorzugt eine Visualisierungsvorrichtung, darstellbar ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Verbraucher-Komponente der Formgebungsmaschine, vorzugsweise ein Temperierkanal durch das Werkzeug (2), eine Schaltschrankkühlung, ein Wärmetauscher für einen Ölkühler, eine Traversenkühlung oder ein Wärmetauscher für einen Antrieb, sowie wenigstens ein Stellglied (7) seriell hintereinander zwischen wenigstens zwei Drucksensoren (9) angeordnet sind.
24. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass von den wenigstens zwei Drucksensoren (9) und/oder Temperatursensoren (13) je ein Drucksensor (9) und/oder ein Temperatursensor (13) im Vorlauf (3) und ein Drucksensor (9) und/oder ein Temperatursensor (13) im Rücklauf (6) angeordnet ist.

25. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Drucksensoren (9) und/oder die wenigstens zwei Temperatursensoren (13) in der wenigstens einen Temperierleitung (4, 5) angeordnet sind.
26. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgabeelement (11), bevorzugt die Visualisierungsvorrichtung, als Bildschirm ausgebildet ist.
27. Vorrichtung zur Datenverarbeitung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 26, umfassend Mittel zur Ausführung wenigstens eines Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 20, bei dem mit dem wenigstens einen gemessenen Druckabfall und dem geregelten oder gesteuerten Öffnungsgrad des wenigstens einen Stellgliedes (7) wenigstens ein hydraulischer Widerstand und/oder wenigstens eine Widerstandsänderung berechnet wird.
28. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass in der Datenverarbeitungseinheit (10) wenigstens ein erlaubter Bereich für den wenigstens einen hydraulischen Widerstand (R) und/oder für den wenigstens einen Wärmestrom (Q) und/oder wenigstens ein erlaubter Änderungsbereich für die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder für die wenigstens eine Wärmestromänderung der wenigstens einen Temperierleitung (4,5) hinterlegbar sind/ist und dass bei Verlassen des wenigstens eines erlaubten Bereichs durch den wenigstens einen hydraulischen Widerstand (R) und/oder durch den wenigstens einen Wärmestrom (Q) und/oder bei Verlassen des wenigstens einen Änderungsbereichs durch die wenigstens eine Widerstandsänderung und/oder durch die wenigstens eine Wärmestromänderung ein Warnsignal ausgebar ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Warnsignal optisch, insbesondere durch Darstellung auf dem Bildschirm, ausgebar ist und/oder dass das Warnsignal akustisch ausgebar ist.
30. Vorrichtung nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausgabe des Warnsignals die Formgebungsmaschine von der Datenverarbeitungseinheit (10) abschaltbar ist.
31. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass eine Datenverarbeitungseinheit (10) den wenigstens einen hydraulischen Widerstand ( $R_i$ ) der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung (i) (4,5) gemäß den Gleichungen

$$R_i = \frac{\Delta p(\delta)}{\Phi_i^n}$$

$$\Delta p(\delta) = \Delta p_{2i} + \Delta p(\delta)_{7i}$$

berechnet, wobei

- $R_i$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand in der wenigstens einen Temperierleitung i,
- $\Delta p(\delta)$  den wenigstens einen Druckabfall des Versorgungssystems mit der wenigstens einen Temperierleitung in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes (7),
- $\Phi_i$  den wenigstens einen Volumenstrom in der wenigstens einen Temperierleitung i,
- n eine dimensionslose Kenngröße in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie beispielsweise des vom Volumenstrom  $\Phi_i$  durchströmten Querschnitts und/oder den Strömungsverhältnissen, wobei bei einem Kreisquerschnitt

und idealen Strömungsverhältnissen die Kenngröße  $n$  näherungsweise 2 ist,

- $\Delta p_{2i}$  den wenigstens einen Druckabfall wenigstens eines Temperierkanals durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$  und
- $\Delta p(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen Druckabfall in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$  bezeichnet.

32. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass eine Datenverarbeitungseinheit (10) den wenigstens einen hydraulischen Widerstand ( $R_{2i}$ ) des wenigstens einen Werkzeugs (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung ( $i$ ) (4, 5) gemäß den Gleichungen

$$\begin{aligned}\Delta p(\delta)_{7i} &= R(\delta)_{7i} \cdot \Phi_i^n \\ \Delta p_{2i} &= \Delta p(\delta) - \Delta p(\delta)_{7i} \\ R_{2i} &= \frac{\Delta p_{2i}}{\Phi_i^n}\end{aligned}$$

berechnet, wobei

- $\Delta p(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen Druckabfall in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$ ,
- $R(\delta)_{7i}$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand des wenigstens einen Stellgliedes (7) in Abhängigkeit des Öffnungsgrades ( $\delta$ ) des wenigstens einen Stellgliedes (7) in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$ ,
- $\Phi_i$  den wenigstens einen Volumenstrom in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$ ,

- $n$  eine dimensionslose Kenngröße in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie beispielsweise des vom Volumenstrom  $\Phi_i$  durchströmten Querschnitts und/oder den Strömungsverhältnissen, wobei bei einem Kreisquerschnitt und idealen Strömungsverhältnissen die Kenngröße  $n$  näherungsweise 2 ist,
  - $\Delta p_{2i}$  den wenigstens einen Druckabfall wenigstens eines Temperierkanals durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$
  - $\Delta p(\delta)$  den wenigstens einen Druckabfall des Versorgungssystems mit der wenigstens einen Temperierleitung in Abhängigkeit des Öffnungsgrades  $\delta$  des wenigstens einen Stellgliedes (7) und
  - $R_{2i}$  den wenigstens einen hydraulischen Widerstand eines Temperierkanal durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen Temperierleitung  $i$
- bezeichnet.

33. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 32 mit wenigstens einem Stellglied (7), insbesondere einem Volumenstromventil, welches mit einer Steuer- oder Regeleinrichtung (12) zur Steuerung oder Regelung des Stellgliedes (7) nach einem Sollwert für einen Druck des Temperiermediums und/oder für einen Volumenstrom des Temperiermediums verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollwert in Abhängigkeit des wenigstens einen hydraulischen Widerstands  $R_{2i}$  und/oder der wenigstens einen Widerstandsänderung  $\Delta R_{2i}$  eines Temperierkanals durch das Werkzeug (2) in der wenigstens einen zu überwachenden und zu regelnden oder zu steuernden Temperierleitung  $i$  (4,5) berechnet wird.

34. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass ein mit der Datenverarbeitungseinheit (10) verbundener Temperatursensor zum Messen einer Temperatur des Temperiermediums vorgesehen ist und dass der wenigstens eine hydraulischen Widerstand (R) aufgrund der Temperatur berechenbar ist.
35. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, wenigstens ein Verfahren der Ansprüche 1 bis 20 auszuführen.
36. Computerlesbares Speichermedium umfassend Befehle, die bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen, wenigstens ein Verfahren der Ansprüche 1 bis 20 auszuführen.
37. Computerlesbarer Datenträger auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 35 gespeichert ist.
38. Datenträgersignal, welches das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 35 überträgt.
39. Formgebungsmaschine, insbesondere Spritzgießmaschine, mit einer Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 21 bis 34.

Innsbruck, am 9. Februar 2023

Fig. 1

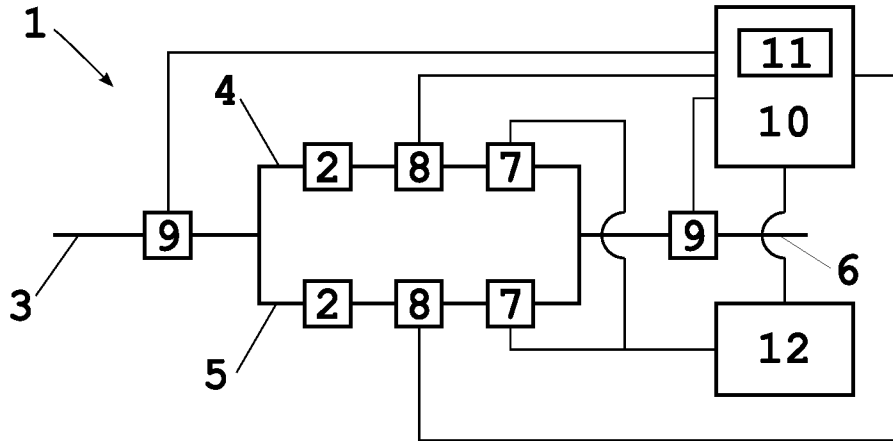


Fig. 2

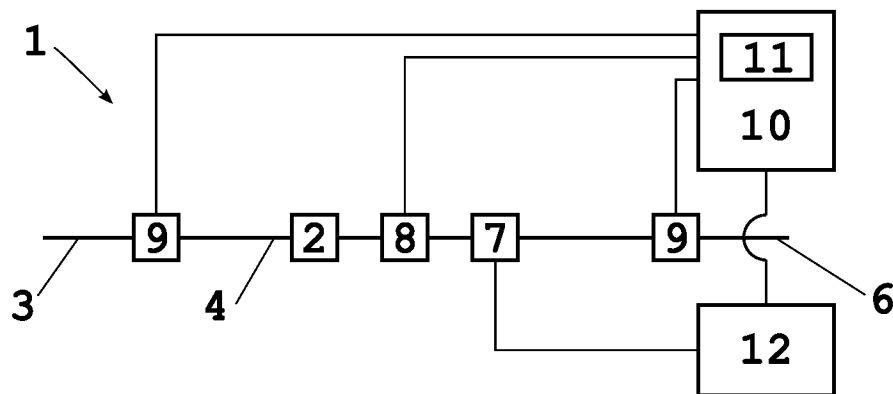


Fig. 3

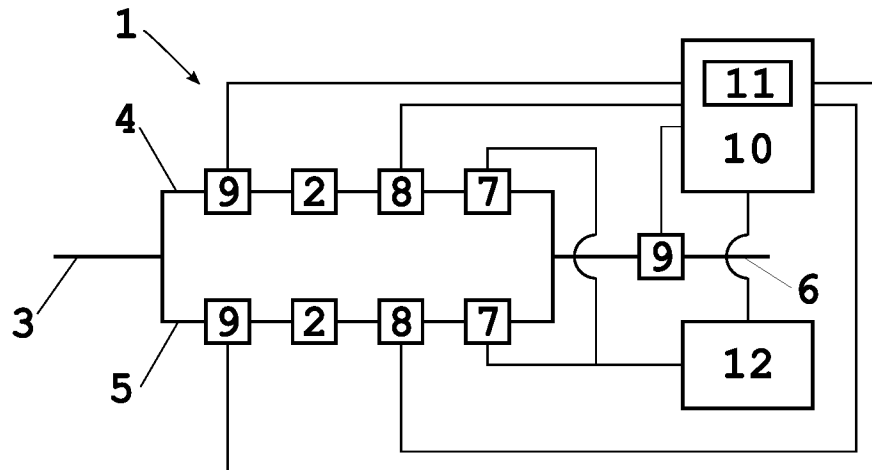


Fig. 4

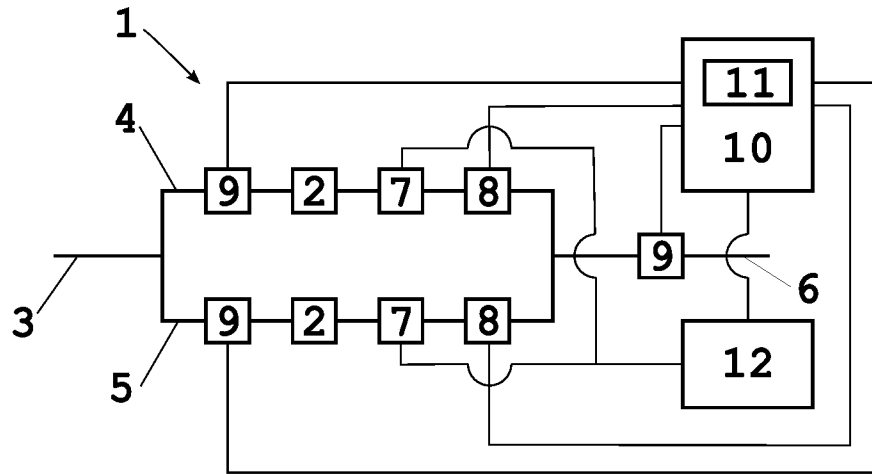


Fig. 5

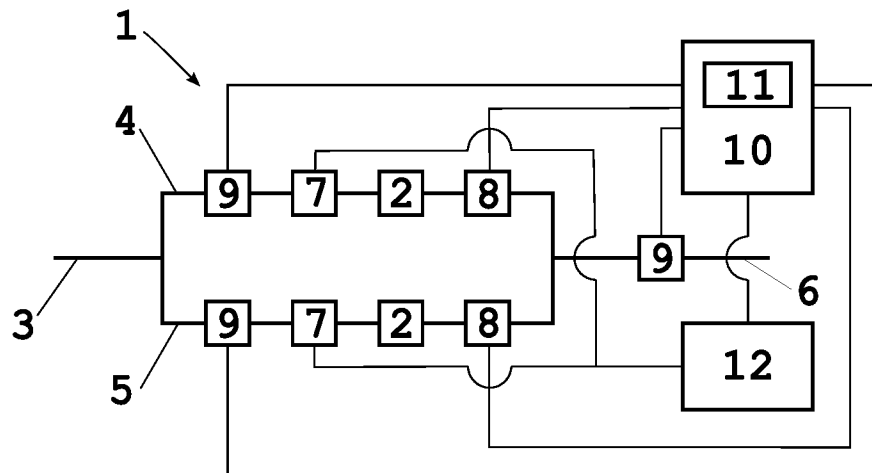


Fig. 6

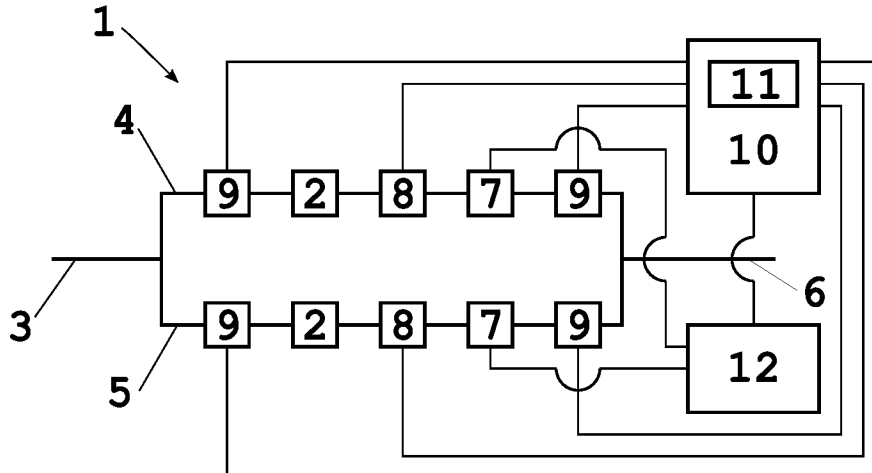


Fig. 7

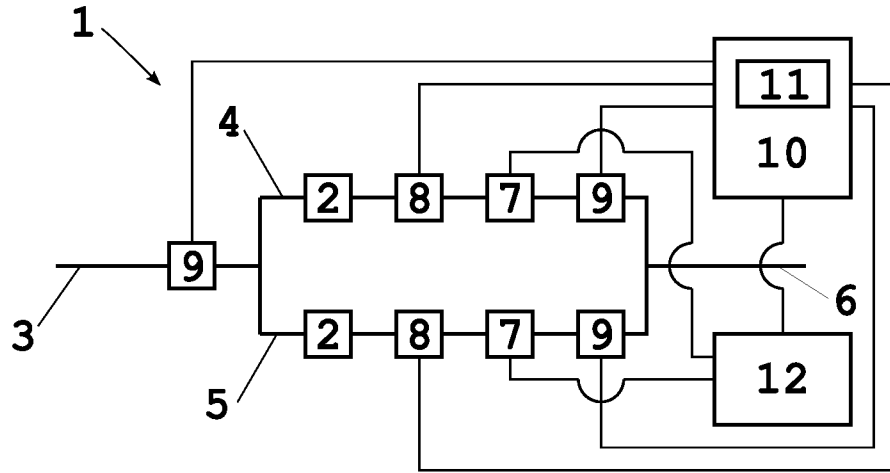


Fig. 7b

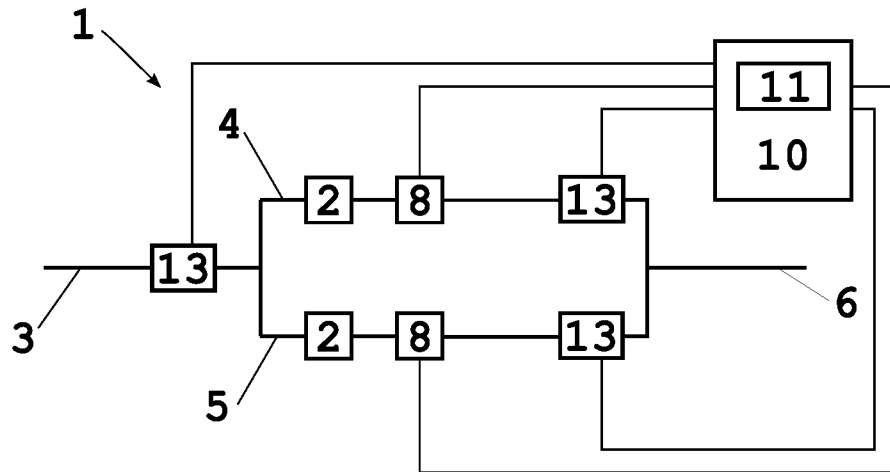


Fig. 8

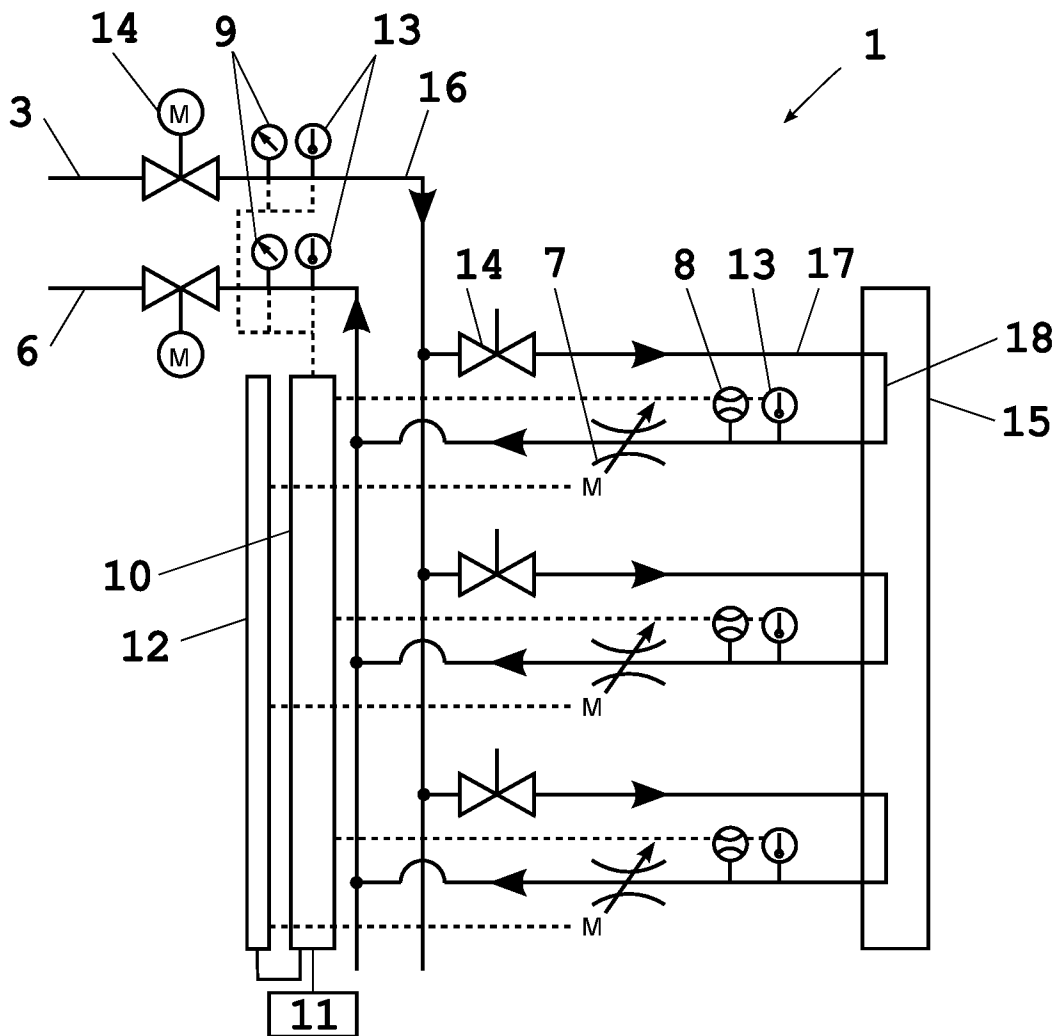


Fig. 9

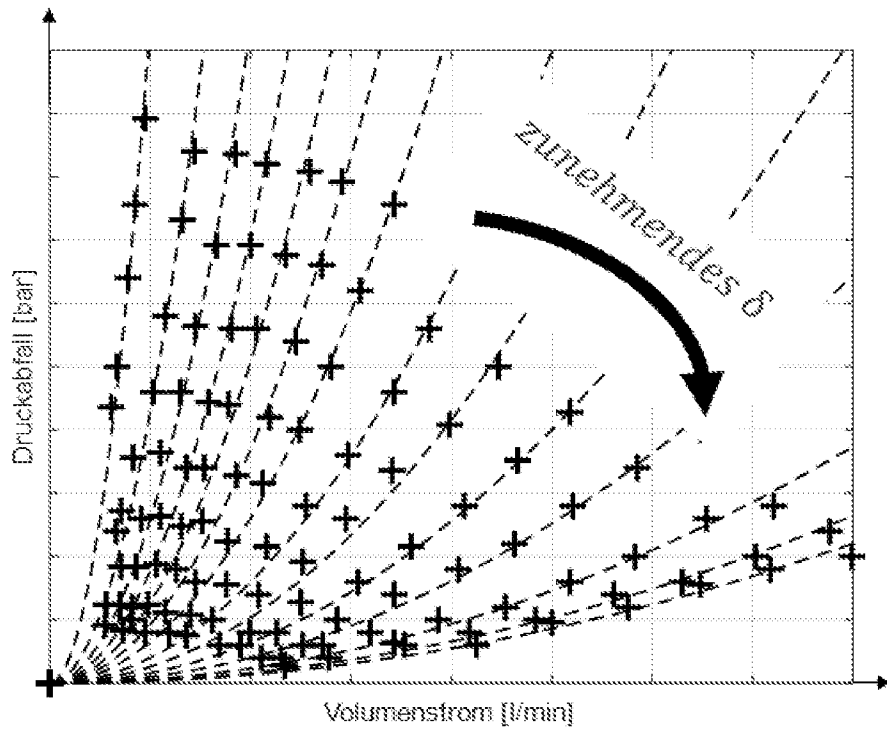


Fig. 10

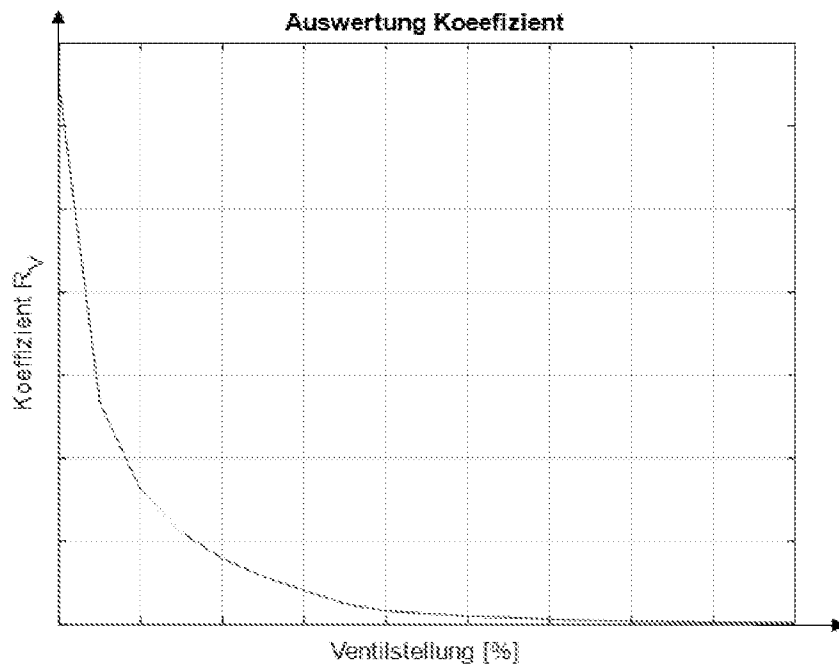


Fig. 11

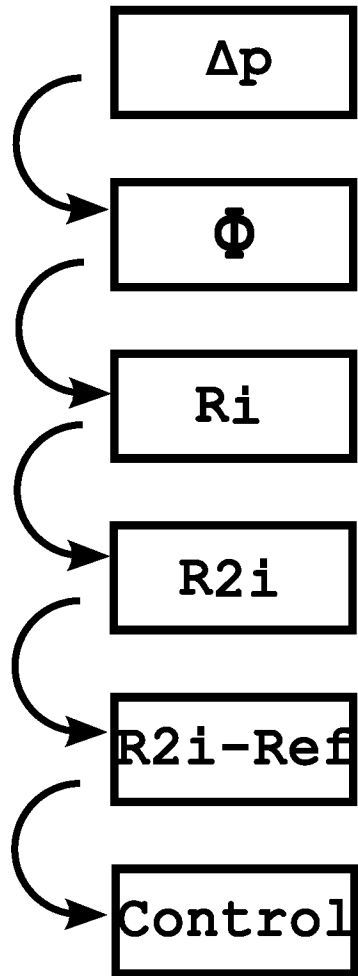


Fig. 12

