

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50799/2021
(22) Anmeldetag: 06.10.2021
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2023

(51) Int. Cl.: **B29C 45/73** (2006.01)
B29C 45/78 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102010042759 A1
EP 1717004 A1
AT 513872 A2

(73) Patentinhaber:
ENGEL AUSTRIA GmbH
4311 Schwertberg (AT)

(72) Erfinder:
Schläger Mathias DDipl.-Ing. BSc
4230 Pregarten (AT)

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

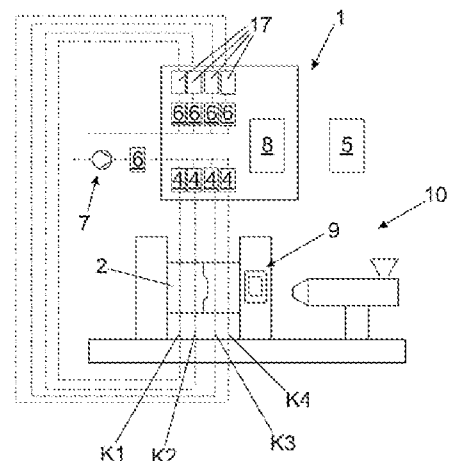
(54) Verfahren und Vorrichtungen zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs

(57) Verfahren zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs (K1-K4) eines Formwerkzeugs (2) nach einem Einfluss auf einen Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts des Formwerkzeugs (2), wobei die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- in Produktionszyklen ablaufende Produktion von Formteilen mittels des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug (2) und/oder zyklisches Aktivieren einer Heizvorrichtung unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug (2),
- Fördern von Temperiermedium durch den zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme,
- Messen zumindest eines zeitlichen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) des Temperiermediums im zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) über mehrere Produktionszyklen hinweg,
- Analyse eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, über mehrere Produktionszyklen hinweg, und

- Einordnen des zumindest einen Temperierzweigs (K1-K4) in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) auf Basis des Oszillationsverhaltens.

Fig. 8



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs eines Formwerkzeugs nach einem Einfluss auf einen Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts eines Formwerkzeugs, eine Temperiervorrichtung zum Temperieren eines Formwerkzeugs mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 15 sowie ein Computerprogrammprodukt zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs des Formwerkzeugs nach dem Einfluss auf den Wärmehaushalt zumindest des Abschnitts des Formwerkzeugs.

[0002] Im Folgenden wird der Stand der Technik anhand von Spritzgießmaschinen und Spritzgießwerkzeugen kurz umrissen. Analoge Aussagen gelten auch für allgemeine Formgebungsmaschinen und Formwerkzeuge.

[0003] Spritzgießwerkzeuge werden während der Produktion temperiert, da durch das Einbringen der Formmasse in der Regel große Wärmeströme in das Formwerkzeug eingetragen werden, wobei unter Umständen auch ein separates Aufheizen vorgesehen sein kann, sodass das Spritzgießwerkzeug vor oder während dem Einspritzen eine angemessene Temperatur aufweist.

[0004] Für diese Temperierung werden Temperierzweige verwendet, durch welche Temperiermedium, bspw. Wasser oder Öl, gefördert wird. Die Wärme aus dem Spritzgießwerkzeug geht auf das Temperiermedium über und wird so abgeführt (Kühlen). Ebenso kann es erforderlich sein, dem Spritzgießwerkzeug Wärme zuzuführen. Hierbei geht die Wärme aus dem Temperiermedium auf das Spritzgießwerkzeug über (Heizen).

[0005] Es sind im Stand der Technik verschiedenste Verfahren zum Steuern oder Regeln der Temperiermedienströme bekannt. Beispiele dafür gehen aus der DE 102010042759 A1, der EP 1717004 A1 oder der AT 513872 A2 hervor. In der Praxis werden am häufigsten Regelungen nach Soll-Temperaturdifferenzen (zwischen Zulauf und Ablauf des jeweiligen Temperierzweigs) oder Soll-Volumenströmen (bspw. in Form von Durchflussraten, Liter pro Minute) verwendet.

[0006] Herausfordernd ist in der Praxis das Festlegen dieser Soll-Werte. Zwar werden immer öfter Simulationen des Prozesses - mit oder ohne Modellierung der Temperierung - durchgeführt und es wäre durchaus möglich, anhand der Simulationen entsprechende Sollwerte festzulegen und dann beim tatsächlichen Produktionsstart zu verwenden.

[0007] Die Praxis zeigt aber, dass von dieser Möglichkeit in der Realität wenig oder gar kein Gebrauch gemacht wird, wofür es verschiedene Gründe gibt (bspw. mangelnde Realitätsnähe der Simulation, Herstellung und Betrieb des Spritzgießwerkzeugs in verschiedenen Unternehmen, mangelnde Informationsweitergabe, vorhandener Bestand von Werkzeugen ohne Simulationsergebnisse oder ohne Konstruktionsplan, unbekannter Verlauf der Temperierzweige innerhalb des Spritzgießwerkzeugs und dergleichen).

[0008] Personal, welches für das Einstellen der Temperierung (und der Anlage insgesamt) zuständig ist, ist daher in der Regel dazu gezwungen, das Einstellen auf Basis von Erfahrung, gewissen allgemeinen Richtlinien und Versuchen (Trial and Error) durchzuführen.

[0009] Die angesprochenen allgemeinen Richtlinien geben beispielsweise vor, bei Präzisions-spritzgießteilen geringere Temperaturdifferenzen zu verwenden (um eine ausreichend homogene Temperaturverteilung entlang des Temperierzweigs zu gewährleisten und um eine schnellere Wärmeabfuhr zu erreichen). Geringere Temperaturdifferenzen sollen des Weiteren bei kavität-nahen Temperierzweigen verwendet werden, da deren Temperaturverteilung einen großen Einfluss auf die Werkzeugoberflächentemperatur oder Formnestwandtemperatur hat und da auch hier häufig eine höhere Wärmeabfuhr notwendig ist.

[0010] Zu erwähnen ist diesbezüglich, dass die korrekte Temperierung des Spritzgießwerkzeugs großen und entscheidenden Einfluss auf das Einhalten der Fertigungstoleranzen hinsichtlich der Maße, der Schwindung und der inneren Spannungen der Spritzgießteile hat - also letztlich auf die Qualität des herzustellenden Spritzgießteils. Ein zu hoher Energieverbrauch durch Einbringung von wesentlich größeren Volumenströmen bei an und für sich weniger wichtigen (d.h. we-

niger relevant für die Formteileigenschaften bzw. die Qualität des Formteils) Temperierzweigen, als für den Qualitätsanspruch notwendig wäre, soll natürlich ebenso vermieden werden. Dies würde durch eine hohe Förderleistung (Volumenstrom bzw. Förderdruck) zu einem hohen Energieaufwand bei der Versorgungspumpe führen, insbesondere wenn diese regelbar ist. Bei parallel geschalteten Temperierzweigen, z.B. bei Verwendung eines Temperiermedienverteilers, würde ein unnötig hoher Volumenstrom in weniger wichtigen Temperierzweigen den nutzbaren Volumenstrom der anderen, wichtigeren (d.h. besonders relevant für Formteileigenschaften bzw. die Qualität des Formteils) Temperierzweige verringern.

[0011] Die Versorgungspumpe kann auch in dezentralen Temperiergeräten für eine einzelne Maschine oder zentral für mehrere Maschinen oder Verbraucher vorhanden sein. Wenn die Versorgungspumpe zentral mehrere Maschinen versorgt, wird durch zu hohe Volumenströme in weniger wichtigen Temperierzweigen anderen Maschinen Temperiermedium „weggenommen“.

[0012] Verfahren zum Auffinden von Sollwerten für die Temperierung gibt es im Stand der Technik an und für sich, wobei beispielsweise auf die AT 513872 A2 zu verweisen ist. Verbesserungsfähig ist dabei, dass dafür zusätzliche Informationen über die Geometrie der Temperierzweige vorhanden sein sollten.

[0013] Die Erfindung hat es sich deshalb zur Aufgabe gemacht, ein Verfahren, eine Temperiervorrichtung sowie ein Computerprogrammprodukt bereitzustellen, wodurch mit so wenig Informationen wie möglich - vorzugsweise keinerlei Informationen - der Einfluss bestimmt werden kann, den ein Temperierzweig auf den Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts eines Formwerkzeugs hat.

[0014] In einer ersten Variante der Erfindung wird diese Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, nämlich indem die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- in Produktionszyklen ablaufende Produktion von Formteilen mittels des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug und/oder zyklisches Aktivieren einer Heizvorrichtung unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug,
- Fördern von Temperiermedium durch den zumindest einen Temperierzweig des Formwerkzeugs zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme,
- Messen zumindest eines zeitlichen Zweigtemperaturverlaufs des Temperiermediums im zumindest einen Temperierzweig über mehrere Produktionszyklen hinweg,
- Analyse eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, über mehrere Produktionszyklen hinweg, und
- Einordnen des zumindest einen Temperierzweigs in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs auf Basis des Oszillationsverhaltens.

[0015] In einer zweiten Variante der Erfindung wird diese Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst, nämlich indem die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- Zuführen einer Formmasse zumindest zum Abschnitt des Formwerkzeugs unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug und/oder Aktivieren einer Heizvorrichtung unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug,
- Fördern von Temperiermedium durch den zumindest einen Temperierzweig des Formwerkzeugs zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme,
- Messen von zumindest einem zeitlichen Zweigtemperaturverlauf des Temperiermediums im zumindest einen Temperierzweig,
- Analyse eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, und

- Einordnen des zumindest einen Temperierzweigs in zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs auf Basis des Anstiegs- oder Abfallverhaltens.

[0016] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass beispielsweise aus den Temperaturen, den Wärmeströmen und/oder den Volumenströmen, die beispielsweise beim Produktionsbeginn oft ohnehin gemessen oder berechnet werden, die Information extrahiert werden kann, welche Temperierzweige größeren Einfluss auf den Wärmehaushalt des Abschnitts des Formwerkzeug haben und welche Temperierzweige einen geringeren Einfluss auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs haben.

[0017] In der ersten Variante geschieht dies durch Analyse des Oszillationsverhaltens, das bei einem in Produktionszyklen ablaufenden Prozess über mehrere Produktionszyklen hinweg auftritt. In der zweiten Alternative geschieht dies durch Analyse des Anstiegsverhaltens, das beispielsweise beim Produktionsbeginn auftritt (oder analog: des Abfallverhaltens). Gemeinsam ist den Varianten, dass die Temperierzweige durch Analyse eines Kurvenverhaltens (Oszillationsverhalten und/oder Anstiegs- oder Abfallverhalten) hinsichtlich ihres Einflusses auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs kategorisiert werden können.

[0018] Zu erwähnen ist, dass die zweite Variante der Erfindung (Analyse des Anstiegsverhaltens) auch bei in Produktionszyklen ablaufenden Formgebungsprozessen durchgeführt werden kann (siehe dazu das Ausführungsbeispiel). Die beiden Varianten der Erfindung können daher auch kombiniert werden.

[0019] Hinsichtlich der Temperiervorrichtung wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 15 gelöst, nämlich dadurch, dass eine Recheneinheit dazu eingerichtet ist,

- eine Analyse eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, vorzugsweise über mehrere Produktionszyklen hinweg, durchzuführen, und
- den zumindest einen Temperierzweig auf Basis des Anstiegs- oder Abfallverhalten und/oder des Oszillationsverhalten in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts des Formwerkzeugs einzuordnen.

[0020] Hinsichtlich des Computerprogrammprodukts wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 18 gelöst, nämlich durch Instruktionen, die einen ausführenden Computer dazu veranlassen,

- Messwerte in Form zumindest eines zeitlichen Zweigtemperaturverlaufs eines durch den zumindest einen Temperierzweig des Formwerkzeugs geförderten Temperiermediums entgegenzunehmen, wobei die Messwerte vorzugsweise über mehrere Produktionszyklen hinweg vorliegen,
- eine Analyse eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, vorzugsweise über mehrere Produktionszyklen hinweg, durchzuführen, und
- den zumindest einen Temperierzweig auf Basis des Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder des Oszillationsverhaltens in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs einzuordnen.

[0021] Die Erfindung kann bei Formwerkzeugen mit einem einzigen Temperierzweig eingesetzt werden. Besonders bevorzugt sind aber Ausführungsformen, wobei mehrere Temperierzweige basierend auf den Unterschieden im Anstiegs oder Abfallverhalten und/oder Oszillationsverhalten kategorisiert werden.

[0022] Im Folgenden wird mitunter auf Temperierzweige im Plural abgestellt. Falls explizit nichts anderes erwähnt ist oder sich nicht implizit etwas anderes ergibt, sind dabei aber auch Ausfüh-

rungsformen mit nur einem Temperierzweig gemeint. Analoges gilt für den zumindest einen Zweigtemperaturverlauf.

[0023] Die Analyse des Oszillationsverhaltens und/oder des Anstiegs- oder Abfallverhaltens kann am zumindest einen Zweigtemperaturverlauf selbst oder einer daraus abgeleiteten Größe vollzogen werden. Als abgeleitete Größe bietet sich beispielsweise ein Zweigwärmestrom an, der berechnet werden kann, wenn beispielsweise ein jeweiliger Zweigvolumenstrom beispielsweise durch Messung bekannt ist. Durch Verwendung von Wärmeströmen bei der Analyse des Oszillationsverhaltens können verzerrende Effekte, wie beispielsweise durch schwankende Temperaturen oder Volumenströme im Zulauf eliminiert werden.

[0024] Andere vom zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleitete Größen, die für die Analyse des Oszillationsverhaltens und/oder des Anstiegs- oder Abfallverhaltens herangezogen werden können wären beispielsweise

- eine akkumulierte Wärmemenge
- Temperaturdifferenzen zwischen Zulauf und Ablauf des zumindest einen Temperierzweigs (insbesondere bei konstantem, beispielsweise geregelter Volumenstrom)
- wie bereits erwähnt, die Ablauftemperatur, wenn die Zulauftemperatur im Wesentlichen, beispielsweise geregelt, konstant gehalten wird
- ein Zweigvolumenstrom, beispielsweise wenn die Temperaturdifferenz zwischen Zulauf und Ablauf des zumindest einen Temperierzweigs geregelt wird (der Zweigvolumenstrom ist dann eine indirekt aus dem Zweigtemperaturverlauf abgeleitete Größe)

[0025] Letztendlich können also jegliche Größen als abgeleitete Größen verwendet werden, die mit dem Wärmestrom, den der zumindest eine Temperierzweig vermittelt, korrelieren.

[0026] Wie bereits erwähnt, liegt der Erfindung die Erkenntnis zugrunde, dass die Temperierzweige durch Analyse des Oszillationsverhaltens oder des Anstiegsverhaltens hinsichtlich ihres Einflusses auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs kategorisiert werden können.

[0027] Als spezielle Form von Spritzgießwerkzeugen seien Werkzeuge mit konturnaher Temperierung erwähnt. Dabei werden die Temperierzweige im Werkzeugeinsatz nur wenige Millimeter von der Formnestwand entfernt platziert, um die Qualität der Formteile noch gezielter beeinflussen zu können.

[0028] Wie ebenfalls bereits erwähnt, ist die korrekte Temperierung wesentlich für die Qualität des herzustellenden Formteils. Durch die erfindungsgemäße Kategorisierung kann also auch herausgefunden werden, welche Temperierzweige einen größeren oder geringeren Einfluss auf die Qualität des herzustellenden Formteils haben. Im Regelfall sind Temperierzweige mit relativ großem Einfluss auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs / auf die Qualität des Formteils auch räumlich relativ nahe an zumindest einer Formgebungskavität des Formwerkzeugs (und daher wichtig für den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs, insbesondere wenn sie zudem auch noch hohe Wärmeströme abführen).

[0029] Die erfindungsgemäße Kategorisierung ermöglicht einerseits eine verbesserte Temperierung des Formwerkzeugs dort, wo es für die Qualität des Formteils wichtig ist, und andererseits können Bereiche, die weniger wichtig sind (bspw. im Bereich von Formaufspannplatten, bei Grund- oder Zwischenplatten) oder für die lediglich eine möglichst stabile Temperatur und Wärmeabfuhr wichtig ist (beispielsweise im Bereich eines Heißkanalsystems), adäquat aber ohne übermäßigen Energieaufwand temperiert werden. Zu erwähnen ist hier, dass beispielsweise im Bereich von Formaufspannplatten eine Temperierung oft nicht vollständig weggelassen werden kann, etwa aufgrund von zu vermeidender ungünstiger thermischer Ausdehnung oder aufgrund von zu vermeidenden Wärmeverlusten bei ungünstiger Umgebungstemperatur (Differenz Werkzeugtemperatur zu Umgebungstemperatur).

[0030] In besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird das Oszillationsverhalten und/oder das Anstiegsverhalten der Zweigtemperaturverläufe untersucht. Prinzipiell kann aber auch das Abfallverhalten der Zweigtemperaturverläufe verwendet werden, indem die Produktion der Formteile oder das Zuführen der Formmasse beendet wird, das Fördern von Tempe-

riermedium und Messen der Zweigtemperaturverläufe jedoch fortgesetzt wird. Die Zweigtemperaturverläufe werden dann unterschiedlich schnell fallende Temperaturen zeigen, welche ebenfalls die erfindungsgemäßen Rückschlüsse auf den Einfluss des jeweiligen Temperierzweigs auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs erlauben. Die Zweigtemperatur von kavitätsternen Temperierzweigen würde beispielsweise rascher abfallen als die Zweigtemperatur von Temperierzweigen, die fern der Kavität angeordnet sind. Je näher der Temperierzweig an der Kavität angeordnet ist, desto rascher wird die Oszillation nicht mehr detektiert, da keine Formmasse mehr eingespritzt wird.

[0031] Statt dem Zuführen von Formmasse kann im Rahmen der Erfindung auch eine Heizvorrichtung verwendet werden, um Wärme ins Formwerkzeug einzubringen. Dabei handelt es sich bevorzugt um eine Heizvorrichtung, die beim Betrieb des Formwerkzeugs ohnehin eingesetzt wird, wie beispielsweise eine Heizvorrichtung zum Temperieren eines Heißkanalsystems.

[0032] Der zumindest eine Abschnitt des Formwerkzeugs kann in bevorzugten Ausführungsformen das gesamte Formwerkzeug sein. Es sind aber auch Ausführungsformen denkbar, wobei nur ein Teil des Formwerkzeugs zum Gegenstand der Erfindung gemacht wird.

[0033] Beispielsweise wäre es möglich, nur ein Heißkanalsystem als zumindest einen Abschnitt des Formwerkzeugs zu verwenden. Dabei könnte das Heißkanalsystem mit Formmasse gefüllt werden und aus dem Anstiegsverhalten der Zweigtemperaturverläufe (zeitliches Verhalten und Wärmestrom im Temperierzweig) bestimmt werden, welchen Einfluss die einzelnen Temperierzweige auf den Wärmehaushalt dieses Abschnitts haben. In vielen Fällen kommt es bei der Temperierung von Heißkanalsystemen darauf an, dass ein möglichst stabiler Betrieb erzielt wird. Auch dabei sind Informationen darüber, welche Temperierzweige einen größeren Einfluss auf den Wärmehaushalt des Heißkanalsystems haben, selbstverständlich von Vorteil.

[0034] Beispielsweise können also einzelne Heizzonen des Heißkanalsystems eingeschaltet werden (unabhängig davon ob mit Formmasse gefüllt oder nicht; ohne Produktion, dann ist klar woher wie Wärme kommt) und das Anstiegsverhalten der einzelnen Temperierzweige beobachtet werden. Es kann dann gemäß der Erfindung bestimmt werden, welchen Einfluss die einzelnen Temperierzweige auf den Wärmehaushalt dieses Abschnitts des Heißkanalsystems haben. Analog gilt das für das Ausschalten der Heizzonen. Temperierzweige mit hohem abgeführten Wärmestrom liegen räumlich näher am Heißkanal oder an einer Stelle mit größerer Heizleistung.

[0035] Ein weiteres Beispiel für den zumindest einen Abschnitt wären Formwerkzeuge, die über mehrere Formkavitäten (werden auch als Formnester bezeichnet) verfügen, sodass in einem Produktionszyklus mehrere Formteile hergestellt werden können. Die Erfindung kann dabei bevorzugt so eingesetzt werden, dass in allen Formkavitäten Formteile produziert werden, um den Einfluss der Temperierzweige auf den gesamten Wärmehaushalt im Formwerkzeug zu untersuchen.

[0036] Alternativ könnte im Rahmen der Erfindung nur eine einzelne Formkavität oder eine Gruppe von Formkavitäten betrieben werden, um den Einfluss der Temperierzweige auf den Wärmehaushalt des Abschnitts des Formwerkzeugs zu untersuchen, der diese einzelne Kavität oder Gruppe von Kavitäten beinhaltet. Eine Zuordnung zumindest eines Temperierzweiges zu einer einzelnen Kavität oder Gruppe von Kavitäten wäre damit möglich.

[0037] Bevorzugt können alle Temperierzweige eines Formwerkzeugs erfindungsgemäß eingesetzt werden (Fördern von Temperiermedium, Messen der Zweigtemperaturverläufe, Analyse des Oszillationsverhaltens und/oder des Anstiegs- oder Abfallverhaltens, Feststellen der Unterschiede, Einordnen in zumindest zwei Kategorien). Aber auch ein Einsatz bei einer Untermenge (mit zumindest zwei Temperierzweigen) ist prinzipiell denkbar, wenn beispielsweise bei einzelnen Temperierzweigen schon bekannt ist, dass sie kavitätstern (allgemein: in der Nähe des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs) sind oder nicht.

[0038] Temperierzweige können in Formwerkzeugen sowohl parallel als auch in Serie verschaltet sein (im strömungstechnischen Sinn), wobei natürlich auch Mischformen denkbar sind (beispielsweise Parallelschaltung von in Serie geschalteten Temperierzweigen).

[0039] Mit dem Fördern des Temperiermediums kann vorzugsweise vor dem Start der Produktion der Formteile und/oder vor dem Zuführen der Formmasse begonnen werden. Prinzipiell denkbar wäre es aber auch, damit gleichzeitig oder kurz nach dem Start der Produktion der Formteile und/oder dem Zuführen der Formmasse zu beginnen.

[0040] Mit dem Fördern des Temperiermediums kann vorzugsweise vor dem Einschalten von Heißkanalsystemen begonnen werden. Prinzipiell denkbar wäre es aber auch, damit gleichzeitig oder kurz nach dem Einschalten von Heißkanalsystemen zu beginnen.

[0041] Als Temperiermedium kann bevorzugt Wasser und/oder Öl zum Einsatz kommen. Das verwendete Temperiermedium kann in der Praxis mit verschiedenen Zusatzstoffen versehen werden, um eine geforderte Wasserqualität einzuhalten.

[0042] Im Rahmen der zweiten Variante der Erfindung kann das Zuführen der Formmasse einmalig, kontinuierlich oder zyklisch geschehen.

[0043] Schutz begehrt wird außerdem für eine Formgebungsmaschine mit einer erfindungsgemäßen Temperiervorrichtung.

[0044] Unter Formgebungsmaschinen werden dabei Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen und dergleichen verstanden.

[0045] Erwähnenswert ist, dass die Temperiervorrichtung in die Formgebungsmaschine integriert sein kann oder separat ausgeführt sein kann (die Temperiervorrichtung wird dann oft als Beistellgerät oder Temperiergerät bezeichnet). Es sind außerdem durchaus Ausführungsformen denkbar, wobei die Funktionen der Temperiervorrichtung gemäß der Erfindung durch mehrere separate Vorrichtungen erfüllt werden, beispielsweise durch:

- ein Temperiergerät, welches eine Pumpe und einen zentralen Zulauf bereitstellt und/oder
- einen separaten Temperiermedienverteiler, in welchem beispielsweise die Temperatursensoren und/oder Volumenstromsensoren vorgesehen sind und/oder
- eine separate Recheneinheit.

[0046] Unabhängig davon kann die Recheneinheit integral mit einer zentralen Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine ausgebildet sein oder als davon separate Recheneinheit ausgebildet sein, beispielsweise als („Cloud“-)Server, der über eine Datenfernübertragungsverbindung mit der Maschinensteuerung oder den Sensoren direkt verbunden ist.

[0047] Die Temperiervorrichtung kann besonders bevorzugt eine Steuer- oder Regeleinrichtung zum Steuern oder Regeln eines durch die Temperierzweige geförderten Temperiermediensstroms unter Verwendung von unterschiedlichen Sollwerten, insbesondere Soll-Temperaturdifferenzen und/oder Soll-Volumenströmen, für die Temperierzweige beinhalten.

[0048] Dafür kann die Temperiervorrichtung besonders bevorzugt mit der Steuer- oder Regeleinrichtung signaltechnisch verbundene Aktuatoren, welche zum Beeinflussen der Temperiermediensströme in den Temperierzweigen ausgebildet sind, beinhalten.

[0049] Bei den Aktuatoren kann es sich beispielsweise um Volumenstromregelventile, Proportionalventile und/oder Drosseln handeln, die direkt zum Stellen auf einen gewünschten Drosselöffnungsgrad angesteuert werden können. Eine weitere Möglichkeit zur Volumenstromregelung ist ein drehzahlgeregeltes (oder auch förderleistungsgeregeltes) Pumpensystem (bestehend aus Motor und Pumpe). Auch solche Anordnungen könne im Sinne der Erfindung als Aktuatoren aufgefasst werden.

[0050] Die Steuer- oder Regeleinrichtung kann selbstverständlich auch mit den Temperatursensoren signaltechnisch verbunden sein. Dadurch können die Messwerte der Temperatursensoren als Rückkopplung für eine Regelung, insbesondere eine Temperaturdifferenzregelung, verwendet werden. Das gilt analog für allfällig vorhandene Volumenstromsensoren und Volumenstromregelungen.

[0051] Besonders bevorzugt kann die Steuer- oder Regeleinrichtung so ausgebildet sein, dass Sollwerte individuell für jeden Temperierzweig oder Gruppen von Zweigen gewählt werden kön-

nen.

[0052] Die Steuer- oder Regeleinrichtung kann integral mit der Recheneinheit und/oder mit einer zentralen Maschinensteuerung einer Formgebungsmaschine ausgebildet sein.

[0053] Zu erwähnen ist ferner, dass die erfindungsgemäßen Temperatursensoren nicht innerhalb des Formwerkzeugs angeordnet sein müssen (sehr wohl aber sein können). In vielen Fällen werden Ablauftemperaturen einfach dort gemessen, wo die Temperierzweige wieder in der Temperiervorrichtung münden.

[0054] Zulauftemperaturen können in jedem einzelnen Temperierzweig oder in einem Verteiler oder in der näheren Umgebung eines Verteilers gemessen werden, wenn mehrere, insbesondere parallele, Temperierzweige vorliegen.

[0055] Die Erfindung kann sowohl mit aufgezeichneten Messdaten des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs oder mit Daten in Echtzeit, oder einer für thermische Messungen praxistauglichen Abtastzeit, beispielsweise im Bereich von einer Sekunde, verwendet werden.

[0056] In Bezug auf das Computerprogrammprodukt kann der ausführende Computer die Recheneinheit der erfindungsgemäßen Temperiervorrichtung sein.

[0057] Bevorzugt kann das Computerprogrammprodukt zusätzlich Befehle beinhalten, die einen ausführenden Computer dazu veranlassen:

- die Formgebungsmaschine zum Beginn und/oder Stopp der Produktion von Formteilen in Produktionszyklen anzusteuern und/oder
- ein Heißkanalsystem und/oder einzelner Heizzonen eines Heißkanalsystems zum Aktivieren und/oder Deaktivieren anzusteuern und/oder
- die Temperiervorrichtung und/oder die Formgebungsmaschine zum Fördern von Temperiermedium durch den zumindest einen Temperierzweig anzusteuern und/oder
- eine Steuerung oder Regelung des durch den zumindest einen Temperierzweig geförderten Temperiermedienstroms durchzuführen und die Aktuatoren entsprechend der Steuerung oder Regelung entsprechend anzusteuern.

[0058] Schutz begehrt wird schließlich auch für ein computerlesbares Speichermedium, auf dem ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt gespeichert ist.

[0059] Dass ein durch den zumindest einen Temperierzweig geförderter Temperiermedienstrom gesteuert oder geregelt wird, heißt nicht notwendigerweise, dass ein Volumenstrom als Stellgröße für die Steuerung oder Regelung verwendet wird. Bevorzugt kann eine Steuerung oder Regelung mit einer Temperaturdifferenz als Stellgröße vorgesehen sein, wobei eine unterlagerte Steuerung oder Regelung der Volumenströme vorgesehen sein kann.

[0060] Bevorzugt kann es sich bei dem zumindest einen Abschnitt des Formwerkzeugs um einen Abschnitt handeln, der zum Zwecke des Formgebungsprozesses mit einer Formmasse gefüllt wird (samt dessen Umgebung). Prinzipiell könnten mit der Erfindung aber auch andere Abschnitte des Formwerkzeugs untersucht werden, die einen signifikanten Wärmeeintrag erfahren.

[0061] Das Messen des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs kann bevorzugt im Ablauf des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs, also nach Durchströmen des Formgebungswerkzeugs, erfolgen.

[0062] Zusätzlich können auch noch die Zulauftemperatur und/oder der Zweigvolumenstrom gemessen werden, um gegebenenfalls die Zweigwärmestrom berechnen zu können, der vom zumindest einen Temperierzweig vermittelt wird.

[0063] Es sei darauf hingewiesen, dass statt den im vorliegenden Dokument erwähnten Volumenströmen prinzipiell auch Massenströme verwendet werden könnten.

[0064] Unter Temperieren kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung Kühlen und/oder Heizen verstanden werden.

[0065] Im Zusammenhang mit dem Stand der Technik beschriebene Maßnahmen können auch

im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden.

[0066] Die erfindungsgemäßen Verfahren können auch auf ein simuliertes Formwerkzeug angewendet werden. Dies ermöglicht einen Abgleich zwischen den Temperierkreisen des simulierten Formwerkzeugs mit den Temperierkreisen des tatsächlichen Formwerkzeugs anhand des ermittelten Oszillationsverhaltens, Anstiegsverhaltens und/oder Abfallverhaltens. Die einzelnen Temperierkreise des simulierten Formwerkzeugs können dadurch den einzelnen Temperierkreisen des tatsächlichen Formwerkzeugs zugeordnet werden. Dadurch kann einerseits ermittelt werden, ob die Temperierzweige des tatsächlichen Formwerkzeugs wie geplant angeschlossen wurden. Andererseits kann auch ohne Verändern der Anschlüsse eine Anpassung von Soll-Werten, beispielsweise für eine Temperaturdifferenzregelung oder einer Volumenstromregelung, durchgeführt werden.

[0067] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0068] Bereits erwähnt wurde, dass mehrere Temperierzweige verwendet werden können und dass für die Klassifizierung der Temperierzweige auf die Unterschiede zwischen den Temperierzweigen im Oszillationsverhalten und/oder im Anstiegs- oder Abfallverhalten zurückgegriffen wird.

[0069] Bevorzugt kann im Rahmen der Analyse des Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs eine Amplitude, eine Frequenz und/oder eine Periodendauer des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs oder der abgeleiteten Größe, wie beispielsweise eines Wärmestroms, bestimmt werden und zum Feststellen der Unterschiede im Oszillationsverhalten verwendet werden.

[0070] Insbesondere kann beispielsweise mit Hilfe einer Fouriertransformation untersucht werden, bis zu welchem Grad sich die Zykluszeit (oder äquivalent die Zyklusfrequenz) der Produktionszyklen in den Zweigtemperaturverläufen widerspiegeln. Prinzipiell können natürlich auch andere (Integral-) Transformationen hierfür verwendet werden.

[0071] Prinzipiell wäre es auch denkbar, im Rahmen der Analyse des Oszillationsverhaltens Analysen des Anstiegs- und/oder Abfallverhaltens in jedem Zyklus durchzuführen.

[0072] Im Rahmen der Analyse des Anstiegsverhaltens kann ein Zeitpunkt des ersten über einem Schwellwert liegenden Anstiegs des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs bestimmt und gegebenenfalls zum Feststellen der Unterschiede im Anstiegsverhalten verwendet werden. Bei dem „Zeitpunkt“ kann es sich beispielsweise einfach um die Zahl des Produktionszyklus handeln, wenn die Produktionszyklen ab Produktionsbeginn auf naheliegende Weise durchnummeriert sind (beispielsweise inkrementiert durch ein Einspritzsignal zum Schneckenvorschub oder anderen Signalen die das Einspritzen der Formmasse beschreiben). Natürlich kann der Zeitpunkt des ersten Anstiegs auch mit höherer Zeitauflösung bestimmt werden.

[0073] Es wäre ebenso möglich, im Rahmen der Analyse des Abfallverhaltens einen Zeitverzug zwischen einem Produktionsstopp (keine Zufuhr der Formmasse mehr) bis zum Beginn des Abfalls des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs oder der daraus abgeleiteten Größe zu bestimmen.

[0074] Alternativ oder zusätzlich kann bei der Analyse des Anstiegs- oder Abfallverhaltens auch eine Steigung des Anstiegs oder Abfalls ermittelt werden.

[0075] Erfindungsgemäß können die Temperierzweige in zumindest zwei Kategorien eingeteilt werden, d.h. beispielsweise können Temperierzweige,

- deren Fouriertransformationen der entsprechenden Zweigtemperaturverläufe oder der entsprechenden abgeleiteten Größen im Bereich der Zyklusfrequenz ein höheres Maximum als andere Temperierzweige aufweisen, und/oder
- deren Oszillationsamplitude in den entsprechenden Zweigtemperaturverläufen oder der entsprechenden abgeleiteten Größen, vorzugsweise im Bereich der Zyklusfrequenz, grö-

- ber ist als die Oszillationsamplitude anderer Temperierzweige und/oder
- deren Zeitpunkt des ersten Anstiegs der entsprechenden Zweigtemperaturverläufe früher liegen als diejenigen anderer Temperierzweige und/oder
 - deren Steigung der entsprechenden Zweigtemperaturverläufe betragsmäßig größer ist und/oder
 - der abgeführte Wärmestrom größer als derjenige anderer Temperierzweige ist und/oder,
 - deren akkumulierte Wärmemenge größer als diejenige anderer Temperierzweige ist,

[0076] in eine Kategorie größeren Einflusses auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs (und damit größeren Einflusses auf die Qualität des herzustellenden Formteils) eingeordnet werden und die restlichen Temperierzweige in eine Kategorie geringeren Einflusses.

[0077] Im Rahmen der Analyse des Anstiegs- oder Abfallverhaltens kann aber beispielsweise auch eine Kennzahl für die Stärke des Anstiegs oder Abfalls (beispielsweise in Form eines Exponentialkoeffizienten) ermittelt werden.

[0078] Besonders bevorzugt kann vorgesehen sein, dass zumindest ein Sollwert zum Steuern oder Regeln von durch den zumindest einen Temperierzweig gefördertem Temperiermediestrom auf Basis der Kategorien des zumindest einen Temperierzweigs festgelegt wird.

[0079] Bevorzugt kann dabei natürlich vorgesehen sein, dass diese Sollwerte so gewählt werden, dass bei Temperierzweigen mit höherem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs (und dadurch auf die Qualität der hergestellten Formteile) größere Temperiermedienströme erzielt werden (oder umgekehrt formuliert: dass bei Temperierzweigen mit geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs (und dadurch auf die Qualität der hergestellten Formteile) geringere Temperiermedienströme erzielt werden).

[0080] Sollwerte können dafür individuell für jeden Zweig oder Gruppen von Zweigen gewählt werden.

[0081] Unter dem Festlegen von Sollwerten für eine Steuerung oder Regelung wird dabei sowohl das Korrigieren bereits vorliegender Sollwerte als auch das ursprüngliche Festlegen derselben verstanden.

[0082] Bevorzugt kann dabei als zumindest ein Sollwert zumindest eine Soll-Temperaturdifferenz zwischen einer Zulauftemperatur und einer Ablauftemperatur des zumindest einen Temperierzweigs verwendet werden, wobei vorzugsweise die Soll-Temperaturdifferenzen für Temperierzweige mit größerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs betragsmäßig geringer als die Soll-Temperaturdifferenzen für Temperierzweige mit geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs festgelegt werden.

[0083] Soll-Temperaturdifferenzen haben den Vorteil, dass Volumenströme durch die einzelnen Temperierzweige nicht im Detail vorgegeben werden müssen. Vielmehr ergeben sie sich beispielsweise im Rahmen einer unterlagerten Regelung der Volumenströme. Gleichzeitig wird durch Beibehalten der Temperaturdifferenz sichergestellt, dass adäquate Wärmeströme aus dem Formwerkzeug abgeführt werden und eine über die Länge des Temperierzweigs ausreichend homogene Temperaturverteilung gewährleistet sein kann.

[0084] Es ist noch zu erwähnen, dass die Zulauftemperatur in vielen Fällen in einem zentralen Zulauf (auch als Vorlauf bezeichnet) gemessen wird, sodass also nicht jeder Temperierzweig einen eigenen Temperatursensor für die Zulauftemperatur benötigt. Tatsächlich kann, insbesondere in größeren Betrieben, einfach von einer bekannten konstanten Zulauftemperatur ausgegangen werden, die von einer Bereitstellungsvorrichtung für Temperiermedium (Hauptbeispiel: Wasser) für eine Produktionszelle oder sogar den ganzen Betrieb bereitgestellt wird. Es können jedoch auch pro Temperierzweig eigene Vorlauftemperaturen vorgegeben sein (Temperierung mit einzelnen Temperiergeräten).

[0085] Prinzipiell ist es alternativ oder zusätzlich aber auch denkbar, dass als Sollwerte Soll-

Volumenströme verwendet werden, wobei die Soll-Volumenströme für Temperierzweige mit größerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs relativ zu einem maximal erreichbaren Volumenstrom (des jeweiligen Temperierzweigs) größer gewählt werden als bei Temperierzweigen mit geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs.

[0086] Der je Temperierzweig maximal erreichbare Volumenstrom hängt dabei in der Regel vom zur Verfügung stehenden Druck in der Versorgungsleitung und der Geometrie des Temperierzweigs ab. Diese Daten können beim Festlegen und/oder Berechnen der Soll-Volumenströme berücksichtigt werden.

[0087] In besonders einfachen Ausführungsformen der Erfindung können Aktuatoren, wie beispielsweise verstellbare Drosseln, für Temperierzweige mit größerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs vollständig geöffnet werden oder bleiben (bspw. Drosselöffnungsgrad 100 %) und diejenigen, mit geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs bis zu einem gewissen Prozentsatz geschlossen werden (bspw. Drosselöffnungsgrad 80 % oder 50 %). Dies kann gegebenenfalls sogar händisch auf Vorschlag der zumindest einen Recheneinheit erfolgen. Bevorzugt können aber Ausführungsformen sein, wobei die Aktuatoren durch die zumindest eine Recheneinheit angesteuert werden.

[0088] Aktuatoren zum gesteuerten oder geregelten Beeinflussen von durch den zumindest einen Temperierzweig gefördertem Temperiermedienstrom können zu Beginn des Verfahrens gleichgestellt werden, insbesondere vollständig geöffnet werden. Durch Gleichstellung der Aktuatoren werden die Zweigtemperaturverläufe besonders aussagekräftig hinsichtlich ihres Einflusses auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts des Formwerkzeugs, weil dann keine systematischen Abweichungen durch unterschiedlich gedrosselte Temperierzweige eingeführt werden.

[0089] Darunter, dass die Aktuatoren „zu Beginn“ des Verfahrens gleichgestellt werden, kann verstanden werden, dass die Gleichstellung durchgeführt wird, bevor das Temperiermedium durch die Temperierzweige gefördert wird. Natürlich ist es alternativ prinzipiell denkbar, dass die Aktuatoren gleichzeitig mit dem Beginn des Förderns des Temperiermediums oder kurz danach gleichgestellt werden.

[0090] Es können mehrere Temperierzweige verwendet werden und die Aktuatoren zum gesteuerten oder geregelten Beeinflussen von durch die Temperierzweige geförderten Temperiermedienströmen können zu Beginn des Verfahrens so eingestellt werden, dass die Temperiermedienströme durch die Temperierzweige gleichgestellt sind.

[0091] D.h. die Volumenströme der einzelnen Temperierzweige können auf den gleichen Sollwert geregelt werden und somit beispielsweise konstant gehalten werden. Da der Wärmestrom im Temperiermedium neben anderen Faktoren (Konstanten) aus dem Produkt von Volumenstrom und Temperaturdifferenz ermittelt wird, kann bei konstanter Zulauftemperatur die Betrachtung des Verhaltens der Ablauftemperatur eines Temperierzweigs ausreichen, um die beschriebenen Analysen durchzuführen.

[0092] Eine allfällig vorgesehene Steuerung oder Regelung der Temperiermedienströme durch die Temperierzweige kann für die Dauer des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgesetzt werden. (Für die in der Figurenbeschreibung vorgestellten Tests wurde zum Aufnehmen der Temperaturverläufe die Volumenstromregelung aktiv gehalten, um einen konstanten Volumenstrom zu haben.)

[0093] Der zumindest eine Zweigtemperaturverlauf kann in Form eines zeitlichen Verlaufs zumindest einer Temperaturdifferenz zwischen einer Zulauftemperatur und einer Ablauftemperatur des zumindest einen Temperierzweigs verwendet werden. Das heißt, dass für den Temperierzweig oder die Temperierzweige Verläufe der Ablauftemperaturen und der Zulauftemperatur gemessen werden und deren Differenz als Zweigtemperaturverlauf für den jeweiligen Temperierzweig verwendet wird.

[0094] Alternativ kann in vielen Fällen angenommen werden, dass die Zulauftemperatur aus einem gemeinsamen Zulauf für alle Temperierzweige gleich (und im Wesentlichen konstant) ist und einfach ein Ablauftemperaturverlauf als Zweigtemperaturverlauf des jeweiligen Temperierzweigs verwendet wird.

[0095] Der zumindest eine Temperierzweig kann beispielsweise auch in zumindest drei (oder mehr) Kategorien eingeordnet werden, welche zumindest drei Kategorien zumindest eine Kategorie großen Einflusses auf den Wärmehaushalt des Abschnitts des Formwerkzeugs, zumindest eine Kategorie mittleren Einflusses auf den Wärmehaushalt des Abschnitts des Formwerkzeugs sowie zumindest eine Kategorie geringen Einflusses auf den Wärmehaushalt des Abschnitts des Formwerkzeugs beinhalten. Je mehr und damit feiner granuliert Kategorien verwendet werden, desto individueller können die Sollwerte für die Steuerung oder Regelung der Temperierzweige festgelegt werden.

[0096] Zumindest einer der Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens (in beiden Varianten) kann von einer Recheneinheit automatisch durchgeführt werden.

[0097] Dadurch kann die der Erfindung zugrunde liegende Problemstellung für Bediener der Formgebungsmaschine nicht nur gelöst, sondern vollkommen eliminiert werden, weil beispielsweise die Temperiervorrichtung die Sollwerte für die Temperierung ganz von selbst bereitstellt.

[0098] Dabei können die oben erwähnten Techniken zum Analysieren des Oszillationsverhaltens und/oder des Anstiegs- oder Abfallverhaltens zum Einsatz kommen, wobei auf an sich bekannte Datenauswerteverfahren, beispielsweise zum Bestimmen von Fouriertransformationen, Maximalwerten, Zeitoffsets (Zeitverzögerungen) bis zu einem Anstieg oder Abfall oder Steigungen eines Anstiegs oder Abfalls, zurückgegriffen werden kann.

[0099] Die Temperierzweige können auch als Temperierkreise oder kurz als Kreise bezeichnet werden, insbesondere dann, wenn sie parallel geschaltet sind. Die Produktionszyklen können auch kurz als Zyklen bezeichnet werden. Die Zeitdauer eines Produktionszyklus kann kurz als Zykluszeit bezeichnet werden, die dieser Zykluszeit entsprechende Frequenz kann als Zyklusfrequenz bezeichnet werden.

[00100] Die erfindungsgemäße Analyse des Oszillationsverhaltens und/oder des Anstiegs- oder Abfallverhaltens (sowie gegebenenfalls die entsprechende Kategorisierung) kann auch zur Überwachung der Anlage verwendet werden. Falls sich das Oszillationsverhalten und/oder das Anstiegs- oder Abfallverhalten beispielsweise schnell ändert, kann auf nicht funktionierende Kreise (bspw. Verstopfung), oder fehlerhafte Formgebungswerkzeuge oder Heißkanalsysteme geschlossen werden. Auf dieser Basis können beispielsweise Warnmeldungen ausgegeben werden und/oder ein Stopp der Produktion eingeleitet werden und/oder eine Heizung abgeschaltet werden.

[00101] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Figuren sowie der dazugehörigen Figurenbeschreibung. Dabei zeigen:

[00102] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Formwerkzeugs,

[00103] Fig. 2 eine nachgezeichnete fotografische Darstellung eines Formwerkzeugs (Bildquelle: Wikipedia),

[00104] Fig. 3 Beispiele für Zweigtemperaturverläufe zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[00105] Fig. 4 Fouriertransformation der Zweigtemperaturverläufe,

[00106] Fig. 5 ein Diagramm zum Verdeutlichen der erfindungsgemäßen Einordnung der Temperierzweige in Kategorien,

[00107] Fig. 6 die Darstellung des Formwerkzeugs aus Fig. 2, wobei eingezeichnet wurde, welche Temperierzweige welchen Einfluss auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs haben,

- [00108]** Fig. 7 ein Schaubild zur Veranschaulichung des von der Erfindung ausgenützten Prinzips der Ausbreitung thermischer Wellen (Bildquelle: Plastverarbeiter),
- [00109]** Fig. 8 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung samt einer erfindungsgemäßen Temperiervorrichtung sowie
- [00110]** Fig. 9 eine schematische Darstellung eines Formwerkzeugs mit einem Heißkanalsystem (Bildquelle: Plastverarbeiter).

[00111] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Formwerkzeugs 2 (hier die Düsenseite eines Spritzgießwerkzeugs), an welchem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wurde. Durch das Formwerkzeug 2 führen Temperierzweige (Temperierkreise) K1 bis K4 sowie KX und KY. In dieser Ausführung sind die Temperierzweige K1 bis K4 sowie KX und KY im strömungstechnischen Sinn parallelgeschaltet (analog zu Fig. 8).

[00112] Für das erfindungsgemäße Verfahren wurden der Einfachheit halber aber nur die Temperierzweige K1 bis K4 verwendet, um die Menge der Daten zu reduzieren.

[00113] Es ist zu erwähnen, dass die Temperierzweige K1 bis K4 nicht gemäß ihrer tatsächlichen räumlichen Ausgestaltung dargestellt sind. Die in Fig. 1 nicht dargestellte Formkavität 13 liegt aber in etwa mittig im Formwerkzeug 2 (angedeutet durch den mittigen, grauen Kreis).

[00114] Um die Funktionsweise der Erfindung zu verdeutlichen, wurden außerdem Temperaturfühler 11 (hier: Thermolemente) im Formwerkzeug 2 selbst verbaut, um die gute Korrelation zwischen der tatsächlichen Wärmesituation im Formwerkzeug 2 mit den erfindungsgemäß erhobenen Daten aufzuzeigen. Die Temperaturfühler 11 sind näher durchnummeriert als H8x, H9x und H10x. Diese im Formwerkzeug 2 verbauten Temperaturfühler 11 werden bei einer tatsächlichen Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Praxis selbstverständlich nicht unbedingt benötigt.

[00115] Der Vollständigkeit halber sei eine vereinfachte Wärmebilanz am Spritzgießwerkzeug notiert:

$$\dot{Q}_{TM} - \dot{Q}_U + \dot{Q}_F + \dot{Q}_H = 0$$

\dot{Q}_{TM} Wärmestrom, den das Temperiermedium zu- bzw. abführt (Heizen oder Kühlen mit dem Temperiermedium)

\dot{Q}_U Wärmestrom an die Umgebung

\dot{Q}_F Wärmestrom des Formteils

\dot{Q}_H zusätzlicher Wärmestrom, beispielsweise durch Heißkanäle

[00116] Vereinfachter Wärmestrom Formteil:

$$\dot{Q}_F = \Delta h \cdot \frac{m_F}{t_z}$$

Δh Enthalpiedifferenz

m_F Masse des Formteils

t_z Zykluszeit

[00117] Wärmestrom Temperiermedium (für Fall Kühlen ist \dot{Q}_{TM} negativ):

$$\dot{Q}_{TM} = -\dot{Q}_F - \dot{Q}_H - \dot{Q}_U$$

[00118] In den Figuren ist jeweils der Betrag der Zweigwärmeströme dargestellt.

$$\dot{Q}_{TM} = \dot{m}_{TM} \cdot c_{TM} \cdot \Delta T = \dot{V}_{TM} \cdot \rho_{TM} \cdot c_{TM} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = T_{zu} - T_{ab}$$

\dot{V}_{TM} Volumenstrom Temperiermedium

- ρ_{TM} Dichte Temperiermedium (näherungsweise konstant bei im wesentlichen konstanter Temperatur)
- c_{TM} Spez. Wärmekapazität des Temperiermediums (näherungsweise konstant bei im wesentlichen konstanter Temperatur)
- ΔT Differenz zwischen Zulauf- und Ablauftemperatur eines Temperierzweiges

[00119] Die Information, welcher Temperierzweig K1 bis K4 in einem tatsächlichen Formwerkzeug 2 geometrisch wie angeordnet ist, insbesondere wie nahe die einzelnen Temperierzweige K1 bis K4 an der Formkavität 13 vorbeiführen, ist in der Praxis häufig nicht vorhanden. Tatsächlich stellt sich für eine Person, die für das Einrichten des Formgebungsprozesses zuständig ist, die Situation am Formwerkzeug 2 schlicht wie im Foto aus Fig. 2 dar.

[00120] Wie im Foto abgebildet, können zwar Schläuche für Zufuhr und Abfuhr von Temperiermedium (in diesem Ausführungsbeispiel Wasser) angeschlossen werden, es ist aber nicht klar, wie diese Temperierzweige K1 bis K4 durch das Formwerkzeug 2 führen.

[00121] An dieser Stelle kann das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt werden. Zunächst wird im hier vorgestellten Ausführungsbeispiel mit der Produktion der Formteile gestartet. Da es sich bei diesem Ausführungsbeispiel um einen Spritzgießprozess handelt, läuft die Produktion in Produktionszyklen ab, wobei das Formwerkzeug 2 geschlossen und mit einer Schließkraft beaufschlagt wird und anschließend eine Formmasse 12 (hier: Kunststoff) in die Formkavität 13 eingespritzt wird.

[00122] Bei den Produktionszyklen im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann es sich um Testzyklen oder Anfahrzyklen handeln, um die korrekte Einstellung der Formgebungsmaschine zu prüfen und/oder anzupassen oder definierte thermische Bedingungen zu schaffen. Derartige Testzyklen müssen beim Einrichten des Formwerkzeugs 2 in vielen Fällen ohnehin durchgeführt werden.

[00123] Vor dem Beginn der Produktionszyklen wird damit begonnen, Temperiermedium durch die Temperierzweige K1 bis K4 zu fördern. Mittels Temperatursensoren 6 und im hier vorgestellten Ausführungsbeispiel auch mit den im Formwerkzeug 2 angeordneten Temperaturfühlern 11 werden Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 der Temperierzweige K1 bis K4 gemessen. Analog werden mit den Temperaturfühlern 11 Temperaturverläufe H8x und H9x gemessen. Diese sind in Fig. 3 dargestellt.

[00124] Die einzelnen Kurven in Fig. 3 sind über die Zeitachse aufgetragen. Die Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel die direkten Messwerte von Temperatursensoren 6, die jeweils im Ablauf der Temperierzweige K1 bis K4 gemessen wurden, da die Temperierzweige K1 bis K4 aus dem gleichen zentralen Zulauf gespeist werden, sodass angenommen werden kann, dass die Zulauftemperaturen für die Temperierzweige K1 bis K4 jeweils gleich sind. Die Volumenströme der Temperierzweige K1 bis K4 wurden für den Versuch auf den gleichen Wert geregelt. Somit bleibt als einziger zeitlich veränderbarer Faktor die Ablauftemperatur im jeweiligen Kreis.

[00125] Natürlich ist eine Vorverarbeitung der gemessenen Signale, z.B. durch Filterung möglich.

[00126] Dabei gilt die offensichtliche Zuordnung: Zweigtemperaturverlauf RLT01 zu Temperierzweig K1, Zweigtemperaturverlauf RLT02 zu Temperierzweig K2, Zweigtemperaturverlauf RLT03 zu Temperierzweig K3 und Zweigtemperaturverlauf RLT04 zu Temperierzweig K4.

[00127] Die vertikalen, strichlierten Linien in den einzelnen Diagrammen aus Fig. 3 zeigen Bewegungen der Plastifizierschnecke (Schneckenposition) der verwendeten Spritzgießmaschine, d.h. einen Einspritzvorgang, an. Jeweils ein Paar vertikaler Linien zeigt daher in etwa einen neuen Formgebungszyklus an und die Dauer zwischen benachbarten Paaren entspricht in etwa der Zykluszeit.

[00128] Zu erkennen ist, dass die Messwerte unterschiedlich schnell und stark auf die durch den

Produktionsbeginn eingetragene Wärme ins Formwerkzeug 2 reagieren.

[00129] Analyse des Anstiegsverhaltens: Im Detail ist zu erkennen, dass der Zweigtemperaturverlauf RLT01 am schnellsten auf den Wärmeeintrag reagiert, der Zweigtemperaturverlauf RLT03 als Nächstes reagiert und die Zweigtemperaturverläufe RLT02 und RLT04 am langsamsten (und insgesamt relativ schwach) reagieren.

[00130] Der Zeitpunkt des ersten Anstiegs (hier zweiter Zyklus bei RLT01 und dritter Zyklus bei RLT03) in Form eines zeitlichen Abstands seit dem Beginn der Produktion (Einspritzvorgänge) kann durch an sich bekannte Datenauswerteverfahren automatisch bestimmt werden.

[00131] Die betragsmäßig größte Änderung der Zweigtemperatur tritt bei Temperierzweig K1 auf, gefolgt von K3. Geringere Anstiege treten in den Temperierzweigen K2 und K4 auf (die Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 aus den Fig. 3 sind gleich skaliert).

[00132] Darüber hinaus ist zu erkennen, dass Zweigtemperaturverlauf RLT01 und in etwas geringerem Ausmaß Zweigtemperaturverlauf RLT03 mit den Oszillationen korrelieren, die in den Messwerten H8x und H9x der im Formwerkzeug 2 angeordneten Temperaturfühler 11 auftreten. Das zeigt, dass sich der Einfluss, den ein einzelner Temperierzweig K1 bis K4 auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs 2 hat, deutlich in diesen Messwerten widerspiegelt, was wegen der komplexen Wärmesituation im Formwerkzeug 2 nicht unbedingt zu erwarten ist.

[00133] Analyse des Oszillationsverhaltens: Diese Korrelation der Oszillationen in den Zweigtemperaturverläufen RLT01 bis RLT04 kann mit Hilfe einer Fouriertransformation relativ einfach analysiert werden.

[00134] Die Fouriertransformationen der Messverläufe aus Fig. 3 sind in Fig. 4 dargestellt. Dabei wurde die X-Achse in Einheiten von Vielfachen der Zyklusfrequenz (also die reziproken Werte der Vielfachen der Zykluszeiten) skaliert.

[00135] Deutlich zu erkennen ist, dass sich in Fig. 4 bei den Fouriertransformierten der Zweigtemperaturverläufe RLT01 und RLT03 Maxima beim Einfachen der Zyklusfrequenz ergeben, die außerdem gut mit den entsprechenden Maxima bei den Messwerten H8x und H9x der Temperaturfühler 11 im Werkzeug zusammenpassen.

[00136] Auch Amplituden der Oszillationen in den Zweigtemperaturverläufen RLT01 bis RLT04 können anhand der Messwerte aus Fig. 3 ermittelt und miteinander verglichen werden. Wieder ergibt sich, dass die Amplituden im Bereich der Einfachen Zyklusfrequenz beim Zweigtemperaturverlauf RLT01 am stärksten ausfallen, beim Zweigtemperaturverlauf RLT03 am zweitstärksten und bei den Zweigtemperaturverläufen RLT02 und RLT04 am schwächsten.

[00137] Auch die Maxima der Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 und die Maxima der Fouriertransformierten der Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 lassen sich mit an sich bekannten Datenauswerteverfahren automatisch bestimmen.

[00138] Zu erwähnen ist, dass die Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 jeweils verschiedene hohe Maxima bei etwas mehr als der Hälfte der Zykluszeit aufweisen. Es dürfte sich dabei um Schwankungen handeln, welche in der Temperatur des zugeführten Temperiermediums vorhanden sind. Prinzipiell könnten diese durch Messen der Vorlauftemperatur und Subtraktion der Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RLT04 eliminiert werden.

[00139] Fig. 5 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel der Logik beim Einordnen der Temperierzweige K1 bis K4 in Kategorien (welche mit 1, 2 und 3 durchnummeriert wurden) hinsichtlich des Einflusses auf das Formteil (die Qualität des Formteils).

[00140] Nach der vorbeschriebenen Analyse des Anstiegsverhaltens (Zeitversatz, Anstieg, Wärmestrom), der Amplitude des Oszillationsverhaltens und der Frequenz des Oszillationsverhaltens können die Temperierkreise K1 bis K4 in die drei Kategorien eingeordnet werden (Bewertung Lage Temperierkanal zur Kavität / Einfluss auf das Formteil).

[00141] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wäre beispielsweise der zum Zweigtemperaturverlauf RLT01 gehörige Temperierzweig K1 gemäß allen drei Kriterien (Anstiegsverhalten, Ampli-

tude, Frequenz) jeweils in Kategorie 1 einzuordnen (schnellster Anstieg, größte Amplitude, höchstes Maximum der Fouriertransformation bei der einfachen Zykluszeit).

[00142] Darauf folgen der zum Zweigtemperaturverlauf RLT03 gehörige Temperierzweig K3 in Kategorie 2 und die zu den Zweigtemperaturverläufen RLT02 und RLT04 gehörigen Temperierzweige K2 beziehungsweise K4 in Kategorie 3.

[00143] Demgemäß werden die Temperierzweige K1 bis K4 in die drei Kategorien eingeteilt:

Kategorie 1: Temperierzweig K1
Kategorie 2: Temperierzweig K3
Kategorie 3: Temperierzweige K2 und K4

[00144] Statt einer relativen Kategorisierung (größter Einfluss: Kategorie 1, geringster Einfluss: Kategorie 3) der Temperierzweige K1 bis K4 könnten auch absolute Kriterien für die Einordnung der Temperierzweige K1 bis K4 in die Kategorien herangezogen werden.

[00145] Ein Beispiel wäre,

- diejenigen Temperierzweige K1 bis K4, deren Zeitpunkte des ersten Anstiegs weniger als X_1 Zyklen nach Beginn der Produktion liegen, in Kategorie 1 einzuordnen,
- diejenigen Temperierzweige K1 bis K4, deren Zeitpunkte des ersten Anstiegs mehr als X_1 , aber weniger als X_2 Zyklen nach Beginn der Produktion liegen, in Kategorie 2 einzuordnen, und
- diejenigen Temperierzweige K1 bis K4, deren Zeitpunkte des ersten Anstiegs mehr als X_2 Zyklen nach Beginn der Produktion liegen, in Kategorie 3 einzuordnen,

wobei $X_1 < X_2 < X_3$ ist. Analog könnte das auch für die Amplitude oder die Korrelation mit der Zyklusfrequenz erfolgen.

[00146] Beispiele für die Grenzwerte wären $X_1 = 3$ und $X_2 = 6$.

[00147] Kritische (also für die Qualität des herzustellenden Formteils wichtige) Temperierzweige K1 bis K4 sind zusammenfassend jene, welche große Wärmeströme abführen müssen und/oder welche nahe an der Kavitätenoberfläche sitzen. Die Bewertung erfolgt hinsichtlich

- der Größe der Wärmeströme und/oder durch Amplitude des Wärmestroms im Temperierzweig K1 bis K4 und/oder die Größe der Änderung der Amplitude durch Beginn/Ende Formteilproduktion/Heißkanalschaltung,
- der Nähe zur Kavitätenoberfläche bspw. durch die Änderungsgeschwindigkeit des Wärmestroms in einem Temperierzweig K1 bis K4 (Wie schnell steigt der Wärmestrom in welchem Zweig an?) und den zeitlichen Versatz zum ersten Einspritzen (je kürzer die Zeit, desto näher) und
- der Nähe zur Kavitätenoberfläche bspw. durch Erkennung der einfachen Zyklusfrequenz (Je näher ein Temperierzweig K1 bis K4 an der Formkavität 13 sitzt, desto früher ist die Zyklusfrequenz im Temperierzweig K1 bis K4 erkennbar; je näher ein Temperierzweig K1 bis K4 an der Formkavität 13 sitzt, desto besser ist die Zyklusfrequenz erkennbar; bei letzterem: weniger Störeffekte, Reflexionen, ...)

[00148] Die Kategorien können, wie erwähnt, einerseits auf Basis von vordefinierten Grenzwerten für die angesprochenen unterscheidenden Größen definiert werden, wodurch die Erfindung auch mit einem einzigen Temperierzweig eingesetzt werden kann.

[00149] Besonders bevorzugt können Ausführungsformen sein, wobei ein „kritischster“ Temperierzweig als Referenz für Kategorie 1 verwendet wird und die übrigen Temperierzweige über relative Schranken (beispielsweise in Form von Prozentwerten) definiert werden.

[00150] Der erfindungsgemäßen Kategorisierung der Temperierzweige K1 bis K4 entsprechend können auch die Sollwerte, in diesem Ausführungsbeispiel Soll-Temperaturdifferenzen, vorgegeben werden, nämlich eine geringe Soll-Temperaturdifferenz für Temperierzweig K1, eine mittlere Soll-Temperaturdifferenz für Temperierzweig K3 und eine höhere Soll-Temperaturdifferenz für die Temperierzweige K2 und K4.

[00151] Wie erwünscht, wird dies zu einem höheren Volumenstrom durch den Temperierzweig

K1, einem mittleren Volumenstrom durch Temperierzweig K3 und einem geringeren Volumenstrom durch die Temperierzweige K2 und K4 führen (relativ zu einem maximal möglichen Volumenstrom durch den jeweiligen Temperierzweig). Der sich bei geregelter Temperaturdifferenz ergebende Volumenstrom ist auch abhängig vom eingebrachten Wärmestrom im jeweiligen Temperierzweig.

[00152] Beispielsweise könnten die folgenden Soll-Temperaturdifferenzen für die Kategorien vorgegeben werden:

Kategorie 1	1° C		1° C
Kategorie 2	2° C	oder	3° C
Kategorie 3	3° C		5° C

[00153] Es wäre natürlich auch denkbar, dass Bediener die Soll-Werte auf Basis der Einordnung der Temperierzweige K1 bis K4 in die Kategorien vorgeben.

[00154] Alternativ könnten auch direkt Soll-Volumenströme für die einzelnen Temperierzweige K1 bis K4 bestimmt werden.

[00155] Auch wenn nicht direkt Sollwerte für die Steuerung oder Regelung der Temperiermedienströme durch die Temperierzweige K1 bis K4 vorgegeben werden, ergeben sich für Bediener wichtige Informationen aus dem erfindungsgemäßen Verfahren, einfach indem dadurch die für die Qualität der herzustellenden Formteile kritischen Temperierzweige K1 bis K4 bekannt werden, was im Foto aus Fig. 6 verdeutlicht ist (das Erkennen von Temperierzweigen K1 bis K4 mit größerem Einfluss auf einen Abschnitt 3 des Formwerkzeugs 2 mit einem Heißkanalsystem 14 ist in Verbindung mit Fig. 9 beschrieben). Fig. 6 könnte also als einfache Darstellung des Ergebnisses der Erfindung betrachtet werden.

[00156] Tritt ein Fehler in einem kritischen bzw. kavitätstagen Kreis (Kategorie 1) auf, ist dem Bediener durch die Erkenntnisse aus der Anwendung der Erfindung klar, dass dieser Fehler unmittelbar Einfluss auf die Qualität seines Formteils haben kann.

[00157] Mögliche Aktionen können durch die Steuereinheit ausgelöste Fehlermeldungen oder ein Produktionsstopp der Maschine sein.

[00158] Ein unkritischer Kreis (Kategorie 3) kann im Fehlerfall anders behandelt werden. Die Steuereinheit kann beispielsweise nur eine Hinweismeldung auslösen, jedoch keinen sofortigen Produktionsstopp durchführen.

[00159] Wenn beispielsweise nur Handventile zum Einstellen von Drosseln für die einzelnen Temperierzweige K1 bis K4 vorliegen, können Bediener diese Handventile auf Basis der erwähnten Kategorisierung sinnvoll einstellen (bspw. vollständig geöffnet für Temperierzweig K1, mittlerer Öffnungsgrad für Temperierzweig K3 und geringer Öffnungsgrad für die Temperierzweige K2 und K4).

[00160] In jedem Fall kann eine bessere Temperierung des Formwerkzeugs 2 hinsichtlich der Qualität der Formteile und eine intelligente Aufteilung des begrenzt vorhandenen Temperiermediums erreicht werden.

[00161] Fig. 7 veranschaulicht den prinzipiellen physikalischen Zusammenhang, mittels dessen erfindungsgemäß der Einfluss der Temperierzweige K1 bis K4 auf den Wärmehaushalt des Formwerkzeugs 2 und damit der Qualität der herzustellenden Formteile bestimmt werden kann.

[00162] Ordnet man Temperaturfühler 11 in einem Formwerkzeug 2 in bestimmten Abständen (siehe Positionen P1 bis P3 in Fig. 8) von einer Formkavität oder einem Formnest 13 an, ergeben sich die im Diagramm der Fig. 8 rechts dargestellten Temperaturprofile T1 bis T3.

[00163] Dabei ist die Position P3 an der Kavitätswand, Position P2 befindet sich in einem gewissen Abstand dazu im Formwerkzeug 2 und Position P1 in einem noch etwas größeren Abstand. Durch die Formmasse 12, welche in das Formnest / die Formkavität 13 eingebracht wird, ergibt sich an Position P3 ein steiles Temperaturprofil T3 mit charakteristischer Form (periodische Schwingung). Der Vergleich mit den Temperaturprofilen T2 und T1 zeigt, dass sich die steile und

charakteristische Form in ihrer Amplitude schnell abschwächt und sich die charakteristische Form durch die im Vergleich zum Formgebungszyklus trägere Wärmeausbreitung signifikant verändert. Ein zentraler Aspekt der Erfindung ist die Erkenntnis, dass durch systematische Analyse trotzdem reproduzierbar erkannt werden kann, welche Temperierzweige K1 bis K4 im Wärmehaushalt des Formwerkzeugs 2 welche Rolle spielen. Je näher ein Kreis an der Kavitätenoberfläche liegt, desto stärker ausgeprägt sind die betrachteten Charakterisierungsmerkmale.

[00164] Das heißt, ein Temperierzweig im Abstand P1 hätte gegenüber einem Temperierzweig im Abstand P2 schon wesentlich weniger Einfluss auf das Formteil aufgrund der größeren Entfernung. Infolgedessen könnte dort der Volumenstrom reduziert werden, insbesondere die Temperaturdifferenz erhöht werden.

[00165] Ein Vorteil der Erfindung ist, dass keine Temperaturfühler im Werkzeug verbaut sein müssen, um zu erkennen ob ein Temperierzweig nahe der Kavität platziert ist, sondern der Temperaturverlauf im Temperiermedium für die Kategorisierung verwendet werden kann. Somit können beliebige Werkzeuge, unabhängig von darin verbauter Sensorik, kategorisiert werden.

[00166] Zusammenfassend spielen insbesondere folgende physikalische Effekte beim Wärmehaushalt des Formwerkzeugs 2 eine signifikante Rolle:

- Zyklische Schwingung des Wärmestroms (bzw. der Oberflächentemperatur) durch den Formgebungsprozess (Spritzgießprozess) an der Kavitätenoberfläche
- Fortpflanzung der thermischen Welle im Werkzeugstahl
- Die Amplitude thermischer Wellen erhöht sich durch Steigerung des eingebrachten Wärmestroms pro Fläche oder Verringerung der Frequenz (beides ist beispielsweise beim Spritzgießen in etwa konstant)
- Abklingende Amplitude des Wärmestroms mit zunehmender Entfernung, Dämpfung durch Werkzeugstahl
- Daraus folgend hoher Wärmestrom an Temperierzweigen K1 bis K4 an Stellen, an denen hoher Wärmestrom eingebracht wird
- Der Wärmestrom benötigt Zeit, um sich im Formwerkzeug 2 auszubreiten
- Der Wärmestrom ist daher an jenen Temperierzweigen K1 bis K4 früher messbar, welche nahe an den Formkavitäten 13 sitzen
- Die Zyklusfrequenz (oder Zykluszeit) ist daher erkennbar am Wärmestrom im Temperierzweig K1 bis K4

[00167] Außerdem ist diese Frequenz oder der Anstieg des Wärmestroms früher erkennbar, wenn der Temperierzweig K1 bis K4 nahe an der Formkavität 13 sitzt.

[00168] Bei konstantem Volumenstrom kann anstatt des Wärmestroms die Temperaturdifferenz im Temperierzweig herangezogen werden. Bei zusätzlich konstanter Vorlauftemperatur kann die Ablauftemperatur des Temperierzweiges herangezogen werden.

[00169] Die Erfindung kann auch bei Heizkanalsystemen eingesetzt werden (siehe Fig. 9). Heizkanalsysteme besitzen in der Regel eine eigene Temperatur-/Leistungs-Regelung. Regelgröße ist normalerweise die Temperatur einer Heizkanalzone. Der Heizkanal kann jedoch nur beheizt werden (Stellgrad für Heizleistung). Für die Regelung und Wärmeabfuhr ist die Kühlung durch das Medium in den angrenzenden Temperierzweigen erforderlich. Ohne ausreichende Kühlung kann die Zone überhitzen. Da das Heizkanalsystem eine eigene Regelung besitzt, stellt sich bei ausreichend vorhandener Kühlung eine stabile Temperatur ein.

[00170] Denkbar wäre es, die Information über einen ausreichend vorhandenen Temperiermedien-Volumenstrom in den durch die Erfindung ermittelten Temperierzweigen mit Relevanz für den Heizkanal zu verwenden, um das Einschalten oder Absenken/Ausschalten der Heizkanalzone freizugeben/zu veranlassen.

[00171] Ein einfaches Beispiel: Ist der Temperierzweig relevant für die Heizkanalzone und es fließt zu wenig Wasser (weil z.B. vergessen wurde den Temperierzweig einzuschalten oder eine Verstopfung im Temperierzweig vorhanden ist), kann das Einschalten der Heizkanalzone (bzw. des gesamten Heizkanalsystems) verhindert werden oder eine Abschaltung oder zumindest eine

Absenkung auf eine unkritische Temperatur eingeleitet werden. Natürlich kann dies auf Basis der gefundenen Beziehung zwischen Heißkanal und Temperierzweigen geschehen.

[00172] Ist der Heißkanal mit seiner Stellgröße am unteren Limit und kann die Soll-Temperatur trotzdem nicht erreicht werden (Heißkanal droht zu überhitzen), kann der Volumenstrom im betreffenden Temperierzweig erhöht werden um einen höheren Wärmestrom abzuführen und die Regelung zu ermöglichen. Ist der Heißkanal mit dem Stellgrad am oberen Limit (kommt also nicht auf die gewünschte Temperatur hinauf), kann der Volumenstrom reduziert werden, damit weniger Wärme abgeführt wird und ein Aufheizen möglich wird.

[00173] Fig. 8 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung einer Formgebungsmaschine 10 (hier beispielhaft eine Spritzgießmaschine) mit einer erfindungsgemäßen Temperiervorrichtung 1.

[00174] Das Formwerkzeug 2 ist in der Formgebungsmaschine 10 aufgespannt. Durch das Formwerkzeug 2 führen Temperierzweige K1 bis K4, welche in diesem Ausführungsbeispiel strömungstechnisch parallel geschaltet sind.

[00175] Zu erwähnen ist, dass als Temperierzweige K1 bis K4 im eigentlichen Sinn nur diejenigen Leitungsabschnitte zu verstehen sind, die innerhalb des Formwerkzeugs 2 vorhanden sind und dadurch aktiv am Wärmehaushalt des Formwerkzeugs 2 teilnehmen (die Anordnung der Bezugszeichen ist der Übersichtlichkeit der Darstellung geschuldet).

[00176] Übrige Schlauch- und Leitungsabschnitte (Zulauf/Vorlauf einerseits und Ablauf/Rücklauf andererseits), die von und zur Temperiervorrichtung 1 führen, sind natürlich in fast allen Fällen trotzdem vorhanden, beeinträchtigen das erfindungsgemäße Verfahren aber praktisch nicht.

[00177] Die erfindungsgemäße Temperiervorrichtung 1 beinhaltet zunächst eine Fördervorrichtung 7 zum Erzeugen des Volumenstroms, der durch die Temperierzweige K1 bis K4 gefördert wird.

[00178] Danach ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Temperatursensor 6 vorgesehen, um den Temperaturverlauf des zugeführten Mediums zu messen. Besonders wenn die Temperierzweige K1 bis K4, wie hier, aus einem gemeinsamen Zulauf gespeist werden und die Zulauftemperatur einigermaßen konstant ist, muss dieser Temperatursensor 6 im Vorlauf aber nicht notwendigerweise vorhanden sein.

[00179] Die Fördervorrichtung 7 kann sich auch in räumlicher Entfernung zur Temperiervorrichtung befinden.

[00180] Darauf folgen Aktuatoren 4 (hier elektrisch oder elektronisch ansteuerbare Drosseln mit einstellbarem Drosselgrad) zum Beeinflussen der Volumenströme durch die einzelnen Temperierzweige K1 bis K4. Diese könnten im Übrigen auch strömungstechnisch nach dem Formwerkzeug 2 in den Temperierzweigen K1 bis K4 verbaut sein.

[00181] Nachdem die Temperiermedienströme das Formwerkzeug 2 durchlaufen, werden sie wieder zurück zur Temperiervorrichtung 1 zurückgeführt. An dieser Stelle sind individuell für die Temperiermedienströme Volumenstromsensoren 17 und weitere Temperatursensoren 6 vorgesehen, mittels derer die Volumenströme durch die Temperierzweige K1 bis K4 und die Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RTL04 gemessen werden können. Für die Verwendung im erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass die vom im Vorlauf angeordneten Temperatursensor 6 aufgenommenen Messwerte von den Messwerten der anderen Temperatursensoren 6 subtrahiert werden und die Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RTL04 in dieser Form als Temperaturdifferenz verwendet werden, um mögliche Temperaturschwankungen im Vorlauf zu eliminieren. Wie erwähnt, ist dies nicht in allen Fällen notwendig.

[00182] Grundsätzlich können bei der erfindungsgemäßen Kategorisierung der Temperierzweige K1 bis K4 auch die Messwerte der Volumenstromsensoren 17 berücksichtigt werden.

[00183] Die Recheneinheit 5 ist signaltechnisch mit den Temperatursensoren 6 zum Messen der Zweigtemperaturverläufe RLT01 bis RTL04 verbunden, vorzugsweise auch mit der zentralen Maschinensteuerung 9, beispielsweise um Informationen über die Zykluszeit und den Beginn der

Produktion und/oder des Zuführens der Formmasse 12 zum zumindest einen Abschnitt 3 des Formwerkzeugs 2 zu erhalten.

[00184] Die Recheneinheit 5 ist zum Durchführen des vorbeschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet. Insbesondere ist in diesem Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass die Recheneinheit 5 auf Basis des erfindungsgemäßen Verfahrens automatisch Soll-Temperaturdifferenzen individuell für die einzelnen Temperierzweige K1 bis K4 vorgibt.

[00185] Des Weiteren verfügt die Temperiervorrichtung 1 in diesem Ausführungsbeispiel über eine Steuer- oder Regeleinrichtung 8, die signaltechnisch ebenfalls mit den Temperatursensoren 6, den Volumenstromsensoren 17 sowie den Aktuatoren 4 verbunden ist, um eine an sich bekannte Steuerung oder Regelung nach der Temperaturdifferenz der einzelnen Temperierzweige K1 bis K4 durchzuführen.

[00186] Darüber hinaus ist in diesem Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass die Steuer- oder Regeleinrichtung 8 auf Basis der Temperaturdifferenzregelung eine unterlagerte Steuerung oder Regelung der Volumenströme durch die Temperierzweige K1 bis K4 durchführt, wofür die Aktuatoren 4 entsprechend angesteuert werden.

[00187] Die Steuer- oder Regeleinrichtung 8 kann mit der Recheneinheit 5 (und/oder der zentralen Maschinensteuerung) signaltechnisch verbunden sein, beispielsweise um die erfindungsgemäß vorgegebenen Sollwerte zu erhalten oder ein Signal zu empfangen, dass die Aktuatoren 4 für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gleichgestellt, insbesondere vollständig geöffnet, werden und/oder die Steuerung oder Regelung für die Dauer des erfindungsgemäßen Verfahrens auszusetzen ist.

[00188] Signaltechnische Verbindungen sind in Fig. 8 nicht dargestellt, um die Übersichtlichkeit der Darstellung zu wahren.

[00189] Die Recheneinheit 5 kann mit der zentralen Maschinensteuerung 9 der Formgebungsmaschine 10 und/oder der Steuer- oder Regeleinrichtung 8 der Temperiervorrichtung 1 integral ausgeführt sein.

[00190] Fig. 9 zeigt schematisch den Aufbau eines Formwerkzeugs 2 (Spritzgießwerkzeug) mit einem Heißkanalsystem 14. Beim normalen Betrieb wird ein plastifizierter Kunststoff als Formmasse 12 beim Einspritzvorgang durch das Heißkanalsystem weiter durch die Heißkanaldüsen 15 und schließlich in die Formkavität 13 befördert.

[00191] Durch das erfindungsgemäße Verfahren können jene Temperierzweige K1 bis K4 (in Fig. 9 ist nur einer der Temperierzweige mit einem Bezugszeichen versehen) identifiziert werden, die eine stärkere Wärmekopplung an das Heißkanalsystem 14 aufweisen.

[00192] Dazu werden einige der Heißkanaldüsen 15 geschlossen und somit nur jener Abschnitt 3 des Formwerkzeugs 2 mit Formmasse 12 gefüllt, die in der Nähe der geöffneten Heißkanaldüsen 15 liegen. Durch Analyse des Anstiegsverhaltens der Zweigtemperaturverläufe wird sich ergeben, dass diejenigen Temperierzweige K1 bis K4, welche in Fig. 10 rechts der Formkavität 13 liegen, einen höheren Einfluss auf den Wärmehaushalt des Abschnitts 3 (also der Umgebung des Heißkanalsystems 14) des Formwerkzeugs 2 haben als jene, die in Fig. 10 links der Formkavität 13 liegen. Es kann also mit der Erfindung erkannt werden, welche der Vielzahl der Temperierzweige K1 bis K4 nahe am Heißkanalsystem 14 sind und welche nicht.

[00193] Dies könnte sogar dazu eingesetzt werden, Serien- und/oder Parallelschaltungen in Heißkanalsystemen 14 zu erkennen.

[00194] Ein schrittweises Einschalten von Heizzonen des Heißkanalsystems 14 kann außerdem auch diesbezüglich eine genaue Zuordnung ermöglichen.

[00195] Wie bereits erwähnt, könnte als Abschnitt 3 eines Formwerkzeugs 2 mit mehreren Formnestern 13 auch nur ein einziges Formnest 13 oder eine Gruppe von Formnestern 13 untersucht werden.

[00196] Auf ähnliche Weise kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erkannt werden, wel-

che Temperierzweige K1 bis K4 in der Nähe eines Spritzaggregats und/oder einer Einspritzdüse einer Spritzgießmaschine angeordnet sind.

[00197] Letztlich könnte das erfindungsgemäße Verfahren auch beim Aufbau eines virtuellen thermischen Werkzeugmodells verwendet werden, indem bei Simulationen Analysen eines Oszillationsverhalten und/oder eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens durchgeführt werden. Die folgenden Objekte würden dann als virtuelle Objekte vorliegen: die Temperiervorrichtung 1 und/oder das Formwerkzeug 2 und/oder die Aktuatoren 4 und/oder die Temperatursensoren 6 und/oder die Fördervorrichtung 7 und/oder die Formgebungsmaschine 10 und/oder die Temperaturfühler 11 und/oder die Formmasse 12 und/oder die Formkavität/das Formnest 13 und/oder das Heißkanalsystem 14 und/oder die Heißkanaldüse 15 und/oder der Auswerfer 16 und/oder die Temperierzweige K1-K4.

[00198] Die gemessenen Kenngrößen der Temperierzweige des realen Werkzeugs können auch mit diesen berechneten Kenngrößen der Temperierzweige eines Werkzeug-Modells aus einer Spritzgieß-Simulation verglichen werden. Das charakteristische thermische Verhalten der einzelnen Temperierzweige kann mit den Ergebnissen der Simulation verglichen werden um eine Zuordnung zwischen den Kreisen der Temperiervorrichtung (realer Aufbau an der Maschine) und den Kreisen des Simulationsmodells zu erzeugen. Anhand dieser Zuordnung können beispielsweise in der Simulation oder in einem Datensatz vorhandene Sollwerte (z.B. Volumenstrom oder Temperaturdifferenz) für die entsprechenden Temperierzweige richtig gesetzt werden oder die korrekte Verschlauchung der Kreise geprüft werden.

BEZUGSZEICHENLISTE:

Temperiervorrichtung 1
Formwerkzeug 2
zumindest ein Abschnitt 3 (des Formwerkzeugs)
Aktuatoren 4
Recheneinheit 5
Temperatursensoren 6
Fördervorrichtung 7
Steuer- oder Regeleinheit 8
Zentrale Maschinensteuerung 9
Formgebungsmaschine 10
Temperaturfühler 11 (im Formwerkzeug)
Formmasse 12
Formkavität/Formnest 13
Heißkanalsystem 14
Heißkanaldüse 15
Auswerfer 16
Volumenstromsensoren 17

Temperierzweige K1-K4
Zweigtemperaturverläufe RLT01-RLT04
Positionen P1-P3
Temperaturverläufe T1-T3

Patentansprüche

1. Verfahren zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs (K1-K4) eines Formwerkzeugs (2) nach einem Einfluss auf einen Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts des Formwerkzeugs (2), wobei die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:
 - in Produktionszyklen ablaufende Produktion von Formteilen mittels des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug (2) und/oder zyklisches Aktivieren einer Heizvorrichtung unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug (2),
 - Fördern von Temperiermedium durch den zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme,
 - Messen zumindest eines zeitlichen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) des Temperiermediums im zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) über mehrere Produktionszyklen hinweg,
 - Analyse eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, über mehrere Produktionszyklen hinweg, und
 - Einordnen des zumindest einen Temperierzweigs (K1-K4) in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) auf Basis des Oszillationsverhaltens.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme Temperiermedium durch Temperierzweige (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) gefördert wird, zeitliche Zweigtemperaturverläufe (RLT01-RLT04) des Temperiermediums in den Temperierzweigen (K1-K4) über mehrere Produktionszyklen hinweg gemessen werden, welche Zweigtemperaturverläufe (K1-K4) wegen unterschiedlich starker und/oder schneller Wärmeübertragung der ins Formwerkzeug (2) eingetragenen Wärme auf den jeweiligen Temperierzweig (K1-K4) unterschiedlichen Schwankungen unterliegen, im Oszillationsverhalten auftretende Unterschiede zwischen den Zweigtemperaturverläufen (RLT01-RLT04) und/oder der aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe der Temperierzweige (K1-K4) festgestellt werden und die Temperierzweige (K1-K4) auf Basis der Unterschiede im Oszillationsverhalten nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) in jeweils eine der zumindest zwei Kategorien eingeordnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen der Analyse des Oszillationsverhaltens eine Amplitude, eine Frequenz und/oder eine Periodendauer des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) und/oder der daraus abgeleiteten Größe bestimmt wird und gegebenenfalls zum Feststellen der Unterschiede im Oszillationsverhalten verwendet wird.
4. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs eines Formwerkzeugs (2) nach einem Einfluss auf einen Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2), wobei die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:
 - Zuführen einer Formmasse (12) zumindest zum Abschnitt (3) des Formwerkzeugs (2) unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug (2) und/oder Aktivieren einer Heizvorrichtung unter Eintrag von Wärme ins Formwerkzeug (2),
 - Fördern von Temperiermedium durch den zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme,
 - Messen von zumindest einem zeitlichen Zweigtemperaturverlauf (RLT01-RLT04) des Temperiermediums im zumindest einen Temperierzweig (K1-K4),
 - Analyse eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, und
 - Einordnen des zumindest einen Temperierzweigs (K1-K4) in zumindest zwei Kategorien

nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) auf Basis des Anstiegs- oder Abfallverhaltens.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Abführen zumindest eines Teils der eingetragenen Wärme Temperiermedium durch Temperierzweige (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) gefördert wird, zeitliche Zweigtemperaturverläufe (RLT01-RLT04) des Temperiermediums in den Temperierzweigen (K1-K4) gemessen werden, welche Zweigtemperaturverläufe (K1-K4) wegen unterschiedlich starker und/oder schneller Wärmeübertragung der ins Formwerkzeug (2) eingetragenen Wärme auf den jeweiligen Temperierzweig (K1-K4) unterschiedlichen Schwankungen unterliegen, im Anstiegs- oder Abfallverhalten auftretende Unterschiede zwischen den Zweigtemperaturverläufen (RLT01-RLT04) und/oder der aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe der Temperierzweige (K1-K4) festgestellt werden und die Temperierzweige (K1-K4) auf Basis der Unterschiede im Anstiegs- oder Abfallverhalten nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) in jeweils eine der zumindest zwei Kategorien eingeordnet werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rahmen der Analyse des Anstiegsverhaltens ein Zeitpunkt des ersten über einem Schwellwert liegenden Anstiegs des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) bestimmt wird und gegebenenfalls zum Feststellen der Unterschiede im Anstiegsverhalten verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Sollwert zum Steuern oder Regeln von durch den zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) gefördertem Temperiermediestrom auf Basis der Kategorie des zumindest einen Temperierzweigs (K1-K4) festgelegt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als zumindest ein Sollwert zumindest eine Soll-Temperaturdifferenz zwischen einer Zulauftemperatur und einer Ablauftemperatur des zumindest einen Temperierzweigs (K1-K4) verwendet wird, wobei vorzugsweise die Soll-Temperaturdifferenzen für Temperierzweige (K1-K4) mit größerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) betragsmäßig geringer als die Soll-Temperaturdifferenzen für Temperierzweige (K1-K4) mit geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) festgelegt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass als zumindest ein Sollwert zumindest ein Soll-Volumenstrom verwendet wird, wobei vorzugsweise die Soll-Volumenströme für Temperierzweige (K1-K4) mit größerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) relativ zu einem maximal erreichbaren Volumenstrom größer gewählt werden als bei Temperierzweigen (K1-K4) mit geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest einen Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2).
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Aktuatoren (4) zum gesteuerten oder geregelten Beeinflussen von durch den zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) gefördertem Temperiermediestrom zu Beginn des Verfahrens gleichgestellt werden, insbesondere vollständig geöffnet werden.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Temperierzweige verwendet werden und die Aktuatoren (4) zum gesteuerten oder geregelten Beeinflussen von durch die Temperierzweige (K1-K4) geförderten Temperiermedienströmen zu Beginn des Verfahrens so eingestellt werden, dass die Temperiermedienströme durch die Temperierzweige (K1-K4) gleichgestellt sind.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Zweigtemperaturverlauf (RLT01-RLT04) in Form eines zeitlichen Verlaufs zumindest einer Temperaturdifferenz zwischen einer Zulauftemperatur und einer Ablauftemperatur des zumindest einen Temperierzweigs (K1-K4) verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Temperierzweig (K1-K4) in eine von zumindest drei Kategorien eingeordnet wird, welche zumindest drei Kategorien zumindest eine Kategorie großen Einflusses auf den Wärmehaushalt des Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2), zumindest eine Kategorie mittleren Einflusses auf den Wärmehaushalt des Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) sowie zumindest eine Kategorie geringen Einflusses auf den Wärmehaushalt des Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) beinhalten.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einer der Verfahrensschritte des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche von einer Recheneinheit (5) automatisch durchgeführt wird.
15. Temperiervorrichtung zum Temperieren eines Formwerkzeugs (3), insbesondere eingerichtet zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit
 - einer Fördervorrichtung (7) zum Fördern von Temperiermedium durch zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) des Formwerkzeugs (3),
 - einer Recheneinheit (5) und
 - zumindest einem mit der Recheneinheit (5) signaltechnisch verbundenen Temperatursensor (6), welcher zum Messen zumindest eines zeitlichen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) des Temperiermediums im zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) eingerichtet ist,**dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinheit (5) dazu eingerichtet ist,
 - eine Analyse eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01- RLT04) und/oder einer aus dem zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, vorzugsweise über mehrere Produktionszyklen hinweg, durchzuführen und
 - den zumindest einen Temperierzweig auf Basis des Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder des Oszillationsverhaltens in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) einzuordnen.
16. Temperiervorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Temperierzweige (K1-K4) und mehrere Temperatursensoren (6) vorgesehen sind und die Recheneinheit (5) dazu ausgebildet ist, im Oszillationsverhalten und/oder im Anstiegs- oder Abfallverhalten auftretende Unterschiede zwischen den Zweigtemperaturverläufen (RLT01-RLT04) der Temperierzweige (K1-K4) festzustellen und die Temperierzweige auf Basis der festgestellten Unterschiede im Anstiegs- oder Abfallverhalten und/oder im Oszillationsverhalten nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) in jeweils eine der zumindest zwei Kategorien einzuordnen.
17. Formgebungsmaschine mit einer Temperiervorrichtung (1) nach Anspruch 15 oder 16, wobei die Formgebungsmaschine (10) vorzugsweise zum Produzieren von Formteilen in Formgebungszyklen ausgebildet ist.
18. Computerprogrammprodukt zum Klassifizieren zumindest eines Temperierzweigs (K1-K4) eines Formwerkzeugs (2) nach einem Einfluss auf einen Wärmehaushalt zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2), insbesondere zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, mit Instruktionen, die einen ausführenden Computer dazu veranlassen,
 - Messwerte in Form zumindest eines zeitlichen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01-RLT04) eines durch zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) geförderten Temperiermediums entgegenzunehmen, wobei die Messwerte vorzugsweise über mehrere Produktionszyklen hinweg vorliegen,
 - eine Analyse eines Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder eines Oszillationsverhaltens des zumindest einen Zweigtemperaturverlaufs (RLT01- RLT04) und/oder einer aus dem

- zumindest einen Zweigtemperaturverlauf abgeleiteten Größe, insbesondere zumindest eines Zweigwärmestroms, vorzugsweise über mehrere Produktionszyklen hinweg, durchzuführen und
- den zumindest einen Temperierzweig (K1-K4) auf Basis des Anstiegs- oder Abfallverhaltens und/oder des Oszillationsverhaltens in eine von zumindest zwei Kategorien nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) einzuordnen.
19. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Instruktionen den ausführenden Computer dazu veranlassen,
- die Messwerte in Form von Zweigtemperaturverläufen (RLT01-RLT04) des durch Temperierzweige (K1-K4) des Formwerkzeugs (2) geförderten Temperiermediums entgegenzunehmen, welche Zweigtemperaturverläufe (RLT01-RLT04) wegen unterschiedlich starker und/oder schneller Wärmeübertragung von ins Formwerkzeug (2) eingetragener Wärme auf den jeweiligen Temperierzweig (K1-K4) unterschiedlichen Schwankungen unterliegen,
 - im Oszillationsverhalten und/oder im Anstiegs- oder Abfallverhalten auftretende Unterschiede zwischen den Zweigtemperaturverläufen (RLT01-RLT04) der Temperierzweige (K1-K4) festzustellen und
 - die Temperierzweige (K1-K4) auf Basis der festgestellten Unterschiede im Anstiegs- oder Abfallverhalten und/oder im Oszillationsverhalten nach größerem und/oder geringerem Einfluss auf den Wärmehaushalt des zumindest eines Abschnitts (3) des Formwerkzeugs (2) in jeweils eine der zumindest zwei Kategorien einzuordnen.
20. Computerlesbares Speichermedium, auf dem ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 18 oder 19 gespeichert ist.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

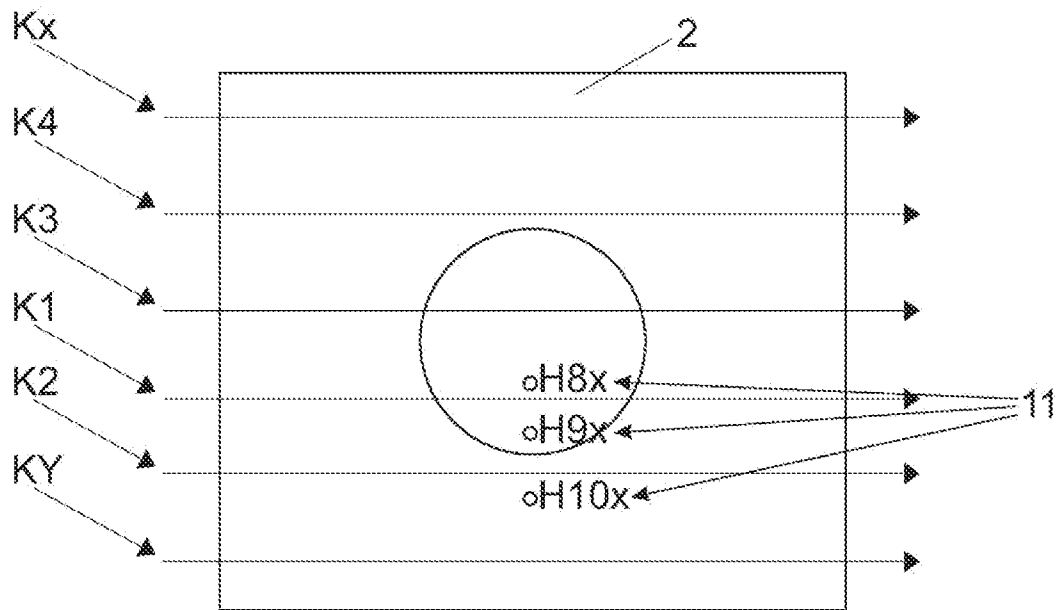


Fig. 2

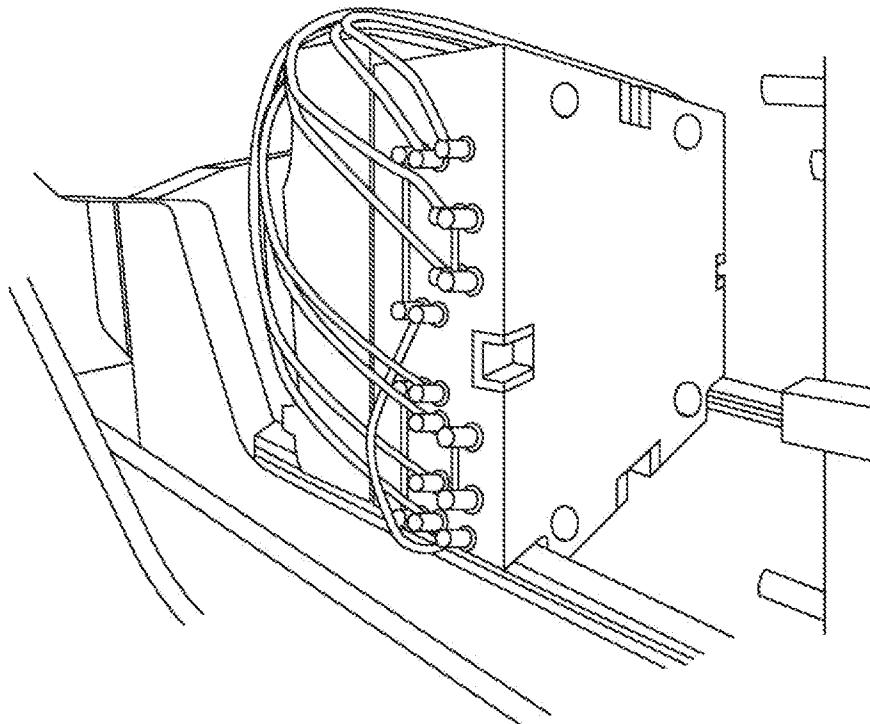


Fig. 3

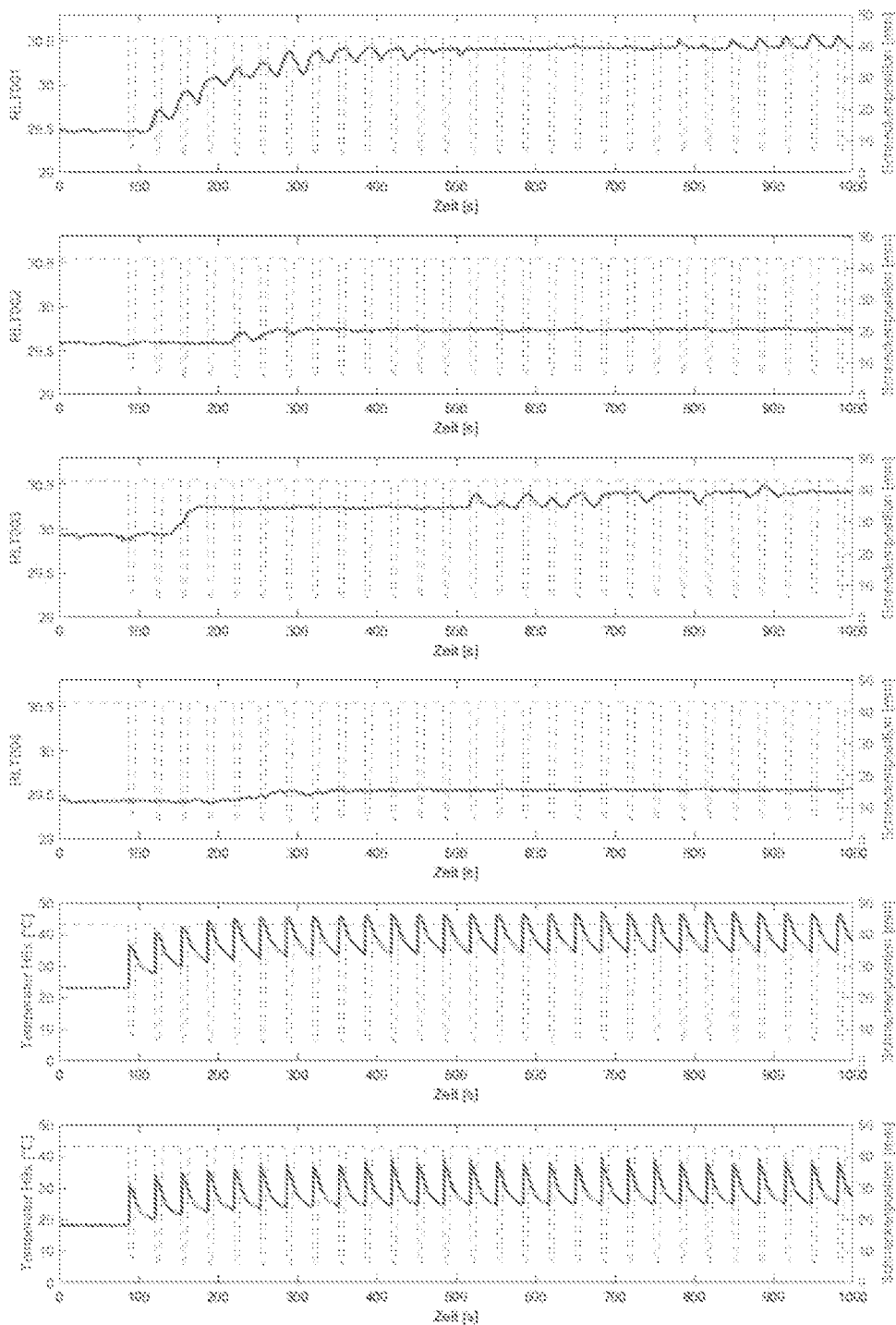


Fig. 4

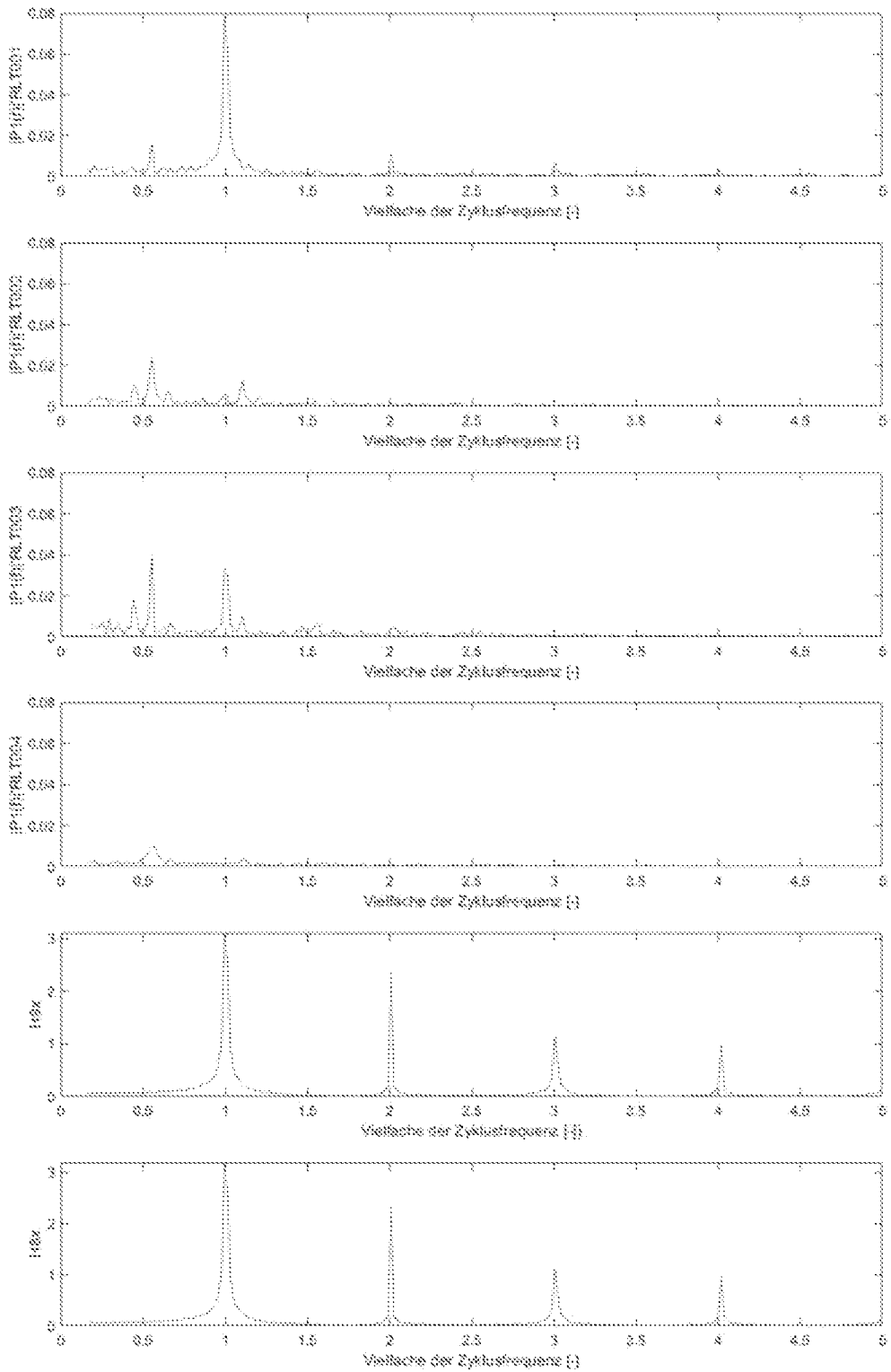


Fig. 5

	Kategorie		
Messung am Temperierkreis	1	2	3
Zeitversatz Anstieg Wärmestrom zum Start des Produktionsprozesses/Start Einspritzen	Kurz	mittel	Lang
Amplitude des Wärmestroms	Hoch	Mittel	niedrig
Wiedererkennung Zyklusfrequenz im Wärmestrom nach Start des Produktionsprozesses/Start Einspritzen	Rasch	Später	Nicht
Resultierende Bewertung	1	2	3
Bewertung: Lage Temperierkanal zur Kavität bzw. Einfluss auf das Bauteil	Nahe bzw. hoch	Mittel bzw. mittel	Fern bzw. wenig
Sollwert Temperaturdifferenz (automatisch ermittelt)	Niedrig	Mittel	hoch
resultierender Durchfluss	Hoch	Mittel	niedrig

Fig. 6

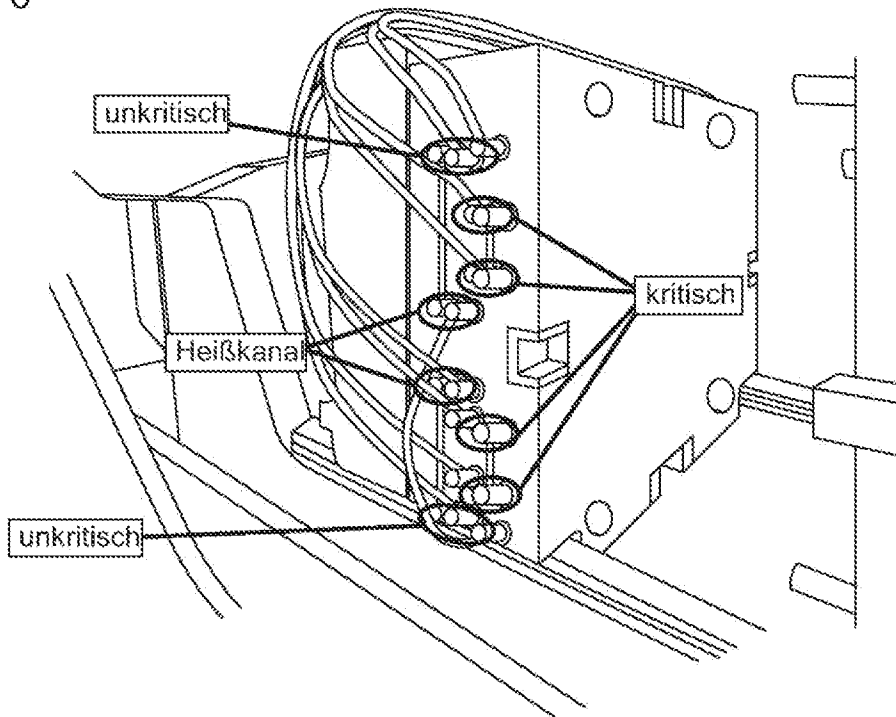


Fig. 7

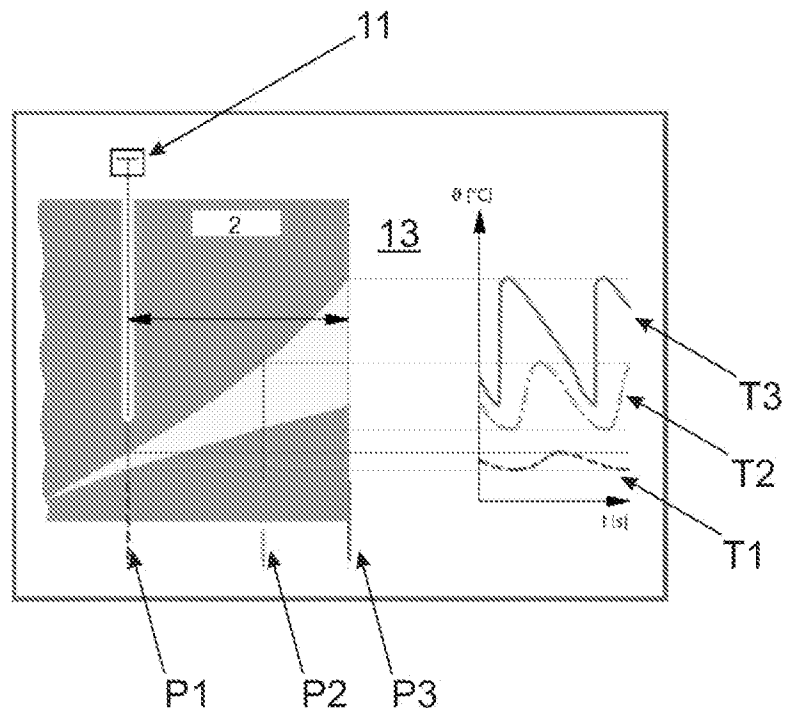


Fig. 8

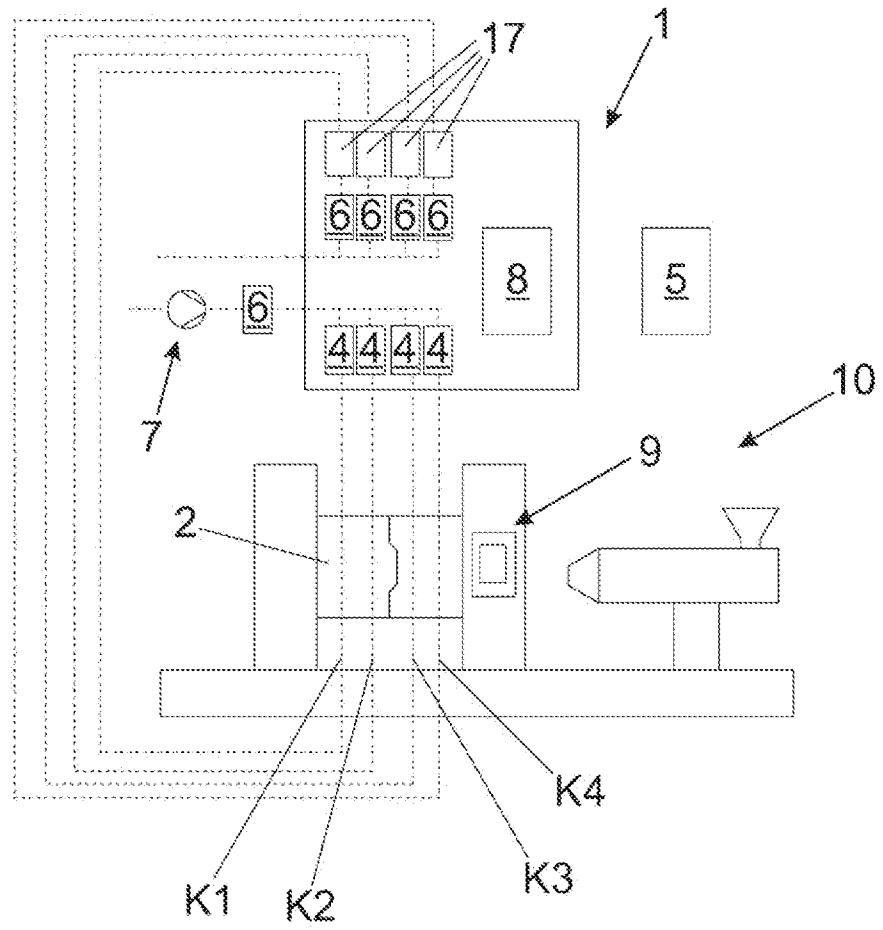


Fig. 9

