

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50723/2018
(22) Anmeldetag: 24.08.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2020

(51) Int. Cl.: **G01N 29/04** (2006.01)
B29C 48/92 (2019.01)
B29C 45/76 (2006.01)

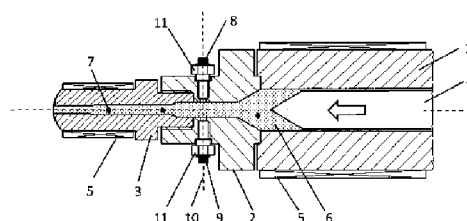
(56) Entgegenhaltungen:
EP 2179835 A1
WO 0196854 A2
US 4509360 A
WO 8505449 A1
US 2017021548 A1
JP H0275110 A

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

(74) Vertreter:
Torggler Paul Mag. Dr.
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Verfahren zum Erfassen von Inhomogenitäten in Schmelzen**

(57) Verfahren zum Erfassen von Inhomogenitäten in Schmelzen, insbesondere Kunststoffschmelzen, wobei zumindest ein erstes Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass es zumindest teilweise durch ein erstes Schmelzevolumen hindurchtritt, das durch das erste Schmelzevolumen hindurchgetretene zumindest eine erste Ultraschallsignal unter Erzeugung zumindest eines ersten Messsignals gemessen wird, zumindest ein zweites Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass es zumindest teilweise durch ein zweites, vom ersten Schmelzevolumen verschiedenes Schmelzevolumen hindurchtritt, das durch das zweite Schmelzevolumen hindurchgetretene zumindest eine zweite Ultraschallsignal unter Erzeugung zumindest eines zweiten Messsignals gemessen wird, wobei das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal hinsichtlich einer Amplitude und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe einerseits und/oder einer Laufzeit und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe andererseits verglichen werden und auf Basis des Vergleichs zwischen Fremdobjekten und nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen als Inhomogenitäten in der Schmelze unterschieden wird.



Zusammenfassung

Verfahren zum Erfassen von Inhomogenitäten in Schmelzen, insbesondere Kunststoffschmelzen, wobei zumindest ein erstes Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass es zumindest teilweise durch ein erstes Schmelzevolumen hindurchtritt, das durch das erste Schmelzevolumen hindurchgetretene zumindest eine erste Ultraschallsignal unter Erzeugung zumindest eines ersten Messsignals gemessen wird, zumindest ein zweites Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass es zumindest teilweise durch ein zweites, vom ersten Schmelzevolumen verschiedenes Schmelzevolumen hindurchtritt, das durch das zweite Schmelzevolumen hindurchgetretene zumindest eine zweite Ultraschallsignal unter Erzeugung zumindest eines zweiten Messsignals gemessen wird, wobei das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal hinsichtlich einer Amplitude und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe einerseits und/oder einer Laufzeit und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe andererseits verglichen werden und auf Basis des Vergleichs zwischen Fremdobjekten und nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen als Inhomogenitäten in der Schmelze unterschieden wird.

(Fig. 3)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erfassen von Inhomogenitäten in Schmelzen, insbesondere Kunststoffschmelzen, gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Erfassen von Abweichungen von Zustandsgrößen von Schmelzen bei einem in Formgebungszyklen durchgeführten Formgebungsprozess. Die Erfindung betrifft außerdem die Verwendung eines Plastifizieraggregats für eine Formgebungsmaschine und/oder eine Formgebungsmaschine.

Unter Formgebungsmaschinen können beispielsweise Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen, Gießmaschinen, Druckgussmaschinen und dergleichen verstanden werden. Dem entsprechend können unter Formgebungsverfahren beispielsweise Spritzgießprozesse, Spritzpressprozesse, Pressvorgänge, Gießprozesse, Druckgussprozesse und dergleichen verstanden werden.

Im Folgenden werden Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse in Bezug auf Spritzgießprozesse und Kunststoffschmelzen beschrieben, die der Anmelderin – soweit nicht explizit anders angegeben – intern vorliegen (interner Stand der Technik). Diese Erfahrungen und Untersuchungsergebnisse sind aber auf allgemeine Formgebungsverfahren übertragbar.

Die Kunststoffschmelze wird bei Spritzgießmaschinen üblicherweise in einer Plastifiziereinheit plastifiziert. Standardmäßig besteht eine Plastifiziereinheit aus einem beheizten Stahlzylinder (Plastifizierzylinder) in dem eine rotierende Schnecke (Plastifizierschnecke) das - meist granulatförmige - Kunststoffrohmaterial in den Richtung des Schneckenorraums fördert, dabei verdichtet, schert und dadurch aufschmilzt. Der Schneckenorraum dient als Speicher für das plastifizierte Material und vergrößert sich durch den axialen Rückzug der Schnecke während des Plastifizierprozesses.

Der Rückzug der Schnecke führt zu einer Verkürzung der aktiven oder effektiven Schneckenlänge und somit zu einem Rückgang der Schmelzetemperatur. Ist dieser Temperaturrückgang und die Fördergeschwindigkeit des Kunststoffmaterials zu hoch können Inhomogenitäten in Form von nicht plastifiziertem Granulat in der Schmelze

entstehen. Falsch eingestellte Plastifizierparameter (z.B. Drehzahl, Zylindertemperatur, Staudruck) und/oder feuchtes Grundmaterial – sowie andere chemische Prozesse – können auch dazu führen das sich Gasblasen in der Schmelze bilden. Andere Einschlüsse in der Schmelze können z.B. metallische Verschleißpartikel aus dem Tribosystem Massezylinder-Rückstromsperre-Plastifizierschnecke, verunreinigtes Grundmaterial oder thermisch abgebautes Kunststoffmaterial sein. Das Einspritzen (durch die kolbenartige axiale Vorwärtsbewegung der Plastifizierschnecke) einer derart mit Strukturinhomogenitäten kontaminierten Schmelze in die Kavitäten eines Spritzgießwerkzeuges führt zu Beeinträchtigung der optischen und/oder mechanischen Eigenschaften des gefertigten Formteils oder kann den Produktionszyklus unterbrechen, indem Verunreinigungen das Angussystem verschließen.

Ein zu Inhomogenitäten ähnliches Problem stellt die Änderung von thermodynamischen Zustandsgrößen der plastifizierten Schmelze zwischen einzelnen Produktionszyklen dar. Aufgrund der Anforderungen an den realen Plastifizierprozess ist es unmöglich eine ideale thermisch homogenisierte Schmelze zu erzeugen und somit bestehen auch Inhomogenitäten bei den thermodynamischen gekoppelten Größen Druck, Dichte und Kompressibilität. Jedoch muss es das Ziel eines stabilen Herstellungsprozesses sein, dass die Temperatur und Dichte des plastifizierten Materials als Funktion der radialen und axialen Position im Schneckenraum möglichst reproduzierbar ist – man spricht dann von einem eingeschwungenen thermischen Prozess. Derartige Schwankungen von Formgebungszyklus zu Formgebungszyklus – in weiterer Folge auch als Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten bezeichnet – führen z.B. zu Gewichtsschwankungen und Änderung des Schwindungsverhaltens der produzierten Kunststoffformteile. Gründe für derartige Schwankungen sind vor allem Anfahrprozesse, Prozessunterbrechungen, Chargenschwankungen beim Kunststoffrohmaterial und Änderung von Umgebungseinflüssen.

Die eingangs beschriebenen Inhomogenitäten in Form von beispielsweise Fremdoobjekten, wie Metallpartikel, Gasblasen und dergleichen sowie nicht

vollständig plastifiziertem Kunststoff werden in Abgrenzung zu den erwähnten Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten als Struktur-Inhomogenitäten bezeichnet.

Die Überprüfung, ob die gewählten Plastifizierparameter zu nicht plastifiziertem Granulat oder Gasblasen führen erfolgt in der Praxis oft durch Ausspritzen der Schmelze ins Freie und visuelle Beurteilung des Schmelzestranges. Diese Methode ist dementsprechend abhängig von der Erfahrung des Maschineneinstellers (Bedieners) und nicht als reproduzierbar einzustufen. Andere Einschlüsse (metallische Verschleißpartikel, Verunreinigungen des Granulats) sind nur durch aufwändige Sichtprüfung oder maschinelle Überprüfung (z.B. Kamerasystemen) nach dem erfolgten Herstellungsprozess möglich.

Änderungen von thermodynamischen Zustandsgrößen der plastifizierten Schmelze können prinzipiell z.B. mit Temperaturmessung (z.B. Infrarot, Thermoelement oder Ultraschall) oder durch Gewichtsmessung der gefertigten Bauteile detektiert werden. Systeme zur Messung der Temperatur im Schneckenorraum über Ultraschallmessungen werden z.B. in den Dokumenten AT 512 647 A4 und AT 516 452 A1 offenbart, wobei die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von Druck und Temperatur der Kunststoffschmelze ausgenützt wird. Während die Temperaturmessung dementsprechende Kenntnisse des Maschineneinstellers erfordert um die Daten zu interpretieren, kann die Gewichtsmessung mit dementsprechendem Aufwand erst nach der eigentlichen Produktion erfolgen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher Verfahren bereitzustellen, welche es erlauben Inhomogenitäten in einer Schmelze und/oder Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten so reproduzierbar wie möglich zu erfassen.

Hinsichtlich der Struktur-Inhomogenitäten wird dies durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, indem das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal hinsichtlich einer Amplitude und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe einerseits und/oder einer Laufzeit und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe andererseits verglichen werden und auf Basis

des Vergleichs zwischen Fremdobjekten und nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen als Inhomogenitäten in der Schmelze, unterschieden wird.

Hinsichtlich der Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 12 gelöst, indem

- für die Formgebungszyklen jeweils eine Schmelze bereitgestellt wird,
- während der Formgebungszyklen ein kontinuierliches oder gepulstes Ultraschallsignal so ausgesandt wird, dass das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal durch die Schmelze hindurchtritt,
- das durch die Schmelze hindurchgetretene, kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal unter Erzeugung einer Vielzahl von Messsignalen gemessen wird,
- aus den Messsignalen von zumindest zwei der Formgebungszyklen ein für eine Zustandsgröße der Schmelze repräsentativer Parameter bestimmt wird und
- die für die Zustandsgröße repräsentativen Parameter für die zumindest zwei Formgebungszyklen miteinander verglichen werden.

Erfindungsgemäß können Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten durch den Vergleich von Messsignalen von zumindest zwei der Formgebungszyklen bereits erfasst werden. Verbessert werden kann die Effektivität der Erfassung von Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten, wenn Messsignale einer Vielzahl der Formgebungszyklen – vorzugsweise die Messsignale aller Formgebungszyklen – herangezogen werden.

Besonders bevorzugt vorgesehen kann es sein, wenn eine Vielzahl der Formgebungszyklen – bevorzugt alle Formgebungszyklen – in einer Anlage, insbesondere einer Formgebungsmaschine, durchgeführt werden.

Gemeinsam ist den beiden erfindungsgemäßen Lösungen, dass durch die Verwendung und den Vergleich von jeweiligen für den Anwendungsfall (Struktur-Inhomogenitäten, Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten) angebrachten Ultraschallsignalen, die dem Anwendungsfall entsprechenden Inhomogenitäten – bevorzugt in Echtzeit – klassifiziert und erfasst werden können. Im Vergleich dazu

war es im Stand der Technik nur bekannt, Temperaturen und Temperaturprofile zur erfassen.

Durch das erfindungsgemäße Erfassen der Struktur-Inhomogenitäten und/oder der Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten ist es möglich, die Ursachen für die Inhomogenitäten zur erfassen und (automatisch oder durch einen Bediener) abzustellen.

Wie erwähnt, kann die Erfindung bevorzugt bei Kunststoffschmelzen zum Einsatz kommen. Aber auch der Einsatz bei anderen Schmelzen, wie beispielsweise metallischen Schmelzen, ist prinzipiell denkbar. Der Begriff Schmelze erfasst für die Zwecke der Erfindung sämtliche fließfähige Massen, denen durch Erstarren und/oder Härten in einem Formwerkzeug eine Form verliehen werden kann. Beispielsweise kann auch eine Schmelze mit einer Beladung (bspw. Faser- oder Gasbeladung) erfindungsgemäß untersucht werden.

Inhomogenitäten können auch durch inhomogen verteilte Beladung entstehen.

Im Rahmen der Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten können sowohl thermodynamische Zustandsgrößen als auch andere Zustandsgrößen (bspw. eine Beladungsverteilung) untersucht werden.

Darunter dass Schmelzevolumen sich unterscheiden kann verstanden werden, dass sie nicht gleich sind. Es ist nicht unbedingt erforderlich, dass die Schmelzevolumen disjunkt sind. Sie können sich demnach überlappen.

Der Ausdruck „Ultraschallsignal(e)“ wird als Oberbegriff für das zumindest eine erste Ultraschallsignal, das zumindest eine zweite Ultraschallsignal sowie das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal verwendet.

Zur Erzeugung von Ultraschallsignalen können Sendeeinheiten oder Empfangseinheiten (kurz auch: Sender und Empfänger) verwendet werden, die auf gegenüberliegenden Seiten der Schmelze angeordnet sind. Dies ist aber nicht

absolut notwendig. Beispielsweise können auch integrierte Sende- und Empfangseinheiten verwendet werden, die das ausgesendete Ultraschallsignal beispielsweise nach einer Reflektion empfangen. Die Sendeeinheit kann das durch Hindurchtreten durch die Schmelzevolumen bzw. die Schmelze veränderte Ultraschallsignal als Messsignal erfassen.

Unter aus bestimmten Größen (beispielsweise Amplitude oder Laufzeit) rechnerisch ableitbaren Größen können solche verstanden werden, die durch Arithmetik (bspw. Kehrwerte, Quadrate, Integrieren, Differenzieren usw.) und zusätzliche Informationen (bspw. geometrische Informationen oder Informationen über ausgesendete Ultraschallsignale, wie Frequenz, Amplitude usw.,) errechnet werden können. Bei einer Vielzahl von Werten für die bestimmten Größen können auch Maximal- und/oder Minimalwerte und/oder Mittelwerte und/oder Mediane oder ähnliche Operationen zum rechnerischen ableiten weiterer Größen verwendet werden.

Fremdobjekte im Sinne der Erfindung können (metallische) Verschleißpartikel, Gasblasen, thermisch abgebautes Grundmaterial, andere Verunreinigungen im Grundmaterial (d.h. vor dem Schmelzen oder Plastifizieren) und dergleichen sein.

Im Sinne der Erfindung können Ultraschallsignale einmalig, mehrmals, kontinuierlich oder gepulst ausgesendet werden. Bei Dauer und zeitlichem Abstand der Pulse beim gepulsten Aussenden sind durch die Erfindung prinzipiell keine Grenzen gesetzt. Bevorzugt, weil es sich als technisch möglich und in gewissen Grenzen auch sinnvoll erwiesen hat, ist es aber, wenn pro Sekunde mehrere Tausend Pulse ausgesandt werden. Ebenso viele Messsignale können durch Empfangen der Pulse erzeugt werden.

Das zumindest eine erste Ultraschallsignal und das zumindest eine zweite Ultraschallsignal können gleichzeitig ausgesendet werden. Natürlich kann auch ein zeitlicher Abstand zwischen dem zumindest einen ersten Ultraschallsignal und dem zumindest einen zweiten Ultraschallsignal liegen. Maximal kann dieser zeitliche Abstand durch eine Bewegungsgeschwindigkeit der Schmelze relativ zur sendenden und/oder empfangenden Ultraschallvorrichtung bestimmt sein und zwar in der Art,

dass der zeitliche Abstand vorzugsweise nicht so lang ist, dass Inhomogenitäten nicht erfasst werden können, weil sie zu schnell an einem Sender und/oder Empfänger vorbeibewegt werden. Selbstverständlich sollten das zumindest eine erste Ultraschallsignal und das zumindest eine zweite Ultraschallsignal während desselben Formgebungszyklus ausgesendet werden, um Struktur-Inhomogenitäten zu erfassen.

Bevorzugt kann die Erfassung von Struktur-Inhomogenitäten bei einem Spritzgießprozess während eines Plastifizier- und/oder Einspritzvorgangs durchgeführt werden. Grundsätzlich kann die Aussendung des zumindest einen ersten und des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals aber auch während eines Aufdosiervorgangs – oder allgemein während eines Schmelz- oder Füllvorgangs – geschehen.

Besonders bevorzugt kann das erfindungsgemäße Verfahren bei einer in einem Einspritzzylinder einer Spritzgießmaschine vorliegende Kunststoffschmelze durchgeführt werden. Natürlich kann das erfindungsgemäße Verfahren auch in einer von der Einspritzeinheit separaten Plastifiziereinheit oder weiteren separaten Volumen (bspw. Shot-Pot, Heißkanalsystem) durchgeführt werden.

Als Abweichung thermodynamischer Zustandgrößen können Temperaturabweichungen, Druckabweichungen, Dichteabweichungen und dergleichen herangezogen werden.

Als für die Zustandsgröße repräsentativer Parameter kann beispielsweise ein Mittelwert von aus der Vielzahl von Messsignalen errechneter Werte für die thermodynamische Zustandsgröße verwendet werden. Aber auch andere Maße, wie ein Median, Maximal- oder Minimalwerte können in gewissen Situationen vorteilhaft sein.

Selbstverständlich können die erfindungsgemäßen Lösungen in Bezug auf Struktur-Inhomogenitäten und Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten auch kombiniert werden. Das heißt, die erfindungsgemäße Erfassung von Struktur-Inhomogenitäten kann

auch in jedem einzelnen (oder einer beliebigen Untermenge) der durchgeführten Formgebungszyklen durchgeführt werden. Das erste Schmelzevolumen und das zweite Schmelzevolumen sind dann Teil der Schmelze für den jeweiligen Formgebungszyklus.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Es wurde bereits die Möglichkeit eines kontinuierlichen oder gepulsten Ultraschallsignals erwähnt. Das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal kann dabei durch eine Vielzahl von Schmelzevolumen hindurchtreten, wobei vorzugsweise als das zumindest eine erste Ultraschallsignal und/oder als das zumindest eine zweite Ultraschallsignal das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal zu verschiedenen Zeiten und/oder in verschiedenen Zeiträumen verwendet wird. Dabei kann das durch die Vielzahl von Schmelzevolumen hindurchgetretene kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal unter Erzeugung einer Vielzahl von Messsignalen gemessen werden. Durch die Erfassung einer Vielzahl von Schmelzevolumen kann eine besonders zuverlässige Detektion von Struktur-Inhomogenitäten möglich sein.

Beim Erfassen von Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten ermöglicht die Vielzahl von Messsignalen ein gutes Erfassen des jeweiligen Formgebungszykluses, ohne dass „Ausreißer“ bei einzelnen Messungen, das Erkennen von Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten negativ beeinflussen würden.

Als aus der Laufzeit rechnerisch abgeleitete Größe kann beispielsweise eine Schallgeschwindigkeit verwendet werden. Es kann sich dabei beispielsweise um eine integrale oder mittlere Schallgeschwindigkeit handeln. Sie kann beispielsweise über den bekannten Schalllaufweg durch die Schmelze errechnet werden, wobei zusätzliche Schalllaufwege, beispielsweise durch den Plastifizierzylinder, vernachlässigt oder berücksichtigt werden können. Absolut notwendig ist die Berücksichtigung in vielen Fällen nicht, da die Schallgeschwindigkeit im meist aus

Stahl gefertigten Plastifizierzylinder sehr viel höher ist als in der Schmelze und daher auf die gemessene Laufzeit nur sehr geringe Auswirkung haben kann.

Als aus der Amplitude rechnerisch abgeleitete Größe kann beispielsweise das Quadrat der Amplitude (Intensität) verwendet werden.

Darunter, dass sich Größen wie die Laufzeit und/oder die Amplitude und/oder daraus rechnerisch abgeleitete Größen unterscheiden (oder nicht unterscheiden), kann verstanden werden, dass Abweichungen (bspw. der Laufzeit und/oder der Amplitude) einen gewissen vorgegebenen Grenzwert erreichen oder übersteigen (oder nicht erreichen oder nicht übersteigen).

Inhomogenitäten können erkannt werden, indem ein Inhomogenitäts-Grenzwert für einen Unterschied zwischen dem zumindest einen ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal vorgegeben wird, und bei Überschreiten des Inhomogenitäts-Grenzwerts auf eine Inhomogenität geschlossen wird. Dadurch kann das Grundkonzept verkörpert werden, dass Änderungen in den Messsignalen (über einer gewissen Schwelle) das Vorhandensein von Inhomogenitäten anzeigen.

Als das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal können eine Referenzmessung und eine aktuelle Messung oder zwei aufeinanderfolgende Messungen herangezogen werden.

Erfindungsgemäß können sich die Typen von Inhomogenitäten durch verschieden starke Änderungen in der Amplitude oder der daraus rechnerisch abgeleiteten Größe auszeichnen. Bei Inhomogenitäten in Form von nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen zeigt sich in den Messsignalen ein eher gradueller Übergang, welcher aus einem eher graduellen Dichteübergang des nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumens stammt. Fremdojekte zeichnen sich durch einen recht scharfen Übergang bei den Messsignalen aus.

Inhomogenitäten können daher bevorzugt folgendermaßen unterschieden werden:

- Vorliegen von Fremdobjekten, falls ein Unterschied zwischen dem zumindest einen ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal hinsichtlich der Amplitude und/oder der daraus rechnerisch ableitbaren Größe einen vorgegebenen Fremdobjekt-Grenzwert überschreitet, oder
- Vorliegen von nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen in der Schmelze andernfalls.

Werden das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal nicht vereinzelt aufgenommen sondern eine Vielzahl von Messsignalen, beispielsweise im Rahmen eines kontinuierlich oder gepulst ausgesendeten Ultraschallsignals, aufgenommen, können die Änderungen zwischen den einzelnen Messsignalen als Steigung einer aufgenommenen Kurve interpretiert werden. Die Verwendung eines Inhomogenitäts-Grenzwerts und/oder eines Fremdobjekt-Grenzwerts kann dann auch als die Verwendung von Steigungsbereichen wie folgt aufgefasst werden:

- Steigungsbereich unterhalb des Inhomogenitäts-Grenzwerts: keine Inhomogenität
- Steigungsbereich oberhalb des Inhomogenitäts-Grenzwerts und unterhalb des Fremdobjekt-Grenzwerts: nicht vollständig geschmolzenes oder plastifiziertes Teilvolumen in der Schmelze
- Steigungsbereich oberhalb des Fremdobjekt-Grenzwerts: Fremdobjekt

Es kann außerdem vorgesehen sein, das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal hinsichtlich der Amplitude und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe einerseits und der Laufzeit und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe andererseits verglichen werden und auf Basis des Vergleichs zwischen verschiedenen Arten von Fremdobjekten und nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen als Inhomogenitäten in der Schmelze unterschieden wird. Durch das Berücksichtigen der Laufzeit und der Amplitude (oder aus diesen rechnerisch abgeleiteten Größen) kann also insbesondere auf die Art der Fremdobjekte geschlossen werden. Beispielsweise erzeugen metallische

Verschleißpartikel in einer Kunststoffschmelze eine verkürzte Laufzeit (höhere Schallgeschwindigkeit im Metall im Vergleich zu einer Kunststoffschmelze) und Gasblasen erzeugen verlängerte Laufzeiten (geringere Schallgeschwindigkeit im Gas).

Weitere Unterscheidungskriterien können sich aus dem Zeitpunkt in einem Formgebungszyklus ergeben, an dem die Inhomogenität auftritt. Beispielsweise bei einem Spritzgießprozess tritt nicht vollständig geschmolzener Kunststoff wegen der kürzeren Verweilzeit im Plastifizierzylinder eher gegen Ende eines Einspritzvorgangs auf. Fremdobjekte wie Verschleißpartikel können hingegen während des gesamten Formgebungszyklus auftreten.

Inhomogenitäten, die zu Beginn eines Formgebungszyklus auftreten, können daher mit hoher Wahrscheinlichkeit als Fremdobjekte eingestuft werden.

Es kann vorgesehen sein, dass das erste Schmelzevolumen und/oder das zweite Schmelzevolumen in einem in einem Plastifizierzylinder angeordneten Schneckenorraum bereitgestellt wird, wobei zum Herstellen des ersten Schmelzevolumens und/oder des zweiten Kunststoffschmelzevolumens eine im Plastifizierzylinder angeordnete^[BP1] Plastifizierschnecke (im Folgenden auch kurz als Schnecke bezeichnet) verwendet wird. Das erste Schmelzevolumen und das zweite Schmelzevolumen kann dann auch als erstes Kunststoffschmelzevolumen bzw. zweites Kunststoffschmelzevolumen bezeichnet werden.

Eine in Bezug auf die konstruktive Ausgestaltung der Erfindung bevorzugte, einfache Lösung kann bereitgestellt werden, indem zum Aussenden des zumindest einen ersten Ultraschallsignals und/oder des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals zumindest eine Sendeeinheit verwendet wird und dass zum Erfassen des zumindest einen ersten Messsignals und/oder des zumindest einen zweiten Messsignals zumindest eine Empfangseinheit verwendet wird, wobei die zumindest eine Sendeeinheit und die zumindest eine Empfangseinheit vorzugsweise auf gegenüberliegenden Seiten einer am Plastifizierzylinder montierten Einspritzdüse angeordnet sind.

Es kann vorgesehen sein, dass eine Schmelze zum derartigen Aussenden des zumindest einen ersten Ultraschallsignals und des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals, durch das erste Schmelzevolumen beziehungsweise das zweite Schmelzevolumen hindurchtreten, an zumindest einer Sendeeinheit zum Aussenden des zumindest einen ersten Ultraschallsignals und/oder des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals und/oder an zumindest einer Empfangseinheit zum Erfassen des zumindest einen ersten Messsignals und/oder des zumindest einen zweiten Messsignals vorbeibewegt wird. Insbesondere im Rahmen eines Spritzgießprozesses bei einer Ausführung unter Verwendung einer Plastifizierschnecke in einem Plastifizierzylinder kann dies besonders einfach während des Einspritzens der Kunststoffschmelze in ein Formwerkzeug gemacht werden, wobei ein Bewegen der Schmelze ohnehin notwendig ist.

Selbstverständlich ist auch die Möglichkeit prinzipiell denkbar, beispielsweise ein Paar aus Sende- und Empfangseinheit in Bezug auf die Schmelze (entlang einer Achse und/oder in der Ausrichtung) zu bewegen oder mehrere Sende- und/oder Empfangseinheiten zu verwenden.

Es kann vorgesehen sein, dass die für die Zustandsgröße repräsentativen Parameter im Hinblick auf einen Toleranzbereich miteinander verglichen werden und vorzugsweise Formteile, die in jenen Formgebungszyklen hergestellt wurden, deren für die Zustandsgröße repräsentative Parameter außerhalb des Toleranzbereichs liegen, als Ausschuss deklariert werden.

Der Toleranzbereich kann als vordefinierter Wertebereich um einen für die Zustandsgröße repräsentativen Parameter, welcher aus den Messsignalen eines der zumindest zwei Formgebungszyklen berechnet wurde, ausgeführt sein. Der so für die Definition des Toleranzbereichs verwendete Formgebungszyklus kann dann auch als Referenzformgebungszyklus bezeichnet werden.

Insbesondere bei Verwendung von Messsignalen aus einer Vielzahl von Formgebungszyklen kann der Toleranzbereich aber auch durch Bestimmen eines

Mittelwerts und einer Standardabweichung von für die Zustandsgröße repräsentativen Parametern aus einer Vielzahl von Formgebungszyklen bestimmt werden. Der Toleranzbereich kann dann durch jenen Bereich gegeben sein, der sich durch den Mittelwert und Abweichungen kleiner (oder gleich) der Standardabweichung davon ergibt. Statt dem Mittelwert und der Standardabweichung können natürlich auch ähnliche statistische Werte, wie ein Median und verschiedene Konfidenzbänder, verwendet werden.

Unabhängig davon kann der Toleranzbereich natürlich durch Berechnungen oder Simulationen festgelegt werden.

Neben der Deklaration von Ausschuss-Formteilen, die während der Produktion in einem eingeschwungenen Zustand – quasi als „Ausreißer“ – auftreten, kann durch die erfindungsgemäße Erfassung von Zustandsgrößen auch bestimmt werden, wann der eingeschwungene Zustand vorliegt und wann nicht. Dadurch kann bei Produktionsbeginn oder nach Produktionsunterbrechungen mit hoher Sicherheit erkannt werden, wann mit Gut-Teilen zu rechnen ist.

Besonders bevorzugt kann es vorgesehen sein, aufgrund der detektierten Fremdobjekte und/oder nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen und/oder Abweichungen thermodynamischer Zustandsgrößen

- ein Hinweis an einen Bediener ausgegeben wird und/oder
- eine automatische Anpassung einer Maschineneinstellung durchgeführt wird.

Zur zukünftigen Vermeidung von Inhomogenitäten können die Maschineneinstellungen geändert werden. Beispielsweise bei nicht vollständig plastifizierten Kunststoffschmelzeteilvolumen kann eine Schneckendrehzahl (automatisch oder aufgrund einer Eingabe eines Bedieners) verändert werden. In den meisten Fällen ist dabei eine Verringerung der Schneckendrehzahl notwendig. Andere Maßnahmen, die in diesem Fall getroffen werden können, wären beispielsweise das Erhöhen eines Staudrucks im Plastifizierzylinder und/oder das

Erhöhen einer Temperatur des Plastifizierzylinders (bspw. durch Erhöhen einer Heizleistung).

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

- Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Schneckenorraums zur Verdeutlichung von Struktur-Inhomogenitäten wie sie im Stand der Technik auftreten,
- Fig. 2a und 2b eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verwendung von Ultraschallsendern und -empfängern bei einer Anordnung nach Fig. 1,
- Fig. 3 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verwendung von Ultraschallsendern und -empfängern bei einer Anordnung nach Fig. 1,
- Fig. 4a und 4b schematische Darstellungen und Diagramme zur Verdeutlichung von erfindungsgemäßen Messprinzipien zur Erfassung von Struktur-Inhomogenitäten,
- Fig. 5 ein Beispiel für Amplituden und Schallgeschwindigkeiten beim Auftreten einer Struktur-Inhomogenität in einem Formgebungszyklus sowie
- Fig. 6 zwei Diagramme zur Verdeutlichung eines erfindungsgemäßen Messprinzips zur Erfassung von Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten.

Eine Ausführungsform der Erfindung beinhaltet die Auswertung von Ultraschallsignalen, welche durch eine Kunststoffschmelze während des Einspritzvorganges bei einem Spritzgießprozess gesendet werden. Die Auswertung der Signale kann dazu verwendet werden, um Inhomogenitäten in der Schmelze oder Abweichungen vom thermisch eingeschwungenen Zustand zu detektieren. Nach automatisierter Klassifizierung des Problems können dem Maschinenbediener Vorschläge gemacht werden wie er das Problem durch Änderung von Maschineneinstellparametern beseitigen kann oder alternativ kann ein

vollautomatisierter Prozess (z.B. implementiert in der Maschinensteuerung) versuchen das klassifizierte Problem durch Änderung von Maschineneinstellparametern selbstständig zu beseitigen.

Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung einer Plastifiziereinheit bestehend aus dem Massezylinder 1 (Plastifizierzylinder), Flansch 2, Düse 3, Schnecke 4 (Plastifizierschnecke) und diversen Heizbändern 5. Vor der Plastifizierschnecke 4 befindet sich nach der Plastifizierung die zu untersuchende Kunststoffschmelze 6. Diese wird großteils in das Spritzgießwerkzeug eingespritzt. In dieser Kunststoffschmelze 6 können sich Inhomogenitäten 7 befinden.

Fig. 2 a zeigt die Plastifiziereinheit beim Einspritzvorgang. Die Inhomogenitäten 7 werden mit der Schmelze 6 durch die Vorwärtsbewegung der Schnecke 4 über den Flansch 2 und die Düse 3 in Richtung Werkzeug gefördert. Sendet man nun Ultraschallpulse mit einer entsprechend hohen Pulswiederholfrequenz durch diese strömende Schmelze können Inhomogenitäten 7 detektiert werden. Dazu werden die Amplitude und Laufzeit der Ultraschallpulse aufgezeichnet und ausgewertet. Eine mögliche temporäre Sensoranordnung ist in Fig. 2 a und Fig. 2 b dargestellt. Die Sensoren (Sender 8 und Empfänger 9) werden gegenüberliegend an der Düse 3 angebracht. Die Sensoren sollten derart angebracht werden, dass sich die Messachse 10 in der Mitte des Schmelzkanals befindet, da sich bei Versuchen gezeigt hat, dass Inhomogenitäten 7 aufgrund der vorliegenden Strömungsverhältnisse hauptsächlich in der Mitte des Strömungskanals gefördert werden. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung zweier gegenüberliegender Flächen der Sechskantmutter der Düse (siehe Fig. 2 b), es können aber auch andere Positionen an der Düse, dem Flansch oder dem Massezylinder verwendet werden. Diese Anbringung kann temporär (z.B. durch Magnethalterungen, Anpressen oder Verkleben) erfolgen und dient beim Anfahren des Prozesses zur Optimierung der Prozesseinstellungen.

Fig. 3 zeigt eine Beispielanordnung für eine permanente Messung. Die Ultraschallsensoren (Sensor 8 und Empfänger 9) befinden sich fest verbaut jeweils auf einer Vorlaufstrecke 11 mit einem Gewinde und können z.B. im Flansch 2

angebrachten gegenüberliegenden Sensorbohrungen eingeschraubt werden. Derartige Sensorbohrungen können natürlich auch in der Düse 3 oder am Massezylinder 1 vorgesehen werden oder in einem Messflansch zwischen Düse 3 und Flansch 2 angebracht sein.

Fig. 4a zeigt exemplarisch die Änderung der Laufzeiten und Amplituden für verschiedene Klassen von Inhomogenitäten (F2, F3) im Vergleich zu einer Referenzmessung ohne Inhomogenitäten (F1). Die Ultraschallsensoren (Sender 8, Empfänger 9) sind an der Aussenwandung eines Stahlzylinders 12 (bspw. gebildet durch den Plastifizierzylinder 1 oder die Düse 3) angebracht. Die Schmelze 6 befindet sich in einer Bohrung des Stahlzylinders 12. In der Schmelze 6 befinden sich die Inhomogenitäten zentral in der Messachse 10 des jeweiligen Sender-Empfängerpaars. Die Schmelze 6 besitzt eine homogene Temperatur T und Druck P . Im Fall ohne Inhomogenität F1 kommt es in Abhängigkeit der Art der Polymerschmelze zu einer gewissen Dämpfung des Schallpulses beim Durchqueren der Schmelze (die Dämpfung im Stahlzylinder ist als konstant und vernachlässigbar anzusehen), die Laufzeit des Schallpulses ist abhängig von der Dichte und Kompressibilität der Schmelze (die Laufzeit im Stahlzylinder ist nahezu konstant und kann von der Gesamtlaufzeit des Ultraschallpulses abgezogen werden). Die resultierende Amplitude A_1 kann als Referenzamplitude A_{ref} herangezogen werden. Die resultierende Laufzeit t_1 kann als Referenzlaufzeit t_{ref} (aus der bei bekannten Schalllaufweg ein integrale Schallgeschwindigkeit v_{ref} berechnet werden kann) herangezogen werden. Bei den Inhomogenitäten wird in zwei Arten unterschieden: Fremdbjekte F2 sind Inhomogenitäten mit einer definierten konstanten Dichtegrenzfläche (z.B. Metallpartikel oder Gasblasen) und nicht vollständig plastifizierte Schmelzeteilvolumen F3 sind Inhomogenitäten mit hauptsächlich fließendem Dichteverlauf (bspw. unaufgeschmolzenes Granulat). Bei einer Inhomogenität des Typs F2 kommt es in Abhängigkeit der Größe und Dichte der Inhomogenität neben der Streuung zu starken Reflexionsverlusten des Ultraschalls. Die Schallgeschwindigkeit bleibt meist nahezu konstant (bei für das Spritzgießen typischen Beziehungen zwischen Gesamtschallaufweg durch die Schmelze und der Größe der Inhomogenität). Bei nur teilweise geschmolzenem Granulat führt der hauptsächlich fließende Dichteverlauf (Dichte ist ansteigend ins Innere der

Inhomogenität) meist nicht zu einer starken Amplitudenminderung wie bei Inhomogenitäten des Typs F2. Allerdings kann unaufgeschmolzenes Granulat am besten durch die Laufzeit bzw. integrale Schallgeschwindigkeit im Schmelzekanal detektiert bzw. klassifiziert werden: Die Laufzeit verringert sich bzw. integrale Schallgeschwindigkeit vergrößert sich entsprechend der mittleren Dichte der Inhomogenität.

Fig. 4b zeigt die verschiedenen Inhomogenitätsarten in einer alternativen (und einer in vielen Fällen praktikableren) Darstellungsart mit Grafen für die Amplitude und die Integrale Schallgeschwindigkeit.

Rein beispielhaft wird hier nicht die Schmelze durch die Messachse 10 des Sender-Empfängerpaars vorbeigeführt, sondern das Sender/Empfängerpaar an der Aussenwandung mit einer konstanten Geschwindigkeit v entlang verschoben und dabei die Amplitude und die integrale Schallgeschwindigkeit als Funktion der Messposition im Schmelzekanal ermittelt.

Während die Inhomogenität des Typs F2 eine relative konstante Abminderung der Pulsamplitude zur Folge hat, kommt es bei Inhomogenitäten des Typs F3 zu einer graduell verlaufenden Änderung der Pulsamplitude.

Aus der Breite der Amplitudenabminderung kann auf die Größe der Inhomogenitäten geschlossen werden. Bei der integralen Schallgeschwindigkeit ist bei Typ F2 Inhomogenitäten keine, eine erhöhte (Dichte der Inhomogenität ist größer als Schmelzdichte, z.B. Verschleißpartikel aus Stahl) oder eine verminderte mittlere Schallgeschwindigkeit (Dichte der Inhomogenität ist kleiner als Schmelzedichte, z.B. Gasblase) erkennbar, was in der Figur 4b durch drei alternative Verläufe der integralen Schallgeschwindigkeit im Bereich der Inhomogenität des Typs F2 dargestellt ist.

Unaufgeschmolzenes Granulat – also Inhomogenitäten des Typs F3 – lassen sich wiederum eindeutig durch graduell (der Dichteverteilung in der Inhomogenität

entsprechend) verlaufende integrale Schallgeschwindigkeit im Schmelzekanal klassifizieren.

Bei der tatsächlichen Messung ist das Sender/Empfängerpaar an einer Position (siehe Fig. 2 a und Fig. 3) fixiert und die Schmelze (mit ihren eventuell vorhandenen Inhomogenitäten) wird mit einer nahezu konstanten Geschwindigkeit durch die Messachse geschoben. Aufgrund hoher Pulswiederholfrequenzen bekommt man ein quasikontinuierliches Resultat der Amplitude und der Laufzeit (bzw. der daraus abgeleiteten integralen Schallgeschwindigkeit im Schmelzekanal) des Ultraschallpulses als Funktion der Messdauer welche typischerweise der Einspritzdauer entspricht.

Fig 5. zeigt den typischen Verlauf der empfangenen Amplitude und der integralen Schallgeschwindigkeit im Schmelzekanal als Funktion der Messdauer. Der Druckanstieg am Beginn der Einspritzphase führt zu einer Erhöhung der integralen Schallgeschwindigkeit und der Schallamplitude. Der Verlauf während der Einspritzphase ist bei beiden Größen relativ konstant (in Abhängig der axialen Temperaturgradienten im Schneckenorraum). Nach der Einspritzphase folgt die sogenannte Nachdruckphase. Der Nachdruck ist üblicherweise geringer als der Einspritzdruck, dementsprechend werden auch beide Meßgrößen vermindert. Am Ende der Nachdruckphase sinken beide Messgrößen auf ihr Anfangsniveau. Exemplarisch ist auch die Auswirkung einer Inhomogenität (unaufgeschmolzenes Granulat) auf die Messergebnisse dargestellt.

Neben diskreter Struktur-Inhomogenitäten in der Schmelze kann auch die Konstanz der thermodynamischen Zustandsgrößen in der Schmelze zyklusweise überwacht werden. Dazu wird vorgeschlagen die mittlere Schallgeschwindigkeit in der Einspritzphase in geeigneter Weise auszuwerten. Das kann passieren indem ein Mittelwert der quasikontinuierlichen integralen Schallgeschwindigkeiten der Einspritzphase ermittelt wird. Alternativ kann auch beispielsweise der Maximal- oder der Medianwert herangezogen werden.

Zur Veranschaulichung der Detektion solcher Schuss-zu-Schuss Inhomogenitäten ist in Fig. 6 ein Versuchsergebnis dargestellt. Ausgehend von einem thermisch eingeschwungenen Zustand wird die Zylindersolltemperatur bei der Zykluszahl 11 von $T_{\text{zyl}} = 180^\circ\text{C}$ auf $T_{\text{zyl}} = 200^\circ\text{C}$ gestellt ohne die Bauteilproduktion zu unterbrechen. Das Aufheizen des Zylinders führt zu einer wärmeren Kunststoffschmelze und damit zu einer geringeren Dichte. Als Resultat ist eine Abnahme des Gewichts der gefertigten Bauteile erkennbar. Dies kann auch anhand der Abnahme des Mittelwerts der integralen Schallgeschwindigkeit während des Einspritzprozesses eindeutig identifiziert werden – noch bevor das Bauteil entformt ist. Die Abnahme des Bauteilgewichtes (und parallel der mittleren integralen Schallgeschwindigkeit) erfolgt rapide bis die Zylindersolltemperatur erreicht ist (Zyklus 19). Danach braucht es in diesem Beispiel noch 6 Zyklen bis sich der Prozess thermisch stabilisiert hat. Ab Zyklus 25 sind die Bauteilgewichte wieder konstant was auch anhand der mittleren integralen Schallgeschwindigkeiten erkennbar ist.

Innsbruck, 24. August 2018

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen von Inhomogenitäten in Schmelzen, insbesondere Kunststoffschmelzen, wobei
 - zumindest ein erstes Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass es zumindest teilweise durch ein erstes Schmelzevolumen hindurchtritt,
 - das durch das erste Schmelzevolumen hindurchgetretene zumindest eine erste Ultraschallsignal unter Erzeugung zumindest eines ersten Messsignals gemessen wird,
 - zumindest ein zweites Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass es zumindest teilweise durch ein zweites, vom ersten Schmelzevolumen verschiedenes Schmelzevolumen hindurchtritt,
 - das durch das zweite Schmelzevolumen hindurchgetretene zumindest eine zweite Ultraschallsignal unter Erzeugung zumindest eines zweiten Messsignals gemessen wird,dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine erste Messsignal und das zumindest eine zweite Messsignal hinsichtlich einer Amplitude und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe einerseits und/oder einer Laufzeit und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe andererseits verglichen werden und auf Basis des Vergleichs zwischen Fremdobjekten und nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen als Inhomogenitäten in der Schmelze unterschieden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein kontinuierliches oder gepulstes Ultraschallsignal so ausgesendet wird, dass das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal durch eine Vielzahl von Schmelzevolumen hindurchtritt, wobei vorzugsweise als das zumindest eine erste Ultraschallsignal und/oder als das zumindest eine zweite Ultraschallsignal das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal zu verschiedenen Zeiten und/oder in verschiedenen Zeiträumen verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das durch die Vielzahl von Schmelzevolumen hindurchgetretene kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal unter Erzeugung einer Vielzahl von Messsignalen gemessen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Inhomogenitäts-Grenzwert für einen Unterschied zwischen dem zumindest einen ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal vorgegeben wird, und bei Überschreiten des Inhomogenitäts-Grenzwerts auf eine Inhomogenität geschlossen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Inhomogenitäten folgendermaßen unterschieden werden:
 - Vorliegen von Fremdobjekten, falls ein Unterschied zwischen dem zumindest einen ersten Messsignal und dem zumindest einen zweiten Messsignal hinsichtlich der Amplitude und/oder der daraus rechnerisch abgeleiteten Größe einen vorgegebenen Fremdobjekt-Grenzwert überschreitet, oder
 - Vorliegen von nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen in der Schmelze andernfalls.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf Basis des Vergleichs des zumindest einen ersten Messsignals und des zumindest einen zweiten Messsignals hinsichtlich der Amplitude und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe einerseits und der Laufzeit und/oder einer daraus rechnerisch ableitbaren Größe andererseits zwischen verschiedenen Arten von Fremdobjekten und nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen als Inhomogenitäten in der Schmelze unterschieden wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass als aus der Laufzeit rechnerisch abgeleitete Größe eine Schallgeschwindigkeit verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Schmelzevolumen und/oder das zweite Schmelzevolumen bei einem – vorzugsweise in Zyklen durchgeführten – Formgebungsverfahren verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schmelze eine Kunststoffschmelze ist, wobei das erste Schmelzevolumen und/oder das zweite Schmelzevolumen in einem in einem Plastifizierzylinder angeordneten Schneckenorraum bereitgestellt wird und zum Herstellen des ersten Schmelzevolumens und/oder des zweiten Schmelzevolumens eine im Plastifizierzylinder angeordnete Plastifizierschnecke verwendet wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aussenden des zumindest einen ersten Ultraschallsignals und/oder des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals zumindest eine Sendeeinheit verwendet wird und dass zum Erfassen des zumindest einen ersten Messsignals und/oder des zumindest einen zweiten Messsignals zumindest eine Empfangseinheit verwendet wird, wobei die zumindest eine Sendeeinheit und die zumindest eine Empfangseinheit vorzugsweise auf gegenüberliegenden Seiten einer am Plastifizierzylinder montierten Einspritzdüse angeordnet sind.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Schmelze zum derartigen Aussenden des zumindest einen ersten Ultraschallsignals und des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals, dass diese durch das erste Schmelzevolumen beziehungsweise das zweite Schmelzevolumen hindurchtreten, an zumindest einer Sendeeinheit zum Aussenden des zumindest einen ersten Ultraschallsignals und/oder des zumindest einen zweiten Ultraschallsignals und/oder an zumindest einer Empfangseinheit zum Erfassen des zumindest einen ersten Messsignals und/oder des zumindest einen zweiten Messsignals vorbeibewegt wird.

12. Verfahren zum Erfassen von Abweichungen von Zustandsgrößen von Schmelzen bei einem in Formgebungszyklen durchgeführten Formgebungsprozess, wobei
- für die Formgebungszyklen jeweils eine Schmelze bereitgestellt wird,
 - während der Formgebungszyklen ein kontinuierliches oder gepulstes Ultraschallsignal so ausgesandt wird, dass das kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal durch die Schmelze hindurchtritt,
 - das durch die Schmelze hindurchgetretene, kontinuierliche oder gepulste Ultraschallsignal unter Erzeugung einer Vielzahl von Messsignalen gemessen wird,
 - aus den Messsignalen von wenigstens zwei der Formgebungszyklen ein für eine Zustandsgröße der Schmelze repräsentativer Parameter bestimmt wird und
 - die für die Zustandsgröße repräsentativen Parameter für die wenigstens zwei Formgebungszyklen miteinander verglichen werden.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die für die Zustandsgröße repräsentativen Parameter im Hinblick auf einen Toleranzbereich miteinander verglichen werden und vorzugsweise Formteile, die in jenen Formgebungszyklen hergestellt wurden, deren für die Zustandsgröße repräsentative Parameter außerhalb des Toleranzbereichs liegen, als Ausschuss deklariert werden.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei in den Formgebungszyklen jeweils ein Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 11 durchgeführt wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund der detektierten Fremdobjekte und/oder nicht vollständig geschmolzenen oder plastifizierten Teilvolumen und/oder Abweichungen von Zustandsgrößen
- ein Hinweis an einen Bediener ausgegeben wird und/oder
 - eine automatische Anpassung einer Maschineneinstellung durchgeführt wird.

16. Verwendung eines Plastifizieraggregats für eine Formgebungsmaschine und/oder einer Formgbebungsmaschine bei einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Innsbruck, am 24. August 2018

Fig. 1

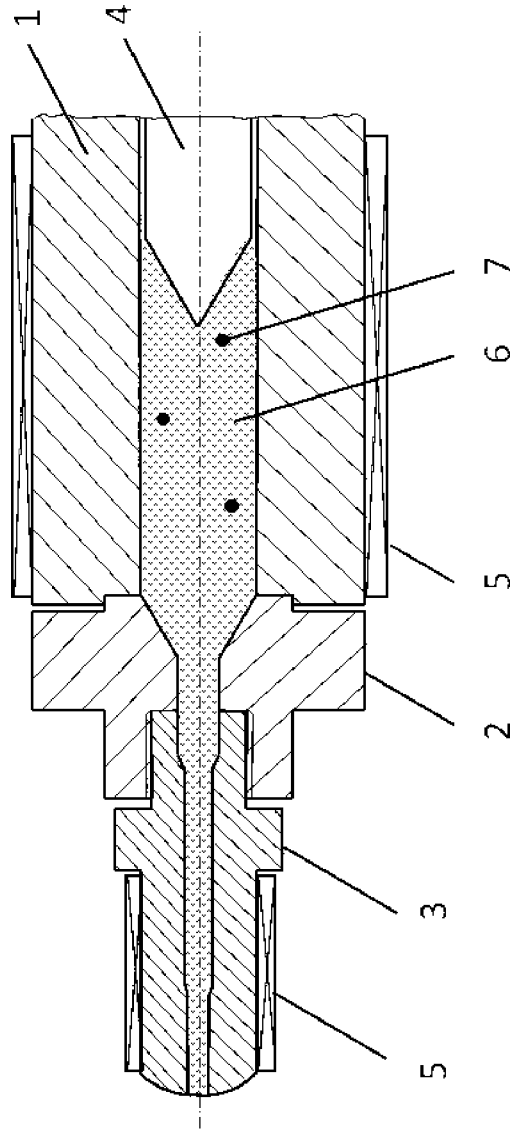


Fig. 2 a

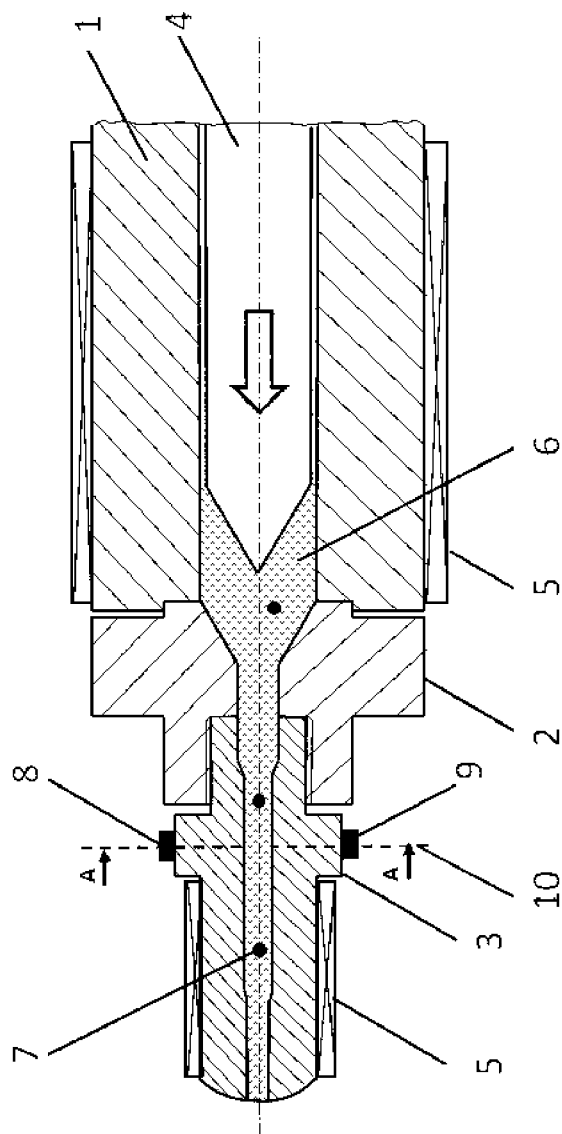


Fig. 2 b

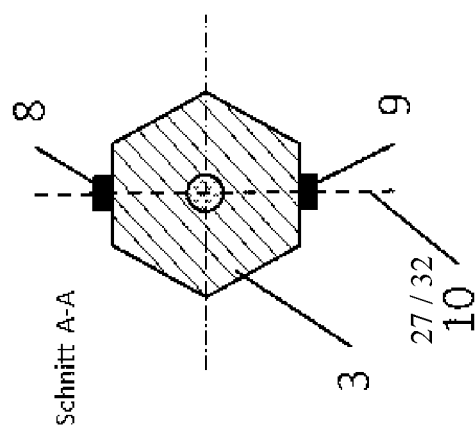


Fig. 3

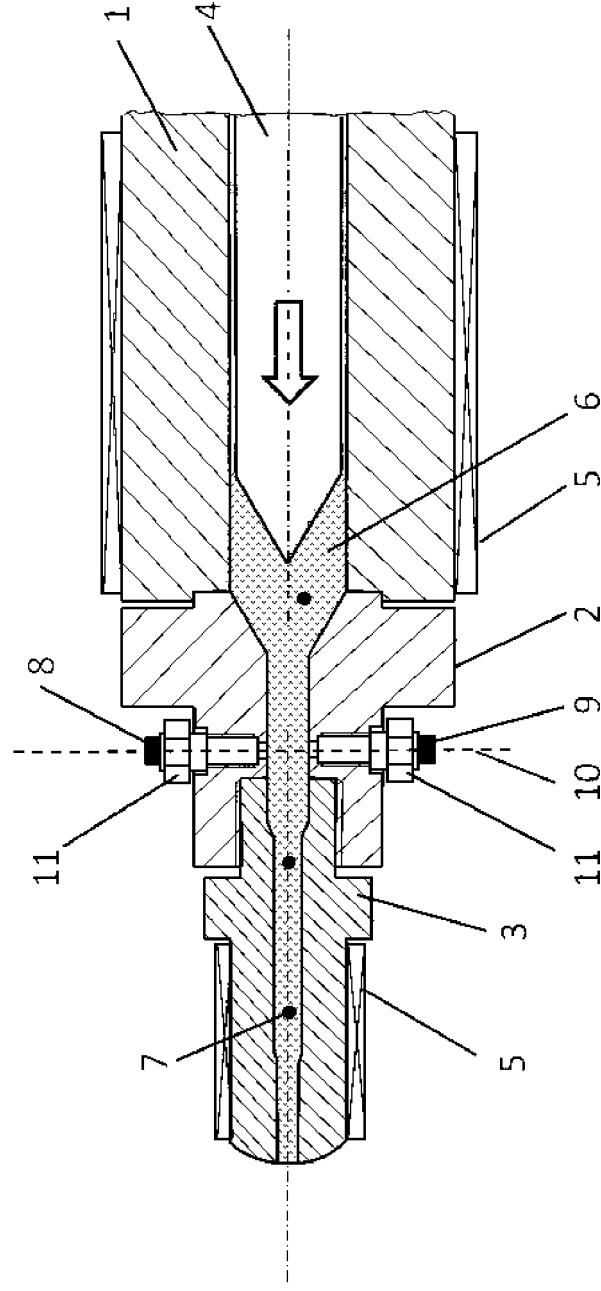


Fig. 4 a

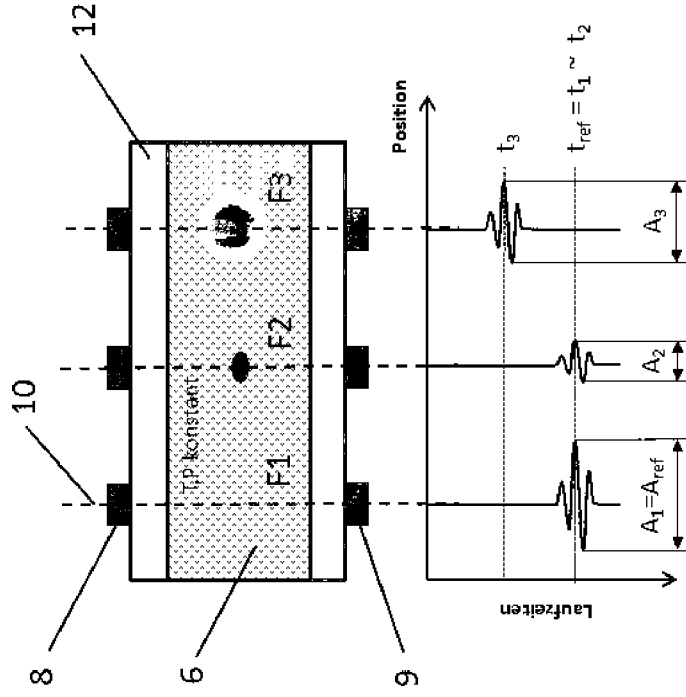


Fig. 4 b

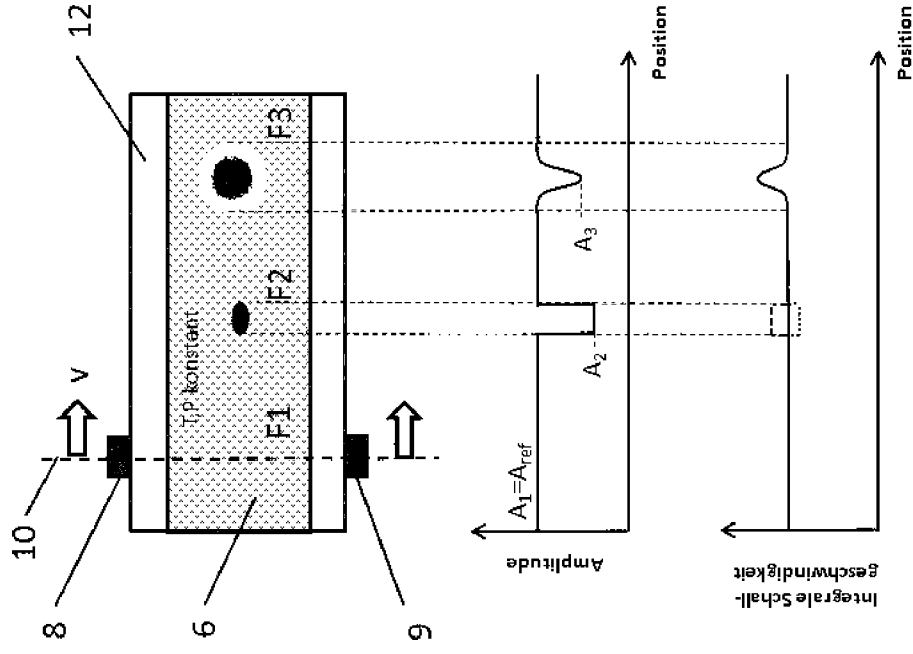


Fig. 5

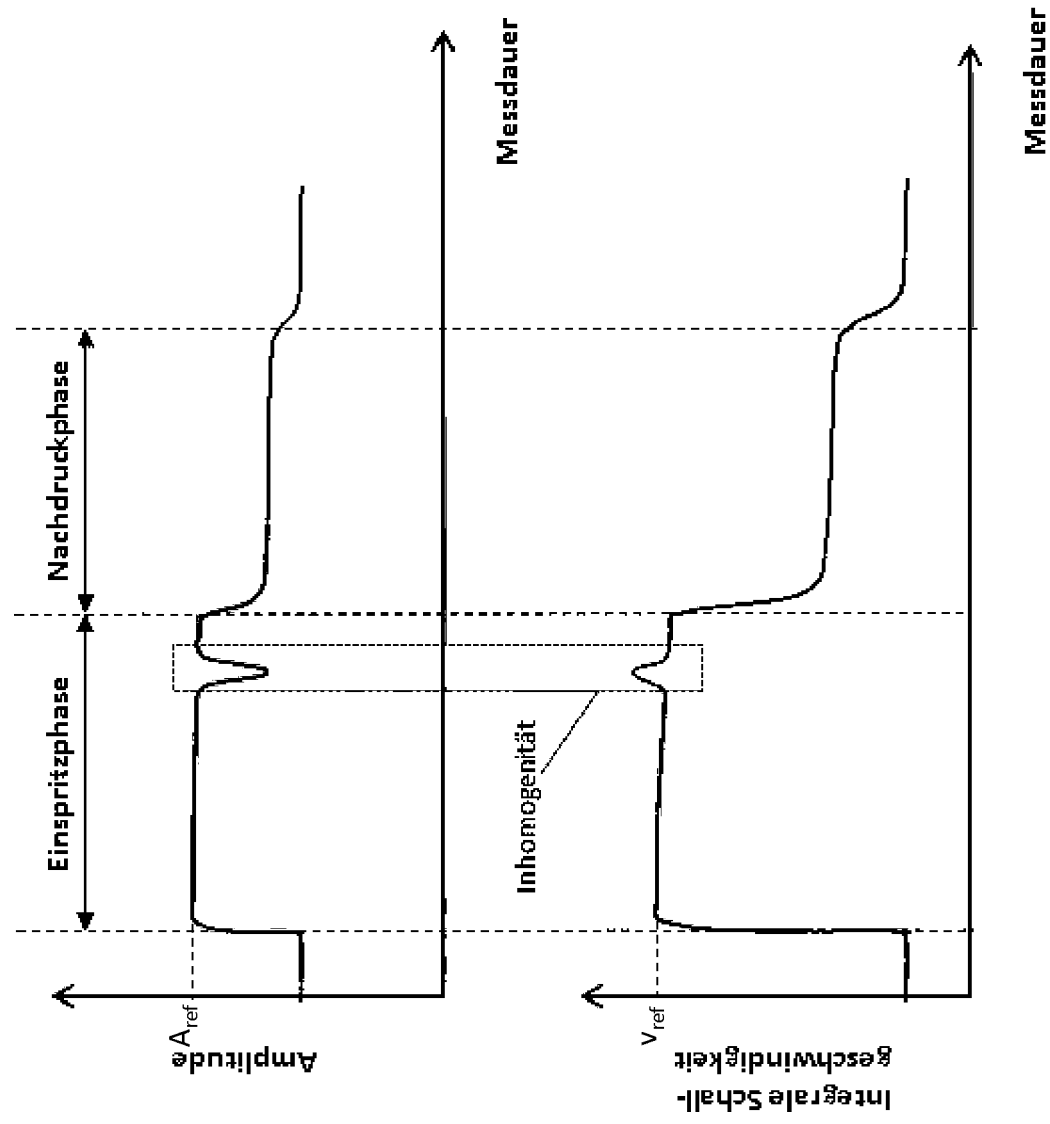
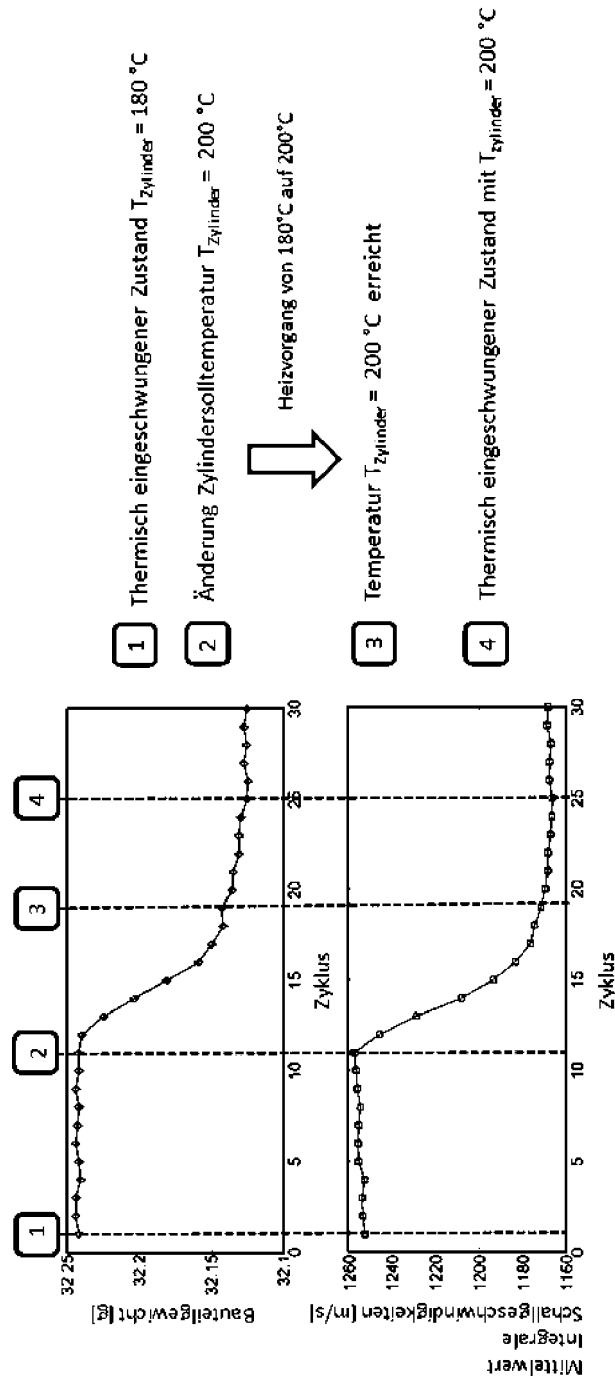


Fig. 6



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01N 29/04 (2006.01); **B29C 48/92** (2019.01); **B29C 45/76** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01N 29/04 (2013.01); **B29C 48/92** (2019.02); **B29C 45/76** (2016.05); **B29C 2945/76147** (2013.01);
B29C 2945/76197 (2013.01); **B29C 2948/92409** (2019.02); **B29C 2948/924** (2019.02); **B29C 2948/92228** (2019.02); **G01N 2291/02458** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01N, B29C

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPIAP, TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **24.08.2018** eingereichten Ansprüchen **1-16** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2179835 A1 (SIKORA AG [DE]) 28. April 2010 (28.04.2010) Absatz [0019]	1-16
X	WO 0196854 A2 (DOW CHEMICAL CO [US]) 20. Dezember 2001 (20.12.2001) Anspruch 15	1-16
X	US 4509360 A (ERWIN LEWIS [US], DOHNER JEFFREY L [US]) 09. April 1985 (09.04.1985) Spalte 1, Zeilen 57-66	1-16
X	WO 8505449 A1 (MOUNTFORD NORMAN DUNCAN GERARD) 05. Dezember 1985 (05.12.1985) Anspruch 12	1-16
X	US 2017021548 A1 (CZAPLEWSKI SARAH K et al) 26. Januar 2017 (26.01.2017) Ansprüche 1-4	1-16
X	JP H0275110 A (HITACHI CABLE) 14. März 1990 (14.03.1990) ganzes Dokument	1-16

Datum der Beendigung der Recherche:
09.04.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

SCHMELZER Peter

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
- P** Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.