

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50720/2018  
(22) Anmeldetag: 24.08.2018  
(43) Veröffentlicht am: 15.03.2020

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

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 510024 A4  
US 4604251 A  
DE 4445352 C1  
JP H08142160 A  
JP 2989110 B2

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

(72) Erfinder:  
Klammer Günther Dipl.Ing.  
3361 Aschbach Markt (AT)  
Praher Bernhard Dipl.Ing. Dr.  
4020 Linz (AT)

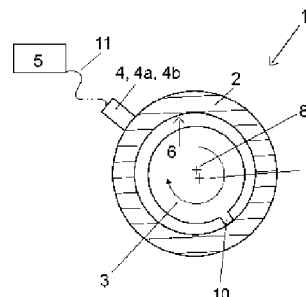
(74) Vertreter:  
Torggler Paul Mag. Dr.  
6020 Innsbruck (AT)

(54) **Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine**

(57) Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine umfassend wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) und wenigstens eine im Plastifizierzylinder (2) angeordnete Plastifizierschnecke (3), wobei wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit wenigstens einer Sendeeinheit (4a) zum Senden und wenigstens einer Empfangseinheit (4b) zum Empfangen von Ultraschall vorgesehen ist, welche wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit einer Auswerteeinheit (5) verbunden oder verbindbar ist, wobei die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schalleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schalleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist,

auf Basis einer Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) ein Vorhandensein und/oder eine Geometrie und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – insbesondere eine Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) zu bestimmen und auf Basis der Messung eine Meldung auszugeben.

Fig. 1a



## Zusammenfassung

Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine umfassend wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) und wenigstens eine im Plastifizierzylinder (2) angeordnete Plastifizierschnecke (3), wobei wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit wenigstens einer Sendeeinheit (4a) zum Senden und wenigstens einer Empfangseinheit (4b) zum Empfangen von Ultraschall vorgesehen ist, welche wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit einer Auswerteeinheit (5) verbunden oder verbindbar ist, wobei die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schalleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schalleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, auf Basis einer Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) ein Vorhandensein und/oder eine Geometrie und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – insbesondere eine Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) zu bestimmen und auf Basis der Messung eine Meldung auszugeben.

(Fig. 1a)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1, eine Formgebungsmaschine mit einer solchen Plastifiziereinheit und ein Verfahren zum Überprüfen wenigstens einer Plastifiziereinheit.

Unter Formgebungsmaschinen können dabei Spritzgießmaschinen, Spritzpressen, Pressen und dergleichen verstanden werden.

Im Stand der Technik geläufige Plastifiziereinheiten für Formgebungsmaschinen verfügen über einen Plastifizierzylinder, in welchem eine Plastifizierschnecke angeordnet ist. Die Plastifizierschnecke verfügt dabei meistens über einen Steg, der sich gewindeförmig entlang eines Umfanges der Plastifizierschnecke erstreckt.

Üblicherweise ist dabei die Plastifizierschnecke, welche im Plastifizierzylinder angeordnet ist, an ihrer einen Seite durch einen Antrieb oder eine Antriebseinheit gelagert und kann rotatorisch angetrieben werden. An der anderen Seite weist der Plastifizierzylinder in üblichen Ausführungsformen die Einspritzseite auf. An dieser Seite ist die Einspritzdüse des Plastifizierzylinders angeordnet, wodurch ein plastifiziertes Material aus der Plastifiziereinheit ausgebracht werden kann.

Die Plastifizierung erfolgt dabei, indem ein zu plastifizierendes Material durch die Plastifizierschnecke durch Druck und Scherung belastet wird. Durch die hohe Reibung, welche zwischen Plastifizierschnecke und zu plastifizierendem Material entsteht, wird das zu plastifizierende Material durch auftretende thermische Energie plastifiziert. Es kann zur Aufbringung einer thermischen Energie zur Plastifizierung eine zusätzliche Energiequelle vorgesehen sein, beispielsweise eine Heizspirale am oder im Plastifizierzylinder. Der während der Plastifizierung im vorderen Bereich der Plastifizierschnecke (im Bereich der Einspritzdüse) auftretende Druck wird als Staudruck bezeichnet.

Da die Plastifizierschnecke in der Regel einen etwas kleineren äußeren Durchmesser aufweist als der Innendurchmesser des Plastifizierzylinders, in welchem die

Plastifizierschnecke angeordnet ist, besitzt die Plastifizierschnecke einen gewissen Grad an Bewegungsfreiheit.

Gelagert wird die Plastifizierschnecke in der Regel im Plastifizierzylinder durch den einseitig angeordneten Antrieb. Durch die Wirkung der Schwerkraft auf die Plastifizierschnecke kann diese ausgelenkt werden. Während des Plastifizierens wirkt der im Plastifizierzylinder herrschende Druck entlang der Schneckengeometrie der Auslenkung der Plastifizierschnecke entgegen. Die Plastifizierschnecke richtet sich also im Optimalfall durch diesen Druck aus.

Es ist aber auch bekannt, dass die Plastifizierschnecke unter inneren Druckverhältnissen Taumelbewegungen (auch bezeichnet als Präzessionsbewegung) ausführen kann. Diese können so weit gehen, dass ein Kontakt zwischen Plastifizierschnecke und Plastifizierzylinder auftreten kann. Das ist natürlich zu vermeiden, da dies den ohnehin großen auftretenden Verschleiß der Plastifizierschnecke deutlich erhöht.

Folglich ergibt sich aus dem Stand der Technik das Bestreben, die Plastifizierschnecke möglichst koaxial während des Betriebs im Plastifizierzylinder auszurichten, sodass sich zwischen Plastifizierschnecke und Plastifizierzylinder über den Umfang ein konstanter Abstand ergibt. Jedoch stellt sich dies in gewissen Fällen als keine leichte Aufgabe heraus. Bekannt ist es, den auf die Plastifizierschnecke wirkenden Druck durch Variieren von Prozessparametern zu verändern, um die Plastifizierschnecke koaxial auszurichten, denn umso höher der auf die Plastifizierschnecke wirkende Druck ist, desto sicherer ist die koaxiale Ausrichtung der Plastifizierschnecke im Plastifizierzylinder. Jedoch ist es im Betrieb aufgrund von einzuhaltenden Prozessparametern eines Produktionszyklus nicht immer möglich, gewünschte Druckverhältnisse zu verwirklichen.

Die hier dargestellten Sachverhalte spielen sich aber allesamt im Inneren des Plastifizierzylinders ab, welcher aus offensichtlichen Gründen während des Betriebs nicht zugänglich ist.

Erstrebenswert wäre also eine Möglichkeit, eine Taumelbewegung (oder auch Präzession) der Plastifizierschnecke, einen Verschleiß der Plastifizierschnecke und/oder des Plastifizierzylinders, eine Kontaktierung zwischen Plastifizierschnecke und Plastifizierzylinder und/oder ähnliche Umstände des Betriebs erkennen zu können.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Plastifiziereinheit und ein Verfahren bereitzustellen, womit die Plastifizierschnecke während des Betriebs und unter möglichst geringer Beeinträchtigung des Fertigungsprozesses messtechnisch zugänglich wird.

Hinsichtlich der Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Dies geschieht, indem wenigstens eine Ultraschallvorrichtung mit wenigstens einer Sendeeinheit zum Senden und wenigstens einer Empfangseinheit zum Empfangen von Ultraschall vorgesehen ist, welche wenigstens eine Ultraschallvorrichtung mit einer Auswerteeinheit verbunden oder verbindbar ist, wobei

- die wenigstens eine Sendeeinheit an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder und/oder mit einer schallleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder integriert ist und
- die wenigstens eine Empfangseinheit an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder und/oder mit einer schallleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder integriert ist und
- die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, auf Basis einer Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung ein Vorhandensein und/oder eine Geometrie und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke – insbesondere eine Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke – in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder zu bestimmen und auf Basis der Messung eine Meldung auszugeben.

Hinsichtlich des Verfahrens wird die gestellte Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 25 gelöst, indem mittels Ultraschall ein Vorhandensein und/oder eine

Position wenigstens einer Plastifizierschnecke in wenigstens einem Plastifizierzylinder bestimmt wird.

Es ist zu bemerken, dass die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung als integraler Sender oder Empfänger ausgebildet sein kann. Alternativ kann die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung mehrteilig ausgebildet sein, d. h., dass sie wenigstens eine Sendeeinheit und – separat davon – wenigstens eine Empfangseinheit aufweist. Vorzugsweise kann jedoch vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Sendeeinheit und die wenigstens eine Empfangseinheit durch dieselben Bauteile zum Erfüllen einer Sendefunktion und einer Empfangsfunktion ausgebildet sind.

So kann es beispielsweise bei der Verwendung eines Piezoelementes (z.B. eines Piezolautsprechers) vorgesehen sein, dass durch Umkehr des Piezo-Effektes das Piezoelement zu einer Schwingung angeregt wird, was zu einer Ultraschallaussendung führt. Ein solches Piezoelement kann selbstverständlich auch als Empfangseinheit verwendet werden.

Durch das Anordnen wenigstens einer Sendeeinheit an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder und/oder in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder und/oder dadurch, dass die wenigstens eine Sendeeinheit über eine schallleitende Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder verbunden ist und eine Empfangseinheit an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder und/oder in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder und/oder dadurch, dass die wenigstens eine Empfangseinheit über eine schallleitende Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder verbunden ist, kann durch das Senden und Empfangen der wenigstens eines Ultraschallsignales auf eine sehr präzise Art und Weise Aufschluss darüber gegeben werden, ob im wenigstens einen Plastifizierzylinder überhaupt eine Plastifizierschnecke vorhanden ist oder auch welche Geometrie oder Position die Plastifizierschnecke in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder aufweist/einnimmt.

Unter der Exzentrizität der Plastifizierschnecke kann der Abstand der Mittelachse der Plastifizierschnecke von einer Mittelachse des Plastifizierzylinders – gegebenenfalls an einer gewissen axialen Position – verstanden werden.

Somit ist es auch durchaus denkbar, dass beispielsweise die Sendeeinheit in den wenigstens einen Plastifizierzylinder integriert ist und die Empfangseinheit durch eine schalleitende Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder verbunden ist.

Messsignale, welche von der Ultraschallvorrichtung, insbesondere von der Empfangseinheit, gemessen und der Auswerteeinheit zugeführt werden, können vor der Übermittlung an die Auswerteeinheit einer Vorprozessierung im nachrichtentechnischen Sinn unterzogen werden. Eine solche Aufbereitung kann beispielsweise eine Analog-Digital-Wandlung der Signale und/oder das Anwenden verschiedener Filter beinhalten.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Es kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung dazu ausgebildet ist, eine Laufzeitmessung durchzuführen. Dies stellt eine einfache Art der Vermessung der Plastifizierschnecke dar. Natürlich ist es auch denkbar interferometrische Messungen oder Messungen aufgrund von Beugungseffekten heranzuziehen.

Im Rahmen der Erfindung kann unter einer Messung verstanden werden, dass die Sendeeinheit zumindest einmal ein Ultraschallsignal aussendet, dessen reflektiertes, gebeugtes oder anderweitig durch die Interaktion mit der Plastifizierschnecke verändertes Signal von der Empfangseinheit detektiert wird. Bei gepulstem Aussenden der Signale, was in Verbindung mit Laufzeitmessungen vorteilhaft sein kann, können die von der Sendeeinheit ausgesendeten Ultraschallpulse in kurzer Zeit sehr oft ausgesendet werden. Es können dadurch mehrere Tausend Messungen (und mehr) pro Sekunde durchgeführt werden.

Auch das kontinuierliche Aussenden der Ultraschallsignale durch die Sendeeinheit ist denkbar, z.B. in Verbindung mit interferometrischen Messungen.

Des Weiteren kann es vorzugsweise vorgesehen sein, dass die Plastifiziereinheit dazu ausgebildet ist, aufgrund der Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung wenigstens einen Prozessparameter zu variieren. Ein solcher zu variierender Prozessparameter kann beispielsweise ein Prozessparameter sein welcher eine Erhöhung der Druckverhältnisse im Plastifizierzylinder mit sich zieht und somit der eine Erhöhung des wirkenden Drucken entlang eines Umfanges der Plastifizierschnecke. So kann, wenn beispielsweise nur eine Ultraschallvorrichtung vorgesehen ist, sichergestellt werden, dass die Plastifizierschnecke während der Messung möglichst koaxial im Plastifizierzylinder angeordnet ist, um bei einer Messung beispielsweise eines Abstands zwischen Plastifizierschnecke und Plastifizierzylinder ein Ergebnis zu erlangen, welches nicht durch eine Exzentrizität der Plastifizierschnecke im Plastifizierzylinders verfälscht wird.

Es kann vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit in die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung integriert ist. Jedoch sind auch Ausführungsbeispiele denkbar, bei denen die Auswerteeinheit durch ein separates Bauteil ausgeführt ist und die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung mit der Auswerteeinheit verbunden ist oder verbindbar ist.

So kann es beispielsweise vorgesehen sein, dass die Funktion der Auswerteeinheit durch eine zentrale Steuer- und Regeleinheit einer Formgebungsmaschine ausgeführt ist. Jedoch ist es auch möglich, dass die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung über eine LAN-, WLAN- und/oder Datenfernübertragungsverbindung (z.B. Internet) mit einer Auswerteeinheit verbindbar ist.

Es kann vorgesehen sein, dass wenigstens zwei Ultraschallvorrichtungen vorgesehen sind, wobei wenigstens zwei Sendeeinheiten und wenigstens zwei Empfangseinheiten entlang eines Umfangs des wenigstens einen Plastifizierzylinders an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder angeordnet und/oder über eine schallleitende Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder integriert sind – vorzugsweise axial zueinander und/oder innerhalb eines radialen Querschnitts durch den wenigstens einen Plastifizierzylinder. So kann es beispielsweise beim Vorsehen von

wenigstens zwei Ultraschallvorrichtung entlang eines Umfangs des wenigstens einen Plastifizierzylinders innerhalb eines radialen Querschnitts durch den wenigstens einen Plastifizierzylinder ermöglicht werden, dass eine genaue Position der Plastifizierschnecke in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder ermittelt werden kann. Auch eine Interaktion zwischen den wenigstens zwei Ultraschalleinheiten ist durchaus denkbar, sodass von der einen Ultraschallvorrichtung ausgesendete Ultraschallsignale von der anderen Ultraschallvorrichtung empfangen werden.

Weiters kann es vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, einen Abstand zwischen einer inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke zu bestimmen. So kann beispielsweise ein Abstand zwischen einem Steg einer Plastifizierschnecke und einer inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders bestimmt werden oder auch der Abstand zwischen innerer Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders und des Nutgrundes der wenigstens einen Plastifizierschnecke. Besonders bevorzugt kann dabei vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, durch den bestimmten Abstand zwischen der inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke einen Verschleiß zu bestimmen. So kann beispielsweise bei einem wachsenden Abstand darauf geschlossen werden, dass sich ein Verschleiß der wenigstens einen Plastifizierschnecke und/oder des wenigstens einen Plastifizierzylinders ergeben hat. Weiters kann es dabei vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit so ausgebildet ist, den Verschleiß der wenigstens einen Plastifizierschnecke und/oder der inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders zu bestimmen.

Vorzugsweise kann auch vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, aufgrund des bestimmten Abstandes zwischen der inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke eine Position eines Stegs der wenigstens einen Plastifizierschnecke zu bestimmen.

Des Weiteren kann es vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, durch den bestimmten Abstand zwischen der inneren Oberfläche des wenigstens

einen Plastifizierzylinders und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke eine momentane Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke zu bestimmen. Dabei kann insbesondere die Position des Stegs berücksichtigt werden. Vorzugsweis kann dabei vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, die Position einer Mittelachse der wenigstens einen Plastifizierschnecke in Bezug auf eine Mittelachse des wenigstens einen Plastifizierzylinders zu bestimmen.

Es kann vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, einen Kontaktpunkt zwischen der wenigstens einen Plastifizierschnecke und einer inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders zu bestimmen. So kann es in einem Ausführungsbeispiel vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit bei einem Feststellen eines gewissen Abstands zwischen der inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders und der Plastifizierschnecke darauf rückschließen kann, dass die wenigstens eine Plastifizierschnecke an der inneren Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders den wenigstens einen Plastifizierzylinder kontaktiert. Es können dann Warnungen ausgegeben werden oder (automatische) Gegenmaßnahmen getroffen werden, um die Kontaktierung zu verhindern.

Besonders bevorzugt kann es vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung eine Lage und/oder eine Bewegung der wenigstens einen Plastifizierschnecke zu bestimmen. Dabei kann es vorgesehen sein, dass zwei separate Messungen

- durch die gleiche Ultraschallvorrichtung zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt werden und/oder
- durch wenigstens zwei Ultraschallvorrichtungen durchgeführt werden.

Die Auswerteeinheit kann dabei dazu ausgebildet sein, aus separaten Messungen eine Rotationsbewegung – vorzugsweise eine Rotationsgeschwindigkeit der wenigstens einen Plastifizierschnecke – zu bestimmen. So kann es beispielsweise vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit durch die zwei separaten Messungen eine Bewegung eines Stegs der wenigstens einen Plastifizierschnecke feststellt und

durch diese Bewegung eines Stegs unter Zuhilfenahme der Zeit, welche zwischen den zwei separaten Messungen vorhanden ist, auf eine Rotationsgeschwindigkeit schließt. Allgemein formuliert kann auch durch solche Messungen auf den Bewegungszustand der Plastifizierschnecke geschlossen werden. Dieser Bewegungszustand kann durch kinematische Parameter ausgedrückt werden, wofür die Rotationsgeschwindigkeit ein Beispiel ist.

Statt des Steges können auch Verschleißriefen, die beispielsweise an äußeren Oberflächen der Plastifizierschnecke auftreten zum Herausfinden des Bewegungszustandes der Plastifizierschnecke auf diese Art verwendet werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen zumindest einen Teil einer Schneckengeometrie der wenigstens einen Plastifizierschnecke zu bestimmen. Somit kann die Auswerteeinheit in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dazu ausgebildet sein, dass sie durch die Messsignale der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung auf eine Schneckengeometrie und/oder Schneckenart rückschließen kann.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass die Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen eine Bewegung einer Mittelachse der wenigstens einen Plastifizierschnecke – vorzugsweise in Bezug auf eine Mittelachse des wenigstens einen Plastifizierzylinders, besonders bevorzugt eine Präzessionsbewegung oder Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke – zu bestimmen.

Besonders bevorzugt kann es vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit und/oder eine zentrale Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine dazu ausgebildet ist, einen Alarm auszugeben und/oder ein Steuersignal für die Plastifiziereinheit zu verändern falls eine durch die Auswerteeinheit bestimmte Istgröße einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet und/oder unterschreitet. Als Istgröße ist dabei auf eine der bereits erwähnten Größen zu verweisen, wie beispielsweise den Abstand zwischen innerer Oberfläche des wenigstens einen Plastifizierzylinders und wenigstens einer Plastifizierschnecke und/oder dem Verschleiß und/oder dem Vorhandensein eines Kontaktpunktes zwischen Plastifizierzylinders und Plastifizierschnecke und/oder einer Position der Mittelachse der wenigstens einen

Plastifizierschnecke und/oder einer Bewegung der wenigstens einen  
Plastifizierschnecke und/oder einer Bewegung der Mittelachse der wenigstens einen  
Plastifizierschnecke in Bezug auf die Mittelachse des wenigstens einen  
Plastifizierzylinders und/oder Ähnlichen.

So kann es beispielsweise vorgesehen sein, dass das zu verändernde Steuersignal eine Prozessgröße betrifft, wobei eine Veränderung der Prozessgröße ein Verändern des Staudrucks in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder mit sich zieht. In diesem beispielhaften Ausführungsbeispiel kann somit die Lage der wenigstens einen Plastifizierschnecke in wenigstens einem Plastifizierzylinder durch Einstellen des Staudrucks verändert werden. Weitere Prozessgrößen die beispielsweise variiert werden könnten um eine Lage der wenigstens einen Plastifizierschnecke in wenigstens einem Plastifizierzylinder zu verändern wären Geschwindigkeiten von bewegten Teilen im wenigstens einen Plastifizierzylinder, Plastifizierschneckengrößen oder -typen oder andere Prozessgrößen die direkten oder indirekten Einfluss auf die Druckverhältnisse im wenigstens einen Plastifizierzylinder haben.

Vorzugsweise kann es auch vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit mit einer Anzeigevorrichtung, zum Anzeigen einer momentanen Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke im wenigstens einen Plastifizierzylinder, verbunden oder verbindbar ist.

Es kann vorzugsweise auch vorgesehen sein, dass die Auswerteeinheit mit einer Anzeigevorrichtung, zum Anzeigen eines Verschleißes der wenigstens einen Plastifizierschnecke und/oder einer Präzession der wenigstens einen Plastifizierschnecke, verbunden oder verbindbar ist.

Es kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, eine Meldung an einen Bediener (beispielsweise visuell oder akustisch) auszugeben oder auch an eine mit der Auswerteeinheit verbundene zentrale Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine. Es kann des Weiteren vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Auswerteeinheit mit einer zentralen Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine verbunden ist, wobei

vorgesehen sein kann, dass die Aufgaben der wenigstens einen Auswerteeinheit teilweise von der zentralen Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine übernommen werden.

Des Weiteren wird Schutz begehrt für eine Formgebungsmaschine mit einer erfindungsgemäßen Plastifiziereinheit, wobei die Auswerteeinheit vorzugsweise dazu ausgebildet ist, ein Vorhandensein und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke während des Betriebs der Formgebungsmaschine zu bestimmen.

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

- Fig. 1a ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Plastifiziereinheit,
- Fig. 1b einen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel der Fig. 1a,
- Fig. 2a eine erste Messung der Ultraschallvorrichtung aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1a,
- Fig. 2b ein Diagramm, welches die Ergebnisse der Messung aus Fig. 2a darstellt,
- Fig. 3a eine weitere Messung der Ultraschallvorrichtung aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1a
- Fig. 3b ein Diagramm, welches die Ergebnisse der Messung aus Fig. 3a darstellt,
- Fig. 4a ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Plastifiziereinheit mit zwei Ultraschallvorrichtungen,
- Fig. 4b ein Diagramm, welches die Ergebnisse der Messung der ersten Ultraschallvorrichtung aus Fig. 4a darstellt und
- Fig. 4c ein Diagramm, welches die Ergebnisse der Messung der zweiten Ultraschallvorrichtung aus Fig. 3a darstellt.

Fig. 1a zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Plastifiziereinheit 1 für eine Formgebungsmaschine, wobei eine Plastifizierschnecke

3 im Plastifizierzylinder 2 angeordnet ist. Dabei ist die Plastifizierschnecke 3 dazu ausgebildet, eine Rotationsbewegung im Plastifizierzylinder 2 auszuführen, wie durch den Pfeil angedeutet ist. Die Plastifizierschnecke 3 weist einen Steg 10 auf, welcher sich gewindeförmig am Umfang der Plastifizierschnecke 3 erstreckt. Des Weiteren ist am Plastifizierzylinder 2 eine Ultraschallvorrichtung 4 vorgesehen, welche durch eine signalleitende Verbindung 11 mit einer Auswerteeinheit 5 verbunden ist.

In diesem Ausführungsbeispiel ist die Sendeeinheit 4a und die Empfangseinheit 4b durch dasselbe Bauteil (hier als Ultraschallvorrichtung 4 dargestellt) ausgeführt.

Optional kann eine separate Datenaufbereitungsvorrichtung zwischen Empfangseinheit 4b und Auswerteeinheit 5 vorgesehen sein, mittels welcher Signale der Ultraschallvorrichtung 4 – insbesondere der Empfangseinheit 4b – für die Auswerteeinheit 5 aufbereitet werden können. Eine solche Aufbereitung kann eine Analog-Digital-Wandlung der Signale und das Anwenden verschiedener Filter, also allgemein eine Vorprozessierung im nachrichtentechnischen Sinn, beinhalten.

Die Plastifizierschnecke 3 weist eine Mittelachse 9 auf und der Plastifizierzylinder 2 weist eine Mittelachse 8 auf. Hierdurch ist gut zu erkennen, dass die Mittelachse 8 des Plastifizierzylinders 2 und die Mittelachse 9 der Plastifizierschnecke 3 einen Abstand zueinander besitzen, wodurch die Plastifizierschnecke 3 exzentrisch zum Plastifizierzylinder 2 ist.

Fig. 1b zeigt einen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel der Fig. 1a, wobei schön zu erkennen ist, wie der Steg 10 sich gewindeförmig entlang des Umfanges der Plastifizierschnecke 3 in axialer Richtung erstreckt. Des Weiteren ist hierbei zu erkennen, dass zwischen Plastifizierschnecke 3 und Plastifizierzylinder 2 ein Abstand 7 vorhanden ist.

Es ergeben sich unterschiedliche Druckverhältnisse entlang des Umfanges der Plastifizierschnecke 3 aufgrund von einem asymmetrischen Querschnitt der Plastifizierschnecke 3 (durch den Steg 10 der sich gewindeförmig am Umfang der Plastifizierschnecke 3 erstreckt). Anders ausgedrückt: Für eine abgewickelte Plastifizierschnecke 3 ergibt sich aufgrund der Prozesseinstellungen der

Plastifiziereinheit 1 ein Druckprofil über die Länge der Abwicklung der Plastifizierschnecke 3, wobei sich das Druckprofil über die Länge der Abwicklung verändert. Dieses Druckprofil führt dazu, dass der Druck im Querschnitt der Plastifizierschnecke 3 nicht gleich verteilt ist. Folglich führt dies dazu, dass sich eine Reaktionskraft in radialer Richtung auf die Plastifizierschnecke 3 ergibt, was zu einer Präzession (einem „Eiern“) der Plastifizierschnecke 3 um eine Mittelachse 8 des Plastifizierzylinders 2 führt.

Die Plastifizierschnecke 3 ist aufgrund ihrer Massebelastung nicht unendlich steif und reagiert aufgrund der Gravitation mit einer Auslenkung. Diese Auslenkung wiederum hat eine Verschiebung der Mittelachse 9 der Plastifizierschnecke 3 im Vergleich zur Mittelachse 8 des Plastifizierzylinders 2 zur Folge, was bei einer Rotation zu einer Präzession führen kann oder eine solche verstärken kann.

Aufgrund der Rotation der Plastifizierschnecke 3 ergibt sich durch die Reibung der Plastifizierschnecke 3 an einer inneren Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 (hierbei tritt teilweise ein sogenannter Stick-Slip-Effekt – oder auch Haftgleiteffekt genannt – auf) eine ungleiche Kraftverteilung in tangentialer Richtung, sodass die Plastifizierschnecke 3 zu einer Präzession neigt oder eine solche verstärken kann, sobald ein Kontakt zwischen Plastifizierschnecke 3 an einer inneren Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 besteht.

Fig. 2a zeigt eine erste Messung der Ultraschallvorrichtung 4 aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1a, wobei die Ultraschallvorrichtung 4 sowohl als Sendeeinheit 4a als auch als Empfangseinheit 4b ausgebildet ist. Die Ultraschallvorrichtung 4 sendet dabei ein Ultraschallsignal 12 aus. Das ausgesendete Ultraschallsignal 12 wird von der inneren Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 reflektiert, wobei von der Ultraschallvorrichtung 4 das reflektierte Ultraschallsignal 12.1 empfangen wird. Durch dieses reflektierte Ultraschallsignal 12.1 kann somit eine Dicke des Plastifizierzylinders 2 ermittelt werden.

Das durch die Ultraschallvorrichtung 4 ausgesendete Ultraschallsignal 12 wird des Weiteren von der Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 reflektiert, wobei durch die Ultraschallvorrichtung 4 das reflektierte Ultraschallsignal 12.2 empfangen wird.

Dieses Ultraschallsignal 12.2 gibt Aufschluss über die Entfernung zwischen der Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 und der Ultraschallvorrichtung 4.

Nun kann die Ultraschallvorrichtung 4 die empfangenen Ultraschallsignale 12.1, 12.2 an die Auswerteeinheit 5 über die signalleitende Verbindung 11 weiterleiten, wobei die Auswerteeinheit 5 durch die Differenz einen Abstand 7 zwischen der inneren Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 und Plastifizierschnecke 3 bestimmen kann. Es kann dabei vorgesehen sein, dass in der Auswerteeinheit 5 eine geometrische Abmessung der Plastifizierschnecke 3 hinterlegt ist, wobei die Auswerteeinheit 5 dazu in der Lage sein kann, aufgrund des bestimmten Abstandes 7 eine Position der Plastifizierschnecke 3 im Plastifizierzylinder 2 festzustellen und dabei die Abweichung einer Mittelachse 9 der Plastifizierschnecke 3 zu einer Mittelachse 8 des Plastifizierzylinders 2 zu berechnen, wodurch es ermöglicht wird, durch Veränderung eines Prozessparameters (beispielsweise des Staudruckes) diese Abweichung der Mittelachse 8 zu der Mittelachse 9 zu verkleinern.

Fig. 2b zeigt ein Diagramm, welches die empfangenen Ultraschallsignale 12.1, 12.2 der Ultraschallvorrichtung 4 entlang einer als Zeit dargestellten Abszisse  $t$  darstellt. Die Ordinate ist dabei als Intensität  $X$  der empfangenen Ultraschallsignale zu verstehen. Es ist ein weiteres Ultraschallsignal 12.3 zu erkennen. Dieses Ultraschallsignal 12.3 ergibt sich aufgrund eines durch die Ultraschalleinheit 4 ausgesendeten Ultraschallsignals 12, welches durch die Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 reflektiert wurde, durch die innere Oberfläche 6 des Plastifizierzylinder 2 wieder an die Plastifizierschnecke 3 zurückgeleitet wurde und schließlich von der Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 wieder zurück an die Ultraschallvorrichtung 4 gelangt. Auch wenn dieses Ultraschallsignal 12.3 aufgrund seiner erhöhten Strecke bereits an Intensität  $X$  verlor, gibt das Ultraschallsignal 12.3 immer noch Aufschluss auf einen Abstand zwischen innerer Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 und der Oberfläche der Plastifizierschnecke 3. So ist es durch dieses Ultraschallsignal 12.3 beispielsweise möglich, aufgrund eines ausgesendeten Ultraschallsignals der Ultraschallvorrichtung 4 zeitversetzte Rückmeldungen zu empfangen, wodurch die Möglichkeit geschaffen wird, durch lediglich ein ausgesendetes Ultraschallsignal 12 eine Bewegung der Plastifizierschnecke 3 festzustellen.

Aufgrund dessen, dass durch die Ultraschallvorrichtung 4 ausgesendete Ultraschallsignale 12 zwischen einer Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 und der inneren Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 oszillieren sind auch noch weitere Ultraschallsignale – wie das Ultraschallsignal 12.3 – mit einem zeitlichen Versatz zu erwarten. Auch wenn diese weiteren Ultraschallsignale in ihrer Intensität  $X$  abnehmen (bis sie eine Intensität  $X$  erreichen, welche messtechnisch durch die Ultraschallvorrichtung 4 nichtmehr wahrnehmbar sind), können diese Ultraschallsignale für die Auswertung in der Auswerteeinheit 5 (beispielsweise einer Bewegung der Plastifizierschnecke 3) herangezogen werden.

Fig. 3a und Fig. 3b zeigen eine weitere Messung der Ultraschallvorrichtung 4 aus der zuvor bereits beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Plastifiziereinheit 1, jedoch erfolgt bei der Messung der Fig. 3a eine Messung der Ultraschallvorrichtung 4 während der Steg 10 der Plastifizierschnecke 3 sich im Messbereich befindet. Wiederum ist es schön zu erkennen, wie ein erstes Ultraschallsignal 12.1 von der inneren Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 reflektiert wird und ein zweites Ultraschallsignal 12.2 durch die Oberfläche (den Steg 10) der Plastifizierschnecke 3.

Dementsprechend ist in Fig. 3b gut zu erkennen, wie das zweite Ultraschallsignal 12.2, welches vom Steg 10 der Plastifizierschnecke 3 reflektiert wurde, zeitlich viel früher wieder durch die Ultraschallvorrichtung 4 empfangen wird, als im Vergleich zur Fig. 2b. Hierdurch lässt sich durch die Auswerteeinheit 5 eindeutig ein verringerter Abstand 7 feststellen, was der Auswerteeinheit 5 Aufschluss auf ein Vorhandensein eines Steges 10 der Plastifizierschnecke 3 gibt.

Über die Messung der Anzahl der Stege 10 pro Minute, welche an der Ultraschallvorrichtung 4 „vorbeikommen“, kann durch die Auswerteeinheit 5 die Drehzahl der Plastifizierschnecke 3 ermittelt werden.

Wenn durch die Auswerteeinheit 5 eine Oszillation der Werte festgestellt werden kann, kann durch die Messung auch auf eine Präzession der Plastifizierschnecke 3 geschlossen werden. Durch das Feststellen einer Präzession der

Plastifizierschnecke 3 kann anschließend der Prozess der Plastifiziereinheit 1 verschleißoptimiert werden, sodass die Präzession (das „Eiern“) und damit die Reduktion des Schmierfilms zwischen Plastifizierschnecke 3 und innerer Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2, reduziert werden kann.

Die Ultraschallvorrichtung 4 kann dazu ausgebildet sein – je nach Methode – einen Impuls oder ein kontinuierliches Ultraschallsignal auszusenden. Je nach vorliegendem Abstand 7 erhält die Ultraschallvorrichtung 4 ein unterschiedliches (reflektiertes) Ultraschallsignal 12.1, 12.2, 12.3, welches die Ultraschallvorrichtung 4 in ein elektrisches Signal umwandelt und an die Auswerteeinheit 5 über signalleitende Verbindung übersendet. Diese empfangenen Ultraschallsignale 12.1, 12.2, 12.3 unterscheiden sich in Impulszeit oder auch in Form (z. B. der Eigenfrequenz) des Signals. Dadurch kann – je nach Position der Plastifizierschnecke 3 – eine Aussage über den Abstand 7 zwischen innerer Oberfläche 6 des Plastifizierzylinders 2 und Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 getroffen werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann es auch vorgesehen sein, dass eine zweite Ultraschallvorrichtung 4 vorgesehen ist, wie in Fig. 4a dargestellt. Dabei sind die Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 der Fig. 4a entlang eines Umfangs des Plastifizierzylinders 2 innerhalb eines radialen Querschnitts am Plastifizierzylinder 2 angeordnet. Genauer gesagt sind die zwei Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 um 180° innerhalb eines Querschnitts am Umfang des Plastifizierzylinder 2 versetzt. Wiederum umfasst jede der zwei Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 eine Sendeeinheit 4a und eine Empfangseinheit 4b, welche durch dasselbe Bauteil ausgeführt sind.

Wiederum senden die Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 ein Ultraschallsignal 12 aus, welches durch eine unterschiedliche Reflektion als Ultraschallsignale 12.1, 12.2 wieder an die Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 zurückgeworfen werden.

In Fig. 4b ist tabellarisch das empfangene Signal der Ultraschallvorrichtung 4.1 gezeigt und in Fig. 4c tabellarisch das empfangene Signal der Ultraschallvorrichtung 4.2. Dabei ist gut zu erkennen, wie die Ultraschallsignale 12.1, welche durch die Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 aufgenommen wurden, Aufschluss über den

gleichen Abstand 7 zwischen Ultraschallvorrichtungen 4.1, 4.2 und innerer Oberfläche 6 des Plastifizierzylinder 2 geben, womit darauf zu schließen ist, dass der Plastifizierzylinder 2 entlang seines Umfangs die gleiche Wanddicke aufweist. Das Ultraschallsignal 12.2, welches von der Oberfläche der Plastifizierschnecke 3 reflektiert wurde, ist jedoch zeitversetzt in den Figuren 4b und 4c zu erkennen, was darauf Aufschluss gibt, dass die Plastifizierschnecke 3 exzentrisch im Plastifizierzylinder 2 positioniert ist.

Durch diesen Zeitversatz der Ultraschallsignale 12.2 aus Fig. 4b und 4c (Zeitdifferenz  $y$ ), kann durch die Auswerteeinheit 5 die genaue Lage der Mittelachse 9 der Plastifizierschnecke 3 zu der Mittelachse 8 des Plastifizierzylinders 2 berechnet werden.

## Bezugszeichenliste:

1	Plastifiziereinheit
2	Plastifizierzylinder
3	Plastifizierschnecke
4	Ultraschallvorrichtung
4a	Sendeeinheit
4b	Empfangseinheit
4.1	Ultraschallvorrichtung
4.2	Ultraschallvorrichtung
5	Auswerteeinheit
6	Innere Oberfläche des Plastifizierzylinders
7	Abstand
8	Mittelachse des Plastifizierzylinders
9	Mittelachse der Plastifizierschnecke
10	Steg
11	Signalleitende Verbindung
12	Ultraschallsignal
12.1	Ultraschallsignal
12.2	Ultraschallsignal
12.3	Ultraschallsignal
X	Intensität des empfangenen Signals
t	Zeit
y	Zeitdifferenz

Innsbruck, am 24. August 2018

## Patentansprüche

1. Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine umfassend wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) und wenigstens eine im Plastifizierzylinder (2) angeordnete Plastifizierschnecke (3), dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit wenigstens einer Sendeeinheit (4a) zum Senden und wenigstens einer Empfangseinheit (4b) zum Empfangen von Ultraschall vorgesehen ist, welche wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit einer Auswerteeinheit (5) verbunden oder verbindbar ist, wobei
  - die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schallleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und
  - die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schallleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und
  - die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, auf Basis einer Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) ein Vorhandensein und/oder eine Geometrie und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – insbesondere eine Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) zu bestimmen und auf Basis der Messung eine Meldung auszugeben.
2. Plastifiziereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) dazu ausgebildet ist, eine Laufzeitmessung durchzuführen.
3. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plastifiziereinheit (1) dazu ausgebildet ist, während der Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) wenigstens einen Prozessparameter zu variieren.

4. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) in die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) integriert ist.
5. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Ultraschallvorrichtungen (4) vorgesehen sind, wobei wenigstens zwei Sendeeinheiten (4a) und wenigstens zwei Empfangseinheiten (4b) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schalleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert sind, vorzugsweise axial zueinander und/oder innerhalb eines radialen Querschnittes durch den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2).
6. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, einen Abstand (7) zwischen einer inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
7. Plastifiziereinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, durch den bestimmten Abstand (7) zwischen der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) einen Verschleiß zu bestimmen.
8. Plastifiziereinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, den Verschleiß der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) und/oder der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) zu bestimmen.
9. Plastifiziereinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, durch den bestimmten Abstand (7) zwischen der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen

- Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) eine momentane Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
10. Plastifiziereinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, die Position einer Mittelachse der wenigstens einen Plastifizierschnecke in Bezug auf eine Mittelachse des wenigstens einen Plastifizierzylinders zu bestimmen.
  11. Plastifiziereinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aufgrund des bestimmten Abstandes (7) zwischen der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) eine Position eines Steges (10) der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
  12. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, einen Kontaktpunkt zwischen der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) und einer inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) zu bestimmen.
  13. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) eine Lage und/oder eine Bewegung der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
  14. Plastifiziereinheit nach Anspruch 13 und vorzugsweise nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei separate Messungen
    - durch die gleiche Ultraschallvorrichtung (4) zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt werden und/oder
    - durch wenigstens zwei Ultraschallvorrichtungen (4) durchgeführt werden.

15. Plastifiziereinheit nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen eine Rotationsbewegung, vorzugsweise eine Rotationsgeschwindigkeit, der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
16. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen zumindest einen Teil einer Schneckengeometrie der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
17. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen eine Bewegung einer Mittelachse (9) der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3), vorzugsweise in Bezug auf eine Mittelachse (8) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2), besonders bevorzugt eine Präzession oder Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3), zu bestimmen.
18. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) und/oder eine zentrale Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine dazu ausgebildet ist, einen Alarm auszugeben und/oder ein Steuersignal für die Plastifiziereinheit (1) zu verändern, falls eine durch die Auswerteeinheit (5) bestimmte Istgröße einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet und/oder unterschreitet.
19. Plastifiziereinheit nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das zu verändernde Steuersignal eine Prozessgröße betrifft, wobei eine Veränderung der Prozessgröße eine Veränderung des Staudruckes in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) mit sich zieht.
20. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) mit einer Anzeigevorrichtung, zum Anzeigen einer momentanen Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) im wenigstens einen Plastifizierzylinder (2), verbunden oder verbindbar ist.

21. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) mit einer Anzeigevorrichtung, zum Anzeigen eines Verschleißes der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3), verbunden oder verbindbar ist.
22. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) und die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) baulich in einer Einheit kombiniert sind, vorzugsweise die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) und die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) durch dieselben Bauteile zum Erfüllen einer Sendefunktion und einer Empfangsfunktion ausgebildet sind.
23. Formgebungsmaschine mit einer Plastifiziereinheit (1) nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche.
24. Formgebungsmaschine nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, ein Vorhandensein und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) während des Betriebs der Formgebungsmaschine zu bestimmen.
25. Verfahren zum Überprüfen wenigstens einer Plastifiziereinheit (1) einer Formgebungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Ultraschall ein Vorhandensein und/oder eine Position wenigstens einer Plastifizierschnecke (3) in wenigstens einem Plastifizierzylinder (2) bestimmt wird.

Innsbruck, am 24. August 2018

Fig. 1a

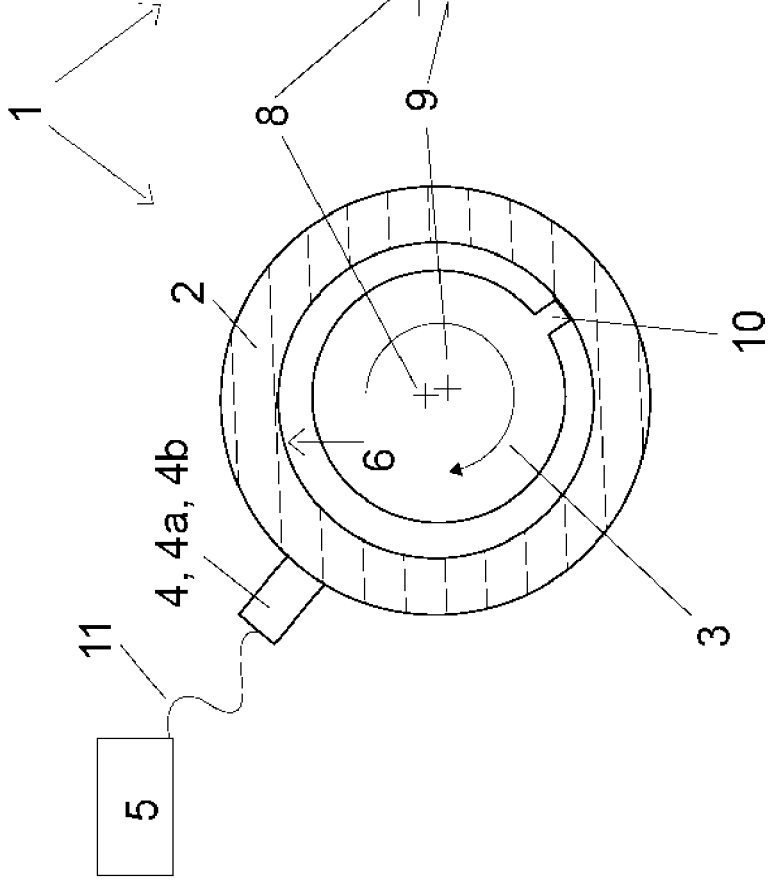


Fig. 1b

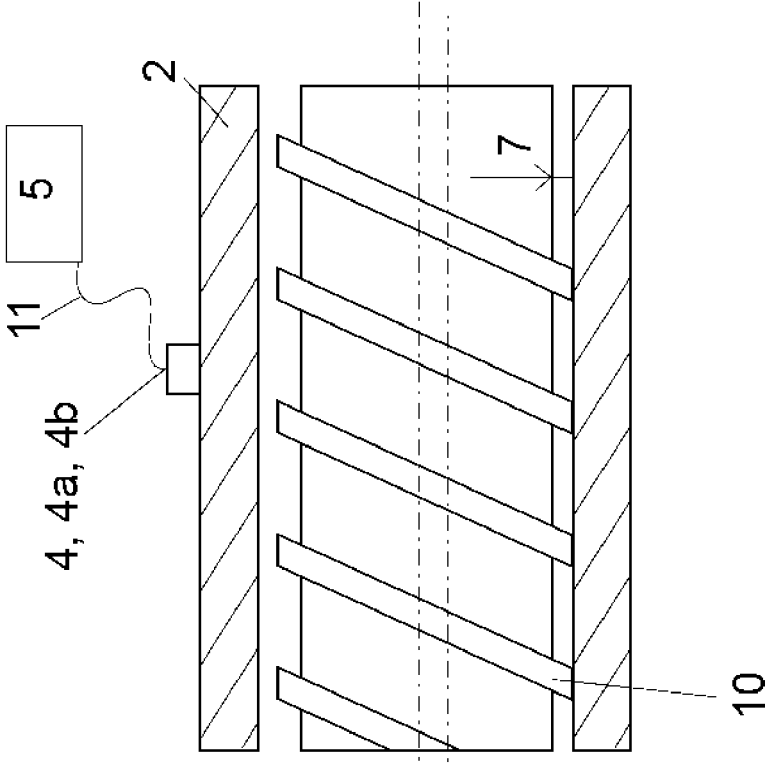


Fig. 2a

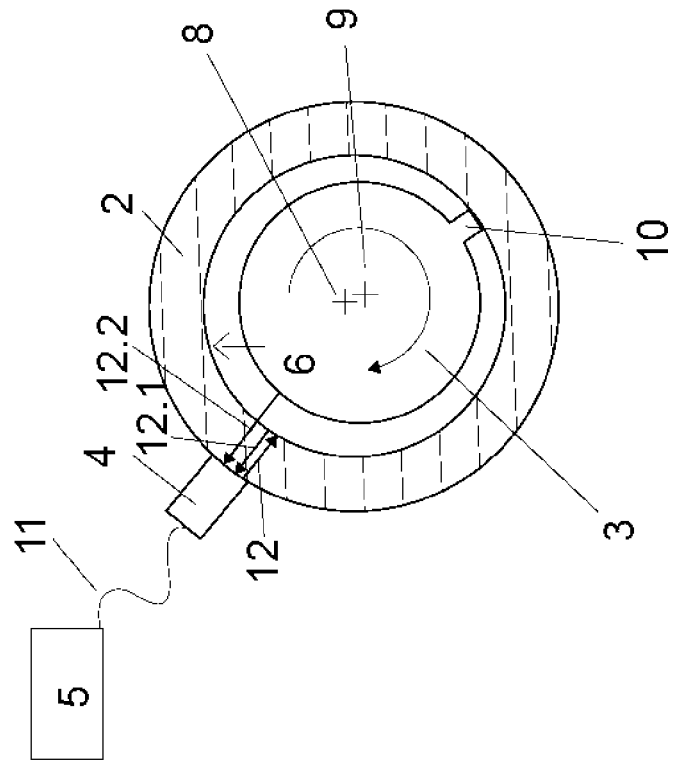


Fig. 2b

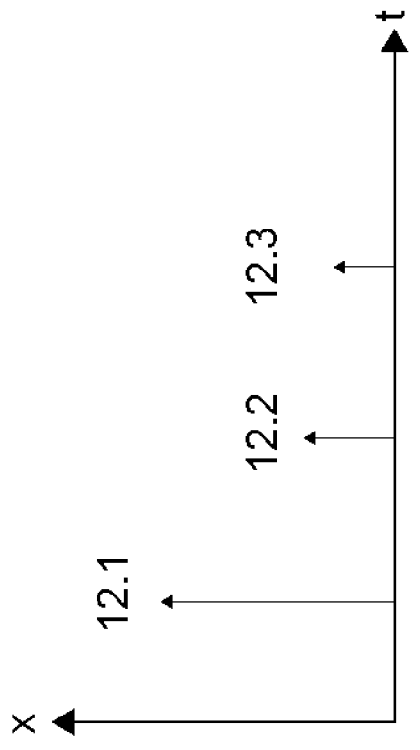


Fig. 3a

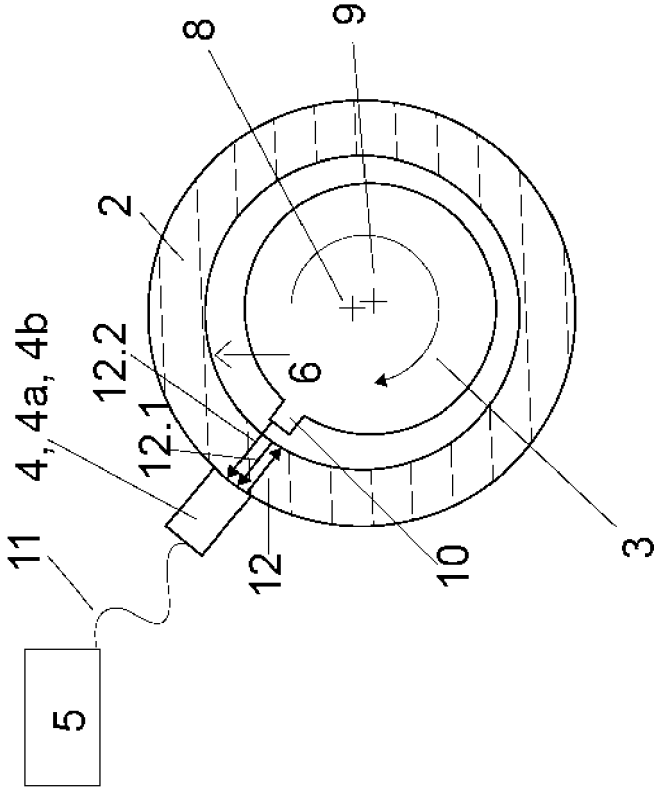


Fig. 3b

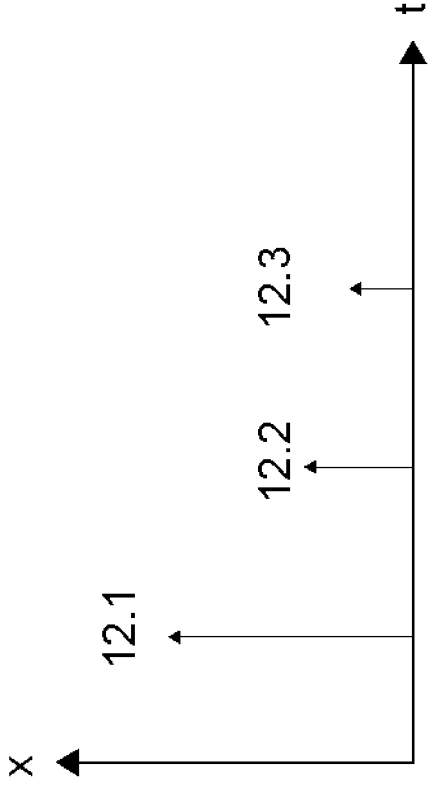


Fig. 4a

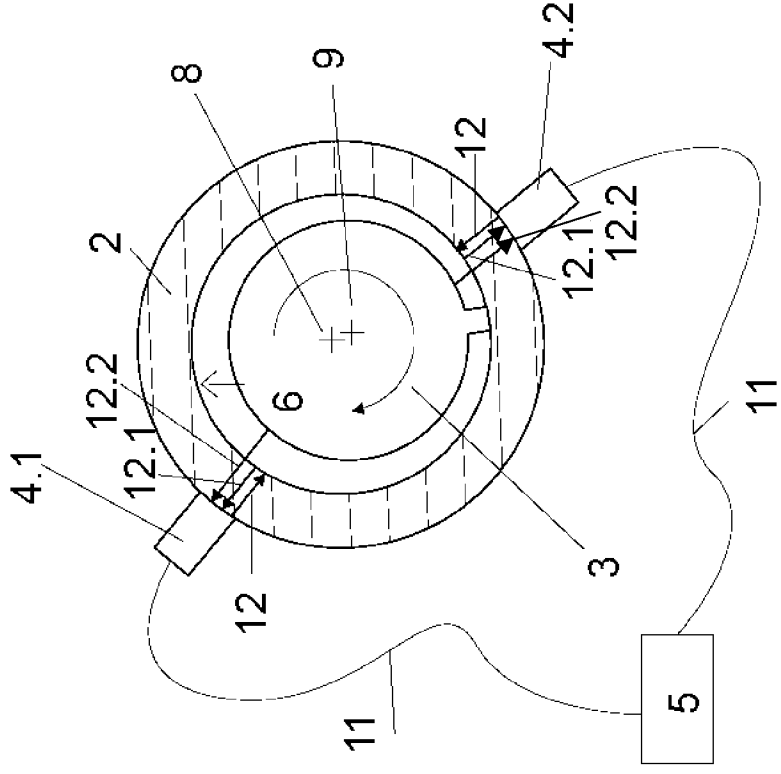


Fig. 4b

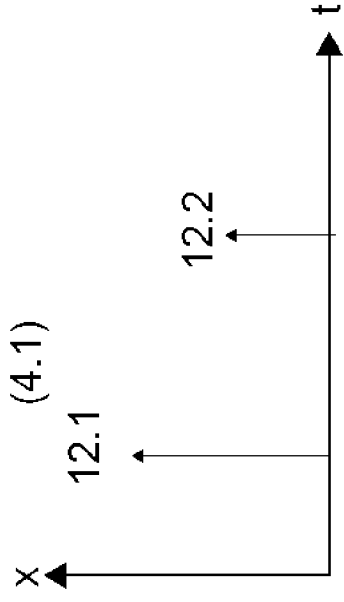
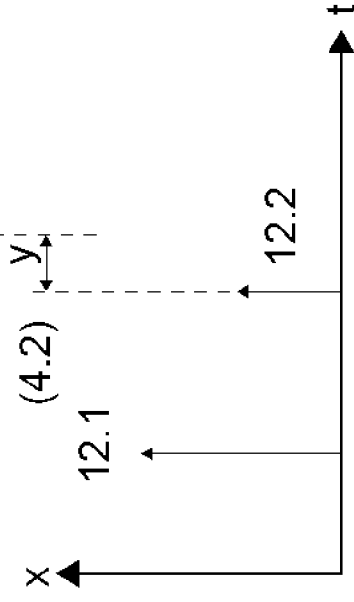


Fig. 4c



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: <b>B29C 48/92</b> (2019.01); <b>B29C 45/76</b> (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: <b>B29C 48/92</b> (2019.02); <b>B29C 45/76</b> (2016.05); <b>B29C 2945/76083</b> (2013.01); <b>B29C 2945/76096</b> (2013.01); <b>B29C 2945/7619</b> (2013.01); <b>B29C 2948/924</b> (2019.02); <b>B29C 2948/92076</b> (2019.02); <b>B29C 2948/92571</b> (2019.02); <b>B29C 2948/92895</b> (2019.02)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): B29C		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am <b>24.08.2018</b> eingereichten Ansprüchen <b>1-25</b> erstellt.		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	AT 510024 A4 (ENGEL AUSTRIA GMBH [AT]) 15. Januar 2012 (15.01.2012) ganzes Dokument	1, 23, 25
X	US 4604251 A (KUHMAN JEFFREY A [US]) 05. August 1986 (05.08.1986) ganzes Dokument	1, 23, 25
X	DE 4445352 C1 (REIFENHAEUSER MASCH [DE]) 11. Januar 1996 (11.01.1996) ganzes Dokument	1, 23, 25
X	JP H08142160 A (SEKISUI CHEMICAL CO LTD) 04. Juni 1996 (04.06.1996) ganzes Dokument	1, 23, 25
X	JP 2989110 B2 (JAPAN STEEL WORKS LTD:THE,, NIPPON SEIKOSHO KK) 13. Dezember 1999 (13.12.1999) ganzes Dokument	25
Datum der Beendigung der Recherche: 01.04.2019		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): SCHMELZER Peter
*) <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmel- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand 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 <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.		<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.

## Geänderte Patentansprüche

1. Plastifiziereinheit für eine Formgebungsmaschine umfassend wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) und wenigstens eine im Plastifizierzylinder (2) angeordnete Plastifizierschnecke (3), dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit wenigstens einer Sendeeinheit (4a) zum Senden und wenigstens einer Empfangseinheit (4b) zum Empfangen von Ultraschall vorgesehen ist, welche wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) mit einer Auswerteeinheit (5) verbunden oder verbindbar ist, wobei
  - die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schallleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und
  - die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schallleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert ist und
  - die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, auf Basis einer Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – insbesondere eine Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) – in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) zu bestimmen und auf Basis der Messung eine Meldung auszugeben.
2. Plastifiziereinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) dazu ausgebildet ist, eine Laufzeitmessung durchzuführen.
3. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plastifiziereinheit (1) dazu ausgebildet ist, während der Messung der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) wenigstens einen Prozessparameter zu variieren.

4. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) in die wenigstens eine Ultraschallvorrichtung (4) integriert ist.
5. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Ultraschallvorrichtungen (4) vorgesehen sind, wobei wenigstens zwei Sendeeinheiten (4a) und wenigstens zwei Empfangseinheiten (4b) an dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) angeordnet und/oder mit einer schalleitenden Verbindung mit dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) verbunden und/oder in den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) integriert sind, vorzugsweise axial zueinander und/oder innerhalb eines radialen Querschnittes durch den wenigstens einen Plastifizierzylinder (2).
6. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, einen Abstand (7) zwischen einer inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
7. Plastifiziereinheit nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, durch den bestimmten Abstand (7) zwischen der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) einen Verschleiß zu bestimmen.
8. Plastifiziereinheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, den Verschleiß der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) und/oder der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) zu bestimmen.
9. Plastifiziereinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, durch den bestimmten Abstand (7) zwischen der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen

- Plastifizierschnecke (3) eine momentane Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
10. Plastifiziereinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, die Position einer Mittelachse der wenigstens einen Plastifizierschnecke in Bezug auf eine Mittelachse des wenigstens einen Plastifizierzylinders zu bestimmen.
11. Plastifiziereinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aufgrund des bestimmten Abstandes (7) zwischen der inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) und der darin angeordneten wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) eine Position eines Steges (10) der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
12. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, einen Kontaktpunkt zwischen der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) und einer inneren Oberfläche (6) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2) zu bestimmen.
13. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen der wenigstens einen Ultraschallvorrichtung (4) eine Lage und/oder eine Bewegung der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
14. Plastifiziereinheit nach Anspruch 13 und vorzugsweise nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei separate Messungen
- durch die gleiche Ultraschallvorrichtung (4) zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt werden und/oder
  - durch wenigstens zwei Ultraschallvorrichtungen (4) durchgeführt werden.

15. Plastifiziereinheit nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen eine Rotationsbewegung, vorzugsweise eine Rotationsgeschwindigkeit, der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
16. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen zumindest einen Teil einer Schneckengeometrie der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) zu bestimmen.
17. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, aus separaten Messungen eine Bewegung einer Mittelachse (9) der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3), vorzugsweise in Bezug auf eine Mittelachse (8) des wenigstens einen Plastifizierzylinders (2), besonders bevorzugt eine Präzession oder Exzentrizität der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3), zu bestimmen.
18. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) und/oder eine zentrale Steuer- oder Regeleinheit der Formgebungsmaschine dazu ausgebildet ist, einen Alarm auszugeben und/oder ein Steuersignal für die Plastifiziereinheit (1) zu verändern, falls eine durch die Auswerteeinheit (5) bestimmte Istgröße einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet und/oder unterschreitet.
19. Plastifiziereinheit nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das zu verändernde Steuersignal eine Prozessgröße betrifft, wobei eine Veränderung der Prozessgröße eine Veränderung des Staudruckes in dem wenigstens einen Plastifizierzylinder (2) mit sich zieht.
20. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) mit einer Anzeigevorrichtung, zum Anzeigen einer momentanen Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) im wenigstens einen Plastifizierzylinder (2), verbunden oder verbindbar ist.

21. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) mit einer Anzeigevorrichtung, zum Anzeigen eines Verschleißes der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3), verbunden oder verbindbar ist.
22. Plastifiziereinheit nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) und die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) baulich in einer Einheit kombiniert sind, vorzugsweise die wenigstens eine Sendeeinheit (4a) und die wenigstens eine Empfangseinheit (4b) durch dieselben Bauteile zum Erfüllen einer Sendefunktion und einer Empfangsfunktion ausgebildet sind.
23. Formgebungsmaschine mit einer Plastifiziereinheit (1) nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche.
24. Formgebungsmaschine nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (5) dazu ausgebildet ist, ein Vorhandensein und/oder eine Position der wenigstens einen Plastifizierschnecke (3) während des Betriebs der Formgebungsmaschine zu bestimmen.
25. Verfahren zum Überprüfen wenigstens einer Plastifiziereinheit (1) einer Formgebungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Ultraschall ein Vorhandensein und/oder eine Position wenigstens einer Plastifizierschnecke (3) in wenigstens einem Plastifizierzylinder (2) bestimmt wird.

Innsbruck, am 18. Juli 2019