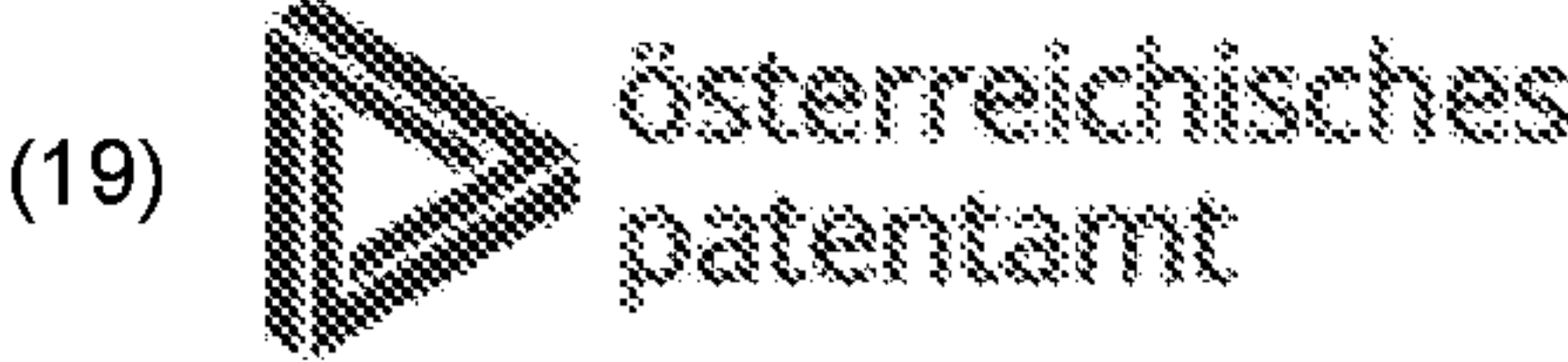




(10) **AT 522378 A1 2020-10-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

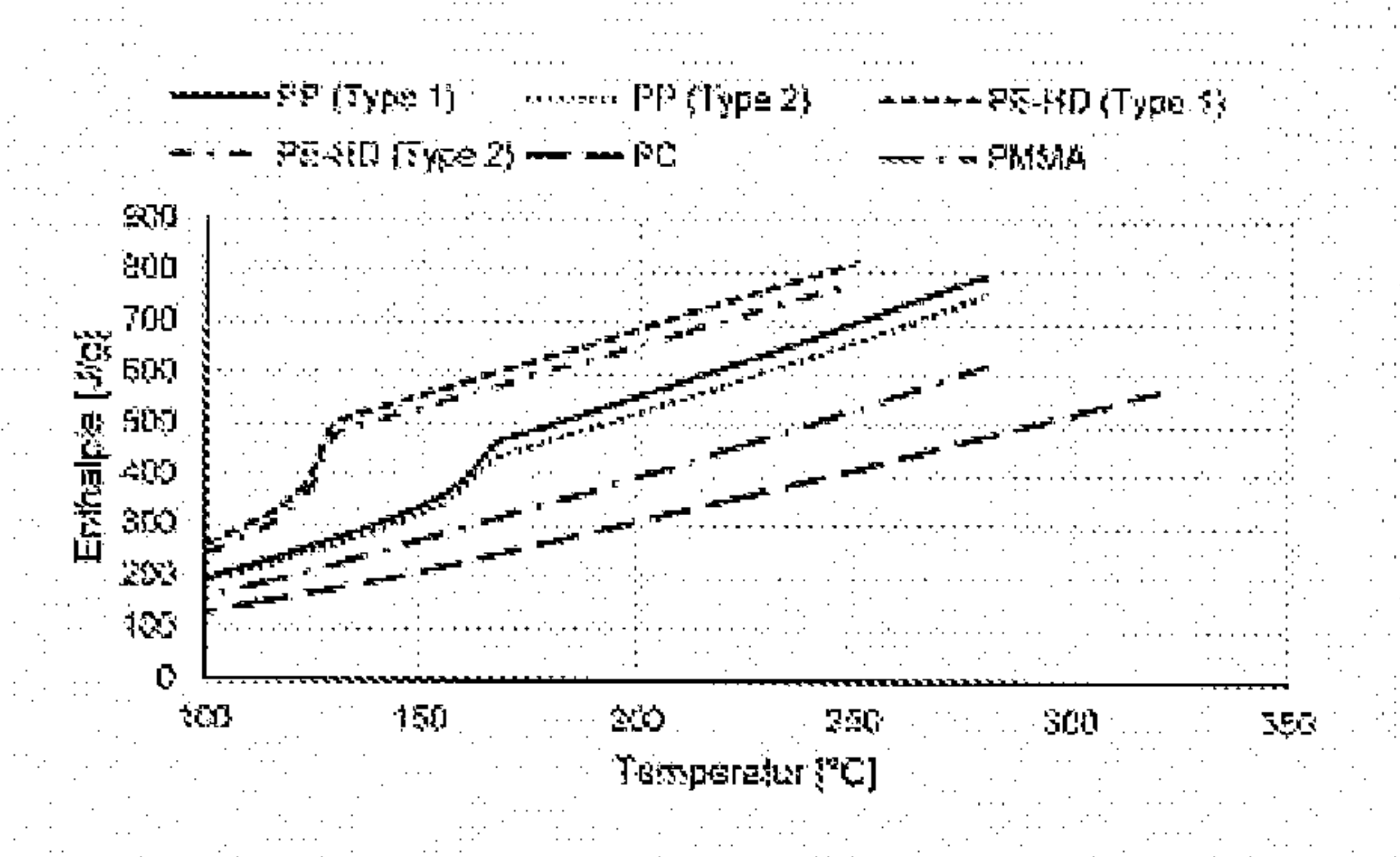
(21) Anmeldenummer: A 50323/2019 (51) Int. Cl.: **B29C 45/76** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 10.04.2019 **B29C 45/78** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2020

(56) Entgegenhaltungen: DE 102017131032 A1 US 2004054056 A1 DE 102009000938 A1	(71) Patentanmelder: ENGEL AUSTRIA GmbH 4311 Schwertberg (AT) (74) Vertreter: Mag. Dr. Paul Torggler, Dipl.-Ing. Dr. Stephan Hofinger, Mag. Dr. Markus Gangl, MMag. Dr. Christoph Maschler, Dipl.-Ing. (FH) Dr. Bernhard Hechenleitner, Dipl.-Phys. Dr. Almar Lercher 6020 Innsbruck (AT)
---	---

(54) **Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffs**

(57) Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffs, wobei der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird, ein Volumen und/oder eine Masse des Kunststoffs sowie die zugeführte Plastifizierenergie als Messgrößen messtechnisch erfasst werden, in Abhängigkeit der erfassten Messgrößen, des Anfangstemperaturwerts und des Endtemperaturwerts zumindest eines der folgenden bestimmt wird: eine Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder eine Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder eine aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbare Größe, und auf Basis der bestimmten Wärmekapazität und/oder der bestimmten Enthalpieänderung und/oder der daraus rechnerisch ableitbaren Größe eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.

Figur 1:



1
Zusammenfassung

Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffs, wobei der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird, ein Volumen und/oder eine Masse des Kunststoffs sowie die zugeführte Plastifizierenergie als Messgrößen messtechnisch erfasst werden, in Abhängigkeit der erfassten Messgrößen, des Anfangstemperaturwerts und des Endtemperaturwerts zumindest eines der folgenden bestimmt wird: eine Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder eine Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder eine aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbare Größe, und auf Basis der bestimmten Wärmekapazität und/oder der bestimmten Enthalpieänderung und/oder der daraus rechnerisch ableitbaren Größe eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.

(Fig. 1)

Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffes.

Im Folgenden wird der Stand der Technik anhand von Formgebungsmaschinen beschrieben, wobei insbesondere auf das Beispiel einer Spritzgießmaschine eingegangen wird. Unter die Klasse der Formgebungsmaschinen fallen neben Spritzgießmaschinen aber auch Spritzpressen, Pressen und dergleichen. Die nachstehende Beschreibung des Stands der Technik gilt für sie analog.

Beim Einrichten eines Spritzgießprozesses werden in der Praxis nach wie vor in aller Regel Grundeinstellungen von einem Bediener der Spritzgießmaschine vorgenommen. Dies gilt auch für Einstellungen des Plastifizierprozesses, mittels welchem ein Kunststoffgranulat, beispielsweise unter Verwendung einer Plastifizierschnecke, in eine formbare Masse verwandelt wird.

Dabei ist der Bediener auf seine Erfahrung und eine „Trial and Error“-Vorgehensweise eingeschränkt, weil die nicht-lineare Natur des Plastifizier- und Formgebungsprozesses ein automatisches Einstellen der Spritzgießmaschine im Stand der Technik weitgehend verhindert hat, obwohl es seit längerem Bestrebungen gibt, Spritzgießmaschinen zu einer automatischen (Selbst-)Einstellung zu befähigen. Wegen der Materialabhängigkeit des Prozesses und dessen erwähnter nicht-linearer Natur scheitert das automatisierte Einstellen der Spritzgießmaschine oft schon daran, dass der verwendete Kunststoff nicht bekannt ist oder diesbezügliche Eingaben von Bedienern nicht automatisiert überprüfbar sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, mittels welchem ein Kunststoff klassifizierbar ist und welches mit vertretbarem Aufwand auch an oder zumindest in unmittelbarer Nähe zu einer Formgebungsmaschine durchführbar ist.

In einer ersten Ausprägung der Erfindung wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Dies geschieht, indem

- a) der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird,
- b) ein Volumen und/oder eine Masse des Kunststoffs sowie die zugeführte Plastifizierenergie als Messgrößen messtechnisch erfasst werden,
- c) in Abhängigkeit der erfassten Messgrößen, des Anfangstemperaturwerts und des Endtemperaturwerts zumindest eines der folgenden bestimmt wird: eine Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder eine Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder eine aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbare Größe, und
- d) auf Basis der bestimmten Wärmekapazität und/oder der bestimmten Enthalpieänderung und/oder der daraus rechnerisch ableitbaren Größe eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.

Das heißt, über die Bestimmung der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung wird der Kunststoff klassifiziert. Dadurch, dass die Art des Kunststoffs und damit dessen Eigenschaften durch das erfindungsgemäße Verfahren – vorzugsweise automatisiert – ermittelt werden können, ist man einer automatischen Einstellung einer Formgebungsmaschine ein erhebliches Stück näher, da viele der Einstellungen bei Formgebungsmaschinen selbstverständlich stark vom verwendeten Material abhängen.

In einer zweiten Ausprägung der Erfindung geschieht dies durch die Merkmale des Anspruchs 20, nämlich indem

- a) der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird,
- e) eine vom Kunststoff abgegebene Infrarotstrahlung messtechnisch erfasst wird und
- f) auf Basis der erfassten Infrarotstrahlung eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.

In einer dritten Ausprägung der Erfindung wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 22 gelöst. Dies geschieht, indem

- a) der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird und
- g) aus zumindest zwei verschiedenen Quellen Identifikationsinformationen über den Kunststoff bezogen werden, wobei zumindest eine der zumindest zwei verschiedenen Quellen eine Messung an der zum Plastifizieren des Kunststoffs verwendeten Vorrichtung ist, und dass auf Basis der Identifikationsinformationen eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird und bevorzugt der Kunststoff identifiziert wird.

Gemeinsam ist diesen Ausprägungen der Erfindung, dass auf Basis von erfassten Informationen eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe oder sogar der Kunststoff selbst identifiziert wird und zwar an einer Vorrichtung zum Plastifizieren des Kunststoffs, d.h. im Rahmen des Plastifiziervorgangs. Ein Beispiel für eine solche Vorrichtung wäre natürlich ein Plastifizieraggregat, wie es z.B. mit einer Spritzgießmaschine eingesetzt wird, oder allgemeiner eine Formgebungsmaschine.

Eine Angabe, wonach ein Kunststoff oder eine Kunststoffgruppe auf Basis eines Parameters oder einer sonstigen Information identifiziert wird (bspw. Merkmale d), f) oder g)), bedeutet im Rahmen der Erfindung nicht, dass nur der angegebene Parameter oder die sonstige Information herangezogen wird, um den Kunststoff oder die Kunststoffgruppe zu identifizieren. Vielmehr können stets weitere Parameter, Messwerte oder zusätzliche Informationen für die Identifikation herangezogen werden. Die Identifikation des Kunststoffs oder der Kunststoffgruppe kann sich auch auf Mischungen von zwei oder mehr Kunststoffen oder auf Mischungen von Kunststoffen mit Füllstoffen beziehen.

Die Erfindung bietet weitere Vorteile. Beispielsweise ermöglicht es die Erfindung, die Belastung der Formgebungsmaschine einzuschätzen, die über die Zeit auftritt, oder ein weiteres Kontrollorgan bereitzustellen, mittels dessen der Betrieb und die Betriebssicherheit überwacht werden kann.

Zu den Kunststoffgruppen, die als Klassifikation für den verwendeten Kunststoff verwendet werden, zählen beispielsweise Polyethylene, Polypropylene, Polystyrole, Polyamide, Polycarbonate, Polymethylmethacrylate und dergleichen.

Neben der Identifikation der den Kunststoff beinhaltenden Kunststoffgruppe kann auch der Kunststoff an sich ermittelt werden, d.h. um welchen Kunststoff im Speziellen es sich handelt (bspw. PE 0,95 ggf. sogar mit Herkunftsangabe (PE X des Herstellers Y)). Im Sinne der Erfindung wird die Bestimmung des Kunststoffs selbst auch als die Identifizierung der den Kunststoff beinhaltenden Kunststoffgruppe aufgefasst. Unter der Bestimmung des Kunststoffs kann auch verstanden werden, dass zusätzlich zur Klassifizierung des Kunststoffs an sich Füllstoffe (bspw. Fasern) identifiziert oder dessen Menge im Kunststoff bestimmt wird.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das erfindungsgemäße Verfahren automatisiert implementiert werden kann, sodass eine Plastifizieraggregat und/oder eine Formgebungsmaschine den verwendeten Kunststoff automatisch bestimmt.

Neben den erfindungsgemäßen Verfahren wird auch Schutz begehrt für

- ein Formgebungsverfahren, wobei der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren plastifizierte und klassifizierte Kunststoff, insbesondere im Rahmen eines Spritzgießverfahrens, verwendet wird,
- ein Plastifizieraggregat, welches zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist, sowie
- eine Formgebungsmaschine, insbesondere eingerichtet zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, mit einem erfindungsgemäßen Plastifizieraggregat.

Im übertragenen Sinn kann durch die erfindungsgemäße Bestimmung der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung ein erfindungsgemäßes Plastifizieraggregat und/oder eine erfindungsgemäße Formgebungsmaschine als Kalorimeter verwendet werden.

Die Verwendung des Ausdrucks „Endtemperaturwert“ bedeutet nicht, dass keine weitere Temperaturveränderung – insbesondere Temperaturerhöhung – des Kunststoffs vorgenommen wird oder passieren kann. Der Ausdruck gibt lediglich an, dass es sich um die Temperatur im Wesentlichen zum Ende desjenigen Zeitintervalls handelt, über welchem die jeweilige Bestimmung der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung durchgeführt wird. Darauf folgende thermodynamische Vorgänge sind natürlich durchführbar und in gewissen Situationen sogar unumgänglich. Analoges gilt für den Anfangstemperaturwert.

Die erfassten Messgrößen (Volumen und/oder Masse, Plastifizierenergie) können direkt oder indirekt gemessen werden. Das gilt selbstverständlich auch für die Anfangstemperatur- und Endtemperaturwerte. Die aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch abgeleiteten Größen können ebenso entweder direkt oder indirekt gemessen werden (d.h. als eigenständige physikalische oder chemische Größe) oder es können die Wärmekapazität und/oder die Enthalpieänderung gemessen werden und die rechnerisch abgeleiteten Größen aus diesen Messwerten berechnet werden. Im Folgenden wird teilweise auf die explizite Anführung der rechnerisch aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung abgeleiteten Größe verzichtet. Sie ist aber in der Bedeutung immer mit erfasst, wenn von der (Bestimmung der) Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung die Rede ist.

Das messtechnische Erfassen der von dem Kunststoff ausgesendeten Infrarotstrahlung (Verfahrensschritt e)) kann bevorzugt am Beginn des Plastifizierungsvorgangs nach Verfahrensschritt a) durchgeführt werden, wenn der Kunststoff bspw. noch als Granulat vorliegt. Denkbar ist es aber auch, die Infrarotstrahlung während des Plastifizierungsvorgangs oder danach messtechnisch zu erfassen.

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

Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass auf Basis der erfassten Messgrößen eine Energiebilanz und/oder einer Leistungsbilanz für den Kunststoff aufgestellt wird und die bestimmte Wärmekapazität, die bestimmte Enthalpieänderung und/oder die daraus rechnerisch ableitbare Größe in Abhängigkeit der Energiebilanz und/oder der Leistungsbilanz bestimmt wird. Das Aufstellen einer die Realität zumindest ansatzweise abbildenden Energie- oder Leistungsbilanz kann die Genauigkeit der bestimmten Wärmekapazität und/oder Enthalpieänderung – und damit natürlich auch die Qualität der Klassifikation des Kunststoffs – dramatisch erhöhen. Alternativen bestehen aber prinzipiell in verschiedenen mehr oder minder präzisen Näherungen oder Schätzungen.

Es wurde bereits erwähnt, dass auf Basis der Energiebilanz und/oder der Leistungsbilanz weitere Größen ermittelt werden können, nämlich beispielsweise ein Belastungskollektiv, ein Verschleißzustand und/oder ein Betriebszustand. Bei einem Belastungskollektiv handelt es sich um ein Maß für die gesamte Belastung über einen Zeitraum hin, vorzugsweise über die gesamte bisherige Lebensdauer der Anlage. Somit kann das Belastungskollektiv als direktes Maß für den Verschleiß der Anlage gelten. Natürlich lassen sich aus den erfindungsgemäß bestimmten Daten auch andere, insbesondere speziellere Verschleißmaße, beispielsweise für eine Plastifizierschnecke oder einen Plastifizierzylinder, bestimmen. Auch der Betriebszustand der Anlage kann durch die ermittelten Daten quantifiziert werden.

Die (bspw. mittels einer Heizvorrichtung) zugeführte und/oder abgeführte thermische Energie und/oder thermische Leistung und/oder ein Verlauf der zugeführten thermischen Energie und/oder thermischen Leistung ermittelt wird und bei der Energiebilanz und/oder Leistungsbilanz berücksichtigt wird. Die Energie- oder Leistungsbilanz lässt sich auf diese Weise besonders einfach aufstellen.

Neben dem Zuführen von thermischer Energie beim Plastifizierprozess bei Kunststoffen ist es außerdem in manchen Fällen notwendig, den Kunststoff zu kühlen, bspw. um zu verhindern, dass die Temperatur des Kunststoffs so hoch wird, dass eine Degradation – im Sinne einer ungewollten chemischen oder physikalischen Veränderung bei zu hohen Temperaturen – des Kunststoffs auftritt.

Besonders einfach kann sich die Ermittlung der Wärmekapazität gestalten, wenn sie als spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck bestimmt wird und auf Basis der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Druck die den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird. Alternativ dazu kann die Wärmekapazität bei konstantem Volumen oder in Mischformen bestimmt werden, was aber Herausforderungen in Form von teils komplexen Berechnungen bei der Datenauswertung und schwierig anzusteuernenden Betriebszuständen bereithält.

Der Anfangstemperaturwert und/oder der Endtemperaturwert und/oder ein Temperaturverlauf des Kunststoffs kann mittels zumindest eines Temperatursensors direkt und/oder indirekt gemessen werden, wobei vorzugsweise eine Temperaturregelung des Kunststoffs mit der zugeführten mechanischen Energie und/oder der zugeführten thermischen Energie als Stellgröße und Messwerten des zumindest einen Temperatursensors als Ist-Werten durchgeführt wird. Die Verwendung von Temperatursensoren ermöglicht eine besonders einfache und zuverlässige Temperaturbestimmung, wobei sowohl eine direkte Messung der Temperatur des plastifizierten oder noch nicht plastifizierten Kunststoffs vorgesehen sein kann, als auch die indirekte Messung über die Bestimmung der Temperatur eines Körpers, welcher mit dem Kunststoff in thermischem Kontakt steht. Wenn nur ein Temperaturverlauf gemessen wird, kann der Anfangs- und/oder Endtemperaturwert selbstverständlich aus dem Verlauf entnommen werden.

Der Kunststoff kann bei im Wesentlichen konstantem Druck plastifiziert werden, wobei der Druck vorzugsweise mit konstantem Soll-Wert unter Verwendung von Messwerten zumindest eines Drucksensors geregelt wird. Die Vorteile bei der Durchführung des Verfahrens bei konstantem Druck wurden bereits angesprochen. Eine Regelung des (Masse-)Drucks auf einen konstanten Soll-Wert wird in vielen

Fällen bei Plastifizieraggregaten des Stands der Technik ohnehin durchgeführt, sodass das erfindungsgemäße Verfahren leicht implementierbar ist.

Die thermische Energie kann mittels einer – vorzugsweise elektrischen – Heizvorrichtung zugeführt werden, was eine besonders einfache Erfindungsausführung ist, wobei eine durch die Heizvorrichtung erzeugte thermische Heizenergie und/oder eine Heizleistung und/oder ein Verlauf der Heizenergie und/oder der Heizleistung erfasst werden kann.

Es kann zumindest ein Antriebssensor verwendet werden, mittels dessen die über zumindest einen Antrieb zugeführte mechanische Energie und/oder eine vom zumindest einen Antrieb (am Kunststoff direkt oder indirekt) geleistete mechanische Leistung und/oder ein Verlauf der zugeführten mechanischen Energie und/oder der geleisteten mechanischen Leistung gemessen wird. Auch dies dient dem einfachen Aufstellen einer Energie- oder Leistungsbilanz. Verluste, die bspw. durch Reibung und andere Widerstände auftreten, können in der Energie- oder Leistungsbilanz durch Korrekturfaktoren – bspw. abhängig von Maschinenbaugröße und Wirkungsgrad – berücksichtigt werden.

Sowohl für die Heizleistung- oder Energie als auch für die zugeführte mechanische Energie gilt, dass gemessene oder anderweitig erfasste Verläufe verwendet werden können, um die eigentlich gewünschten Größen zu entnehmen oder aus dem Verlauf (bspw. über Integration) zu berechnen.

In einer besonders einfachen Implementierung der Erfindung kann zum Zuführen der mechanischen Energie eine Plastifizierschnecke und/oder ein Plastifizierkolben verwendet werden. Insbesondere Plastifizierschnecken stellen eine weit verbreitete Bauweise für Plastifizieraggregate dar, wodurch die Erfindung in manchen Fällen ohne konstruktive Änderung an der Anlage verwirklicht werden kann.

Im Regelfall kann dabei ein Plastifizierzylinder vorgesehen sein, in welchem die Plastifizierschnecke angeordnet ist, wobei die Plastifizierschnecke zum Plastifizieren des Kunststoffs mittels des zumindest einen Antriebs im Plastifizierzylinder drehend

und axial bewegt wird. Durch die Drehung der Plastifizierschnecke wird der Kunststoff geschert, wobei durch den axialen Antrieb gleichzeitig ein – wie bereits erwähnt vorzugsweise konstant geregelter – Druck im Kunststoff aufrechterhalten wird. Bei diesem sogenannten Aufdosieren bewegt sich die Schnecke unter erwähnter Aufrechterhaltung des Drucks axial zurück.

Ein Drucksensor kann aber auch direkt den Druck im Kunststoff erfassen, beispielsweise in Form eines Massedruckensors im Plastifizierzylinder.

Es kann vorgesehen sein, dass zur Erfassung der zugeführten mechanischen Energie ein auf die Plastifizierschnecke ausgeübtes Drehmoment und/oder eine Drehzahl der Plastifizierschnecke gemessen wird.

Sowohl die Drehung als auch die axiale Bewegung kann über einen oder mehrere elektrische oder hydraulische Antriebe realisiert werden. Drehmoment und axiale Bewegung sowie axiale Kraftausübung können über entsprechende Sensoren gemessen werden. Beispielsweise kann das ausgeübte Drehmoment aus an einer die Drehbewegung antreibenden elektrischen Maschine anliegenden Ströme und Spannungen bestimmt werden. Die von einem hydraulischen Antrieb ausgeübte axiale Kraft kann beispielsweise über den Druck eines Hydraulikfluids erfasst werden.

Es kann ein Schneckenpositionssensor verwendet werden, mittels dessen das Volumen des im Plastifizierzylinder plastifizierten Kunststoffs erfasst wird. Durch die bekannte (zylindrische) Geometrie kann aus der Schneckenposition nämlich das Volumen – bspw. vor und nach dem Plastifizieren des Kunststoffs – im Plastifizierzylinder erfasst werden.

Es kann ein Trichter zum Zuführen des zu plastifizierenden Kunststoffs in den Plastifizierzylinder verwendet werden, wobei vorzugsweise ein Trichtertemperatursensor in und/oder am Trichter verwendet wird. Über einen solchen Trichtertemperatursensor kann der Anfangstemperaturwert des Kunststoffs

leicht ermittelt werden, ohne dass dafür ein bedeutsamer verfahrenstechnischer oder konstruktiver Aufwand getrieben werden müsste.

Theoretisch ist es auch denkbar am Trichter eine Waage zu verbauen, mittels welcher die Masse des zu plastifizierenden Kunststoffes gemessen werden kann.

Es können mehrere Zylindertemperatursensoren verwendet werden, die am Plastifizierzylinder axial verteilten Heizzonen zugeordnet sind, wobei die Heizzonen unabhängig voneinander beheizt werden, wobei die Heizung in den Heizzonen jeweils unter Verwendung von Messwerten der den Heizzonen zugeordneten Zylindertemperatursensoren geregelt wird. Auch solche geregelten Heizzonen sind bei vielen existierenden Plastifizieraggregaten bereits vorhanden, was die Realisierung der Erfindung erleichtert. Ähnlich wie bei der mechanischen Energieeinbringung können auch hier Verluste auftreten, die durch Korrekturfaktoren – bspw. abhängig von Maschinenbaugröße und Wirkungsgrad – berücksichtigt werden können. Letztlich gilt dies allgemein für jegliche Verluste, die bei der Energieeinbringung (oder auch Energieabfuhr) auftreten.

Diese geregelten Heizzonen können zur Ermittlung des Endtemperaturwerts besonders vorteilhaft eingesetzt werden, indem die Regelung einer bestimmten – insbesondere der im Sinn der Förderung des Kunststoffes letzten – Heizzone temporär abgeschaltet wird und ein Messwert des der bestimmten Heizzone zugeordneten Zylindertemperatursensors als Endtemperaturwert verwendet wird. Dabei kann nach Möglichkeit einige Zeit abgewartet werden, bis zu erwarten ist, dass sich die bestimmte Heizzone im thermischen Gleichgewicht befindet, sodass der Plastifizierzylinder im Bereich der bestimmten Heizzone die Temperatur des plastifizierten Kunststoffes annimmt. Dadurch kann der Endtemperaturwert mit hoher Genauigkeit, aber ohne Verwendung eines im Regelfall relativ kostenintensiven Massetemperatursensors, gemessen werden. Die Genauigkeit kann dabei noch erhöht werden, wenn das Plastifizieraggregat dabei im Extrusionsbetrieb – d.h. bei kontinuierlichem und daher für den thermisch stationären Zustand förderlichen Austritt des Kunststoffes aus dem Plastifizierzylinder – betrieben wird.

Die bereits erwähnte Alternative eines dedizierten Massetemperatursensors, der die Temperatur des plastifizierten Kunststoffs direkt misst, besteht natürlich trotzdem. Es kann des Weiteren vorgesehen sein, dass zur Identifizierung der den Kunststoff beinhaltenden Kunststoffgruppe

- Enthalpie-Temperatur-Kurven für eine Vielzahl von Kunststoffen mittels für diese Kunststoffe bekannten Zusammenhängen zwischen der Temperatur einerseits und dem spezifischen Volumen und/oder der Dichte andererseits korrigiert werden,
- die Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder die Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder die aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbare Größe mit den korrigierten Enthalpie-Temperatur-Kurven – insbesondere mit Steigungen der korrigierten Enthalpie-Temperatur-Kurven – abgeglichen werden und
- auf Basis des Abgleichs die den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.

Insbesondere die Wärmekapazität kann in (korrigierten) Enthalpie-Temperatur-Kurven die Rolle einer Kurvensteigung übernehmen, wodurch der rechnerische oder grafische Abgleich der Kurven mit den bestimmten Werten für die Wärmekapazität und/oder die Enthalpieänderung besonders einfach durchzuführen ist.

In jenen Fällen, in denen die Dichte oder die Masse des zu plastifizierenden Kunststoffs schwierig zu beschaffen ist, erlaubt diese Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine zuverlässige Bestimmung des Kunststoffs oder der den Kunststoff beinhaltenden Kunststoffgruppe.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mehrmals durchgeführt werden, wobei vorzugsweise ein Druck und/oder eine zugeführte mechanische Leistung – variiert wird. Letztere kann beispielsweise durch ein Variieren der Schneckendrehzahl variiert werden. Dies eröffnet eine besonders einfache Möglichkeit, die Versuchsbedingungen zu variieren, ohne tiefgreifende Veränderungen in der Regelung der Heizung (insbesondere der Heizzonen) vornehmen zu müssen.

Zum Erfassen der Infrarotstrahlung kann ein Nahinfrarotsensor (NIR-Sensor) verwendet werden. Denkbar ist prinzipiell auch die Verwendung eines (NIR-) Spektrometers.

Informationen über den Kunststoff können aus zumindest einer der folgenden Quellen bezogen und für die Identifizierung der Kunststoffgruppe und bevorzugt des Kunststoffs herangezogen werden:

- Verfahren nach der ersten Ausprägung der Erfindung unter Bestimmung einer Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder einer Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder einer aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbaren Größe,
- Verfahren nach der zweiten Ausprägung der Erfindung unter messtechnischer Erfassung der vom Kunststoff abgegebenen Infrarotstrahlung,
- Maschineneinstellungen und/oder Messwerte und/oder Maschinenkonfiguration, insbesondere Einspritzdrücke (oder daraus abgeleitete Größen wie Viskositäten oder Fließzahlen), maximale und/oder minimale Verarbeitungstemperaturen, Massezylindertemperaturen an der Spitze oder über den gesamten Verlauf des Plastifizierzylinders, Granulattemperaturen, Kühlflüssigkeitstemperaturen, eine Dichte der Schmelze, Informationen über ein eingesetztes Formwerkzeug,
- Verfahren zum Bestimmen eines für ein Kompressionsverhalten des Kunststoffs charakteristischen Parameters, insbesondere eines Kompressionsmoduls oder einer Kompressibilität,
- Kameraabbildung des zu plastifizierenden Kunststoffs, insbesondere Kunststoffgranulats.

Für das Kompressionsverhalten eines Kunststoffs charakteristische Parameter, wie der Kompressionsmodul oder die Kompressibilität, können beispielsweise gemäß einem in der DE102016005780 A1 offenbarten Verfahren bestimmt werden. Die Bestimmung von Mengen eines Füllstoffs über eine Bestimmung der Kompressibilität ist in der DE102007030637A1 offenbart.

Zu Maschineneinstellungen und/oder Messwerten und/oder Maschinenkonfiguration: Beispielsweise weisen gewisse Kunststoffgruppen recht besondere minimale oder maximale Verarbeitungstemperaturen auf. Treten solche besonderen Verarbeitungstemperaturen auf, kann dadurch die Kunststoffgruppe oder der Kunststoff bereits bestimmt oder zumindest eingeschränkt werden. Daten weiterer Komponenten oder externer Geräte können für die Identifizierung des Kunststoffs oder der Kunststoffgruppe ebenfalls herangezogen werden. Relevante Daten können beispielsweise in Trocknern, Materialförderern und/oder Speichern anfallen. Jeder Kunststoffgruppe weist eine bestimmte Charakteristik im Hinblick auf alle oben genannten Parameter auf. Gemeinsam mit der Erfindung nach der ersten Ausprägung (Bestimmung einer Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder einer Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder einer aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbaren Größe) und/oder der zweiten Ausprägung (messtechnischer Erfassung der vom Kunststoff abgegebenen Infrarotstrahlung) und/oder einem für ein Kompressionsverhalten des Kunststoffs charakteristischen Parameter kann so nach einem Ausschlussverfahren die vorliegende Kunststoffgruppe ermittelt werden und in vielen Fällen der Kunststoff samt Beladung (Füllstoffe) identifiziert werden.

Zum Erstellen der Kameraabbildung des zu plastifizierenden Kunststoffs, insbesondere Kunststoffgranulats, kann eine in oder an einem Trichter einer Plastifiziereinheit angeordnete Kamera vorgesehen sein, um bspw. die Granulatform des Kunststoffgranulats zu erkennen.

Die Bestimmung der Granulatform (oder sonstigen Form, wie bspw. Pulver) kann mittels einer Bilderkennungssoftware – vorzugsweise automatisch – vollzogen werden. So kann bspw. Stäbchengranulat (Langglasfasern) von herkömmlichem Granulat (bspw. zylindrischer Kaltabschlag, wie typischerweise bei technischen Kunststoffen, oder bspw. bei Unterwassergranulierung entstehendes rundes oder linsenförmiges Granulat, typisch bei Polyolefinen) oder Pulver (bspw. PVC Dryblend) unterschieden werden.

Zum Durchführen von Verfahrensschritten zum Erfassen und/oder Berechnen von Parametern und die Identifizierung des Kunststoffes oder der den Kunststoff beinhaltenden Kunststoffgruppe kann das Plastifizieraggregat und/oder die Formgebungsmaschine eine Auswertevorrichtung beinhalten.

Die Auswertevorrichtung kann dazu ausgebildet sein, auf Basis der identifizierten Kunststoffgruppe konkrete Schritte einzuleiten, beispielsweise:

- Hinweise in Bezug auf verbesserte Maschineneinstellungen und/oder verbesserte Maschinenkonfigurationen – vorzugsweise nach vorheriger automatischer Identifizierung einer vorliegender Maschineneinstellungen und/oder verbauter und/oder verwendeter Komponenten – auszugeben und/oder
- Maschineneinstellungen automatisch zu verändern und/oder
- Warnungen und/oder Hinweise in Bezug auf eintretende und/oder zu erwartende unzulässige Betriebszustände auszugeben und/oder
- bei unzulässigen Betriebszuständen Abschaltsignale zum automatischen Abschalten auszugeben.

Die Auswerteeinheit kann in eine zentrale Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine integriert sein. Alternativ kann die Auswerteeinheit fern von der Formgebungsmaschine und/oder dem Plastifizieraggregat angeordnet sein und mit dieser beispielsweise über eine Datenfernübertragungsverbindung verbunden sein (Stichwort: Cloud-Computing).

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl im Rahmen eines Referenzzyklus als auch während der Produktion durchgeführt werden. Wird die Kunststoffgruppe bereits vor Produktionsbeginn bekannt, kann die korrekte automatische Einstellung des Formgebungsprozesses sichergestellt werden. Aber auch während des Betriebs kann das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft eingesetzt werden, um beispielsweise zu überprüfen, dass sich das Verarbeitungsmaterial (der Kunststoff) nicht geändert hat.

Der Referenzzyklus kann vor Produktionsbeginn mit einem gewissen, zu identifizierenden Kunststoff durchgeführt werden. Dafür könne auch spezielle Einstellungen an der Maschine vorgenommen werden, um die Messungen unter in Bezug auf gewisse Aspekte definierten Bedingungen durchführen zu können.

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

Fig. 1 Enthalpie-Temperatur-Kurven für verschiedene Kunststoffe,

Fig. 2 eine Darstellung eines Plastifizieraggregats mit einer Verdeutlichung einer erfindungsgemäßen Leistungsbilanz,

Fig. 3 einen Abgleich der Enthalpie-Temperatur-Kurven mit einer bestimmten Wärmekapazität,

Fig. 4 zwei Diagramme zum Verdeutlichen des Plastifizierens / Aufdosierens sowie

Fig. 5 ein Beispiel für eine bekannte Temperaturabhängigkeit des spezifischen Volumens für einen bestimmten Kunststoff.

Bei gegebener Konfiguration eines Plastifizieraggregats sollen einerseits die Lebensdauer der verbauten Komponenten optimiert werden und andererseits die Verarbeitungsparameter hinsichtlich der Erfordernisse an den zu verarbeitenden Kunststoff autonom angepasst oder empfohlen werden.

Um Optimierungsalgorithmen zum Einsatz zu bringen ist die Kenntnis der verarbeitenden Kunststoffe / Kunststoffgruppen zwingend erforderlich oder zumindest von wesentlichem Nutzen.

Ein weiterer Nutzen der Erfindung nach der ersten Ausprägung liegt in der Berechnung eines Belastungskollektives: Es lassen sich Kennwerte berechnen, die Aufschluss über die bestimmungsgemäße Verwendung geben. Diese Werte könnten auch als Kalkulationsbasis für ein Leasinggeschäftsmodell eingesetzt werden.

Als Basis für die Ermittlung dient das aus der Literatur bekannte Enthalpie (H) Diagramm in Figur 1 sowie die Leistungsbilanz des Systems Plastifiziereinheit (Figur 2).

Das Diagramm aus Figur 1 beschreibt den Energieinhalt / die erbrachte Leistung des jeweiligen Kunststoffes in Abhängigkeit von der Massetemperatur T (Temperatur des Kunststoffes). Es gilt $H=f(T)$ bezogen auf ein Kilogramm Kunststoff; die Einheit lautet J/g. Des Weiteren hat das spezifische Volumen v mit der Einheit cm^3/g einen physikalisch bekannten Zusammenhang mit der Massetemperatur T in $^{\circ}\text{C}$ und Druck p nach Figur 5.

Dividiert man die Werte der Funktionen H punktweise mit den Werten des spezifischen Volumens v bei gleicher Temperatur unter Maßgabe eines konstanten Druckes, so ergibt sich aus diesem Zusammenhang eine Funktion $H(p_x) = f(T)$ mit der Einheit J/cm^3 . Diese Funktion ist in Figur 3 dargestellt.

Dieser funktionale Zusammenhang wird für ausgewählte Kunststoffgruppen datentechnisch aufbereitet und steht der Steuerung der Maschine zur Verfügung.

Beim Aufdosieren im Spritzgießprozess wird die Plastifizierschnecke 4 mit einer Drehzahl n gedreht. Dabei wird das Drehmoment M vom Antrieb 3 bereitgestellt. Zeitgleich wird die Schnecke zurückgezogen wodurch sich ein Schmelzepolster im Schneckenorraum einstellt. Die Rückzugsgeschwindigkeit wird dabei so geregelt, dass der Druck im Schneckenorraum p_x konstant bleibt (siehe Figur 4).

Die in den Plastifizierprozess mechanisch eingebrachte Leistung ist proportional zum Produkt aus dem Drehmoment M und der Drehzahl n . Diese kann an der Spritzgießmaschine anhand der Auswertung der elektrischen oder hydraulischen Antriebsparameter ermittelt werden.

In Bezug auf Fig. 2 sei noch erwähnt, dass bspw. die folgenden beim Plastifizierungsvorgang auftretenden Größen von außen eingestellt werden können: Druck p_x (Staudruck), Temperaturprofil (vorgegeben für Steuerung od. Regelung der Heizvorrichtungen), Feuchtigkeit am Trichter 6, Zusatzstoffe im Kunststoff (d.h. bspw.

im Kunststoffgranulat), Temperatur des Materials, Temperatur im Trichter, Drehzahl der Schnecke. Die übrigen Größen (bspw. Drehmoment, Hub, Massestrom) stellen sich dann während des Plastifiziervorgangs ein.

In Fig.4 ist ein Plastifizieraggregat 1 einmal im Zustand während des Einspritzens (oben) und einmal im Zustand während oder nach dem Dosieren dargestellt (unten). Über einen Trichter 6 wird bspw. Granulat zum Plastifizierzylinder 5 zugeführt und mittels der Plastifizierschnecke 4 plastifiziert. Am Plastifizierzylinder 5 ist eine Heizvorrichtung 2 vorgesehen, mittels derer der Plastifizierzylinder 5 zonenweise beheizt wird. Für eine zonenweise Regelung der Heizleistung können außerdem zusätzliche Temperatursensoren vorgesehen sein (nicht dargestellt). Für die Anordnung des Antriebs 3 der Plastifizierschnecke 4 sei auf Fig. 2 verwiesen. Am Trichter 6 sind ein Trichtertemperatursensor 7 und ein Nahinfrarotsensor 8 vorgesehen.

Weiteres wird die Heizleistung Q in der Leistungsbilanz eingebracht. Der Anteil der Heizleistung wird ebenfalls ermittelt und zum mechanischen Leistungseintrag addiert. Um die Enthalpieerhöhung ermitteln zu können, wird die eingebrachte Leistung um die Druckaufbauleistung vermindert. Dieser errechnet sich aus dem Produkt des über den Hub ermittelten Volumenstroms V und dem Druck p_x , welcher über den Schneckenhub konstant gehalten wird. Der so ermittelte Leistungseintrag in den Kunststoff kann nun mit den in der Steuerung verfügbaren Kurvenscharen abgeglichen werden. Ist nun die Massetemperatur T aus einer Messung an der Maschine bekannt, kann ein Schnittpunkt des Energieinhaltes mit der Massetemperatur in Figur 2 errechnet werden, welcher mit einer Kurve aus dem Datensatz ebenfalls in Übereinstimmung gebracht wird. Diese Kurve ist einem Kunststoff oder einer Kunststoffgruppe zugeordnet. Somit ist die Voraussetzung für eine kunststoffspezifische Betriebsweise oder Monitoring gegeben.

In Bezug auf die dritte Ausprägung der Erfindung werden nachstehend noch vier Ausführungsbeispiele angegeben. Generell gilt, dass die Kunststoffe oder Kunststoffgruppen im Rahmen der Erfindung über eine logische Kombination der an sich bekannten chemischen und physikalischen Eigenschaften identifiziert werden.

1. Der gesuchte Kunststoff enthält neben 30% Glasfasern noch „Carbon-Black“ als schwarzen Farbstoff. Die Bestimmung der chemischen Struktur des Kunststoffes mittels eines NIR-Sensors ist nicht eindeutig, da die Füllstoffe (insbesondere Graphit) die Strahlung im Nahinfrarot-Bereich absorbieren und der Kunststoff dadurch für diese Charakterisierungsmethode unsichtbar wird. Durch weitere Prozessgrößen wie die Verarbeitungs- oder Trocknungstemperatur können manche Kunststoffe ausgeschlossen werden. Gängige Kunststoffe wie Polyolefine (Polyethylen, Polypropylen) werden nicht vorgetrocknet und bei unter 260°C verarbeitet. Andere Kunststoffe wie Polyamide werden bei mindestens 80°C vorgetrocknet und bei über 260°C verarbeitet. Mit Charakterisierungsmethoden wie der Energieaufnahme (Enthalpie) oder dem Kompressionsvermögen (K-Modul) kann aus Kalibrierkurven auf einen bestimmten Füllstoffgehalt geschlossen oder die Kunststoffgruppe weiter eingeschränkt werden.
2. Der gesuchte Kunststoff enthält einen spezifischen Aufbau der Molekülketten, wie z.B. bei PA6 oder PA66. Bei PA 66 liegen sich die Carbonamidgruppen immer so gegenüber, dass jede funktionelle Gruppe ohne Deformation der Moleküle eine Wasserstoffbrücke bilden kann. Bei PA6 ist dies nur bei jeder zweiten Carbonamidgruppe möglich. Der höhere Schmelzpunkt von PA 66 und die geringere Wasseraufnahme sind auf den unterschiedlichen Molekülaufbau zurückzuführen. Mittels eines konventionellen NIR-Sensors, der auf einzelne Wellenlängen kalibriert ist, ist die Unterscheidung zwischen PA6 und PA66 nicht eindeutig und es muss entweder auf ein NIR-Spektrometer oder eine andere Charakterisierungsmethode zurückgegriffen werden. Die Auswertung von Prozessdaten wie der Verarbeitungstemperatur und der Energieaufnahme in Abhängigkeit der Temperatur auf Basis von Kalibrierkurven kann hier zur Unterscheidung genutzt werden.
3. Der gesuchte Kunststoff weist einen bekannten chemischen Aufbau und eine spezifische Dichte auf, wie z.B. PE-HD (high density) und PE-LD (low density). Die Grundstruktur kann mittels eines NIR-Sensors erkannt werden. Die Auswertung von Prozessdaten, wie der Verarbeitungstemperatur und der

Energieaufnahme, in Abhängigkeit der Temperatur auf Basis von Kalibrierkurven sowie Charakterisierungsmethoden wie die Bestimmung des Kompressionsmoduls können hier ergänzend verwendet werden.

4. Der gesuchte Kunststoff weist einen bekannten chemischen Aufbau und eine spezifische Viskosität auf, wie z.B. ein Polypropylen mit einer Schmelze-Massefließrate MFR = 5 g/10 min und ein anderes Polypropylen mit 50 g/10 min (gemessen nach DIN EN ISO 1133). Die Grundstruktur kann mittels eines NIR-Sensors erkannt werden. Für die genauere Bestimmung der Viskositätsunterschiede können Charakterisierungsmethoden wie die Fließzahl, die aus dem Einspritzdruckverlauf ermittelt wird, verwendet werden. Des Weiteren kann aus dem Verhältnis der Energieaufnahme durch Dissipation (Leistungsbedarf des Dosierantriebs) und der Energieaufnahme durch Wärmeleitung (Leistungsbedarf der externen Heizung/Kühlung) auf eine Kunststoffgruppe in einem spezifischen Viskositätsbereich geschlossen werden.

Innsbruck, am 10. April 2019

Patentansprüche

1. Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffs, wobei
 - a) der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird,
 - b) ein Volumen und/oder eine Masse des Kunststoffs sowie die zugeführte Plastifizierenergie als Messgrößen messtechnisch erfasst werden,
 - c) in Abhängigkeit der erfassten Messgrößen, des Anfangstemperaturwerts und des Endtemperaturwerts zumindest eines der folgenden bestimmt wird: eine Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder eine Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder eine aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbare Größe, und
 - d) auf Basis der bestimmten Wärmekapazität und/oder der bestimmten Enthalpieänderung und/oder der daraus rechnerisch ableitbaren Größe eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf Basis der erfassten Messgrößen eine Energiebilanz und/oder einer Leistungsbilanz für den Kunststoff aufgestellt wird und die bestimmte Wärmekapazität, die bestimmte Enthalpieänderung und/oder die daraus rechnerisch ableitbare Größe in Abhängigkeit der Energiebilanz und/oder der Leistungsbilanz bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf Basis der Energiebilanz und/oder der Leistungsbilanz zumindest eines der folgenden ermittelt wird: Belastungskollektiv, Verschleißzustand, Betriebszustand.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zugeführte und/oder abgeführte thermische Energie und/oder thermische Leistung und/oder ein Verlauf der zugeführten thermischen Energie und/oder thermischen Leistung ermittelt wird und bei der Energiebilanz und/oder Leistungsbilanz berücksichtigt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmekapazität eine spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck bestimmt wird und auf Basis der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Druck die den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anfangstemperaturwert und/oder der Endtemperaturwert und/oder ein Temperaturverlauf des Kunststoffs mittels zumindest eines Temperatursensors direkt und/oder indirekt gemessen wird, wobei vorzugsweise eine Temperaturregelung des Kunststoffs mit der zugeführten mechanischen Energie und/oder der zugeführten thermischen Energie als Stellgröße und Messwerten des zumindest einen Temperatursensors als Ist-Werten durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff bei im Wesentlichen konstantem Druck plastifiziert wird, wobei der Druck vorzugsweise mit konstantem Soll-Wert unter Verwendung von Messwerten zumindest eines Drucksensors geregelt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die thermischen Energie mittels einer – vorzugsweise elektrischen – Heizvorrichtung (2) zugeführt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Antriebssensor verwendet wird, mittels dessen die über zumindest einen Antrieb (3) zugeführte mechanische Energie und/oder eine vom zumindest einen Antrieb geleistete mechanische Leistung und/oder ein Verlauf der zugeführten mechanischen Energie und/oder der geleisteten mechanischen Leistung gemessen wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Zuführen der mechanischen Energie eine Plastifizierschnecke (4) und/oder ein Plastifizierkolben verwendet wird.

11. Verfahren nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Plastifizierzylinder (5), in welchem die Plastifizierschnecke (4) angeordnet ist, verwendet wird und dass die Plastifizierschnecke (4) zum Plastifizieren des Kunststoffs mittels des zumindest einen Antriebs im Plastifizierzylinder (5) drehend und axial bewegt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung der zugeführten mechanischen Energie ein auf die Plastifizierschnecke (4) ausgeübtes Drehmoment und/oder eine Drehzahl der Plastifizierschnecke (4) gemessen wird.
13. Verfahren nach Anspruch 6 und Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Kunststoffs mittels einer durch die Plastifizierschnecke (4) auf den Kunststoff ausgeübten Kraft als Stellgröße geregelt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schneckenpositionssensor verwendet wird, mittels dessen das Volumen des im Plastifizierzylinder (5) plastifizierten Kunststoffs erfasst wird.
15. Verfahren nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Trichter (6) zum Zuführen des zu plastifizierenden Kunststoffs in den Plastifizierzylinder (5) verwendet wird, wobei vorzugsweise ein Trichtertemperatursensor (7) in und/oder am Trichter (6) verwendet wird.
16. Verfahren nach Anspruch 6 und Anspruch 8 und einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Zylindertemperatursensoren verwendet werden, die am Plastifizierzylinder axial verteilten Heizzonen zugeordnet sind, wobei die Heizzonen unabhängig voneinander beheizt werden, wobei die Heizung in den Heizzonen jeweils unter Verwendung von Messwerten der den Heizzonen zugeordneten Zylindertemperatursensoren geregelt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des Endtemperaturwerts die Regelung einer bestimmten – insbesondere der im Sinn der Förderung des Kunststoffs letzten – Heizzone temporär abgeschaltet

wird und ein Messwert des der bestimmten Heizzone zugeordneten Temperatursensors als Endtemperaturwert verwendet wird.

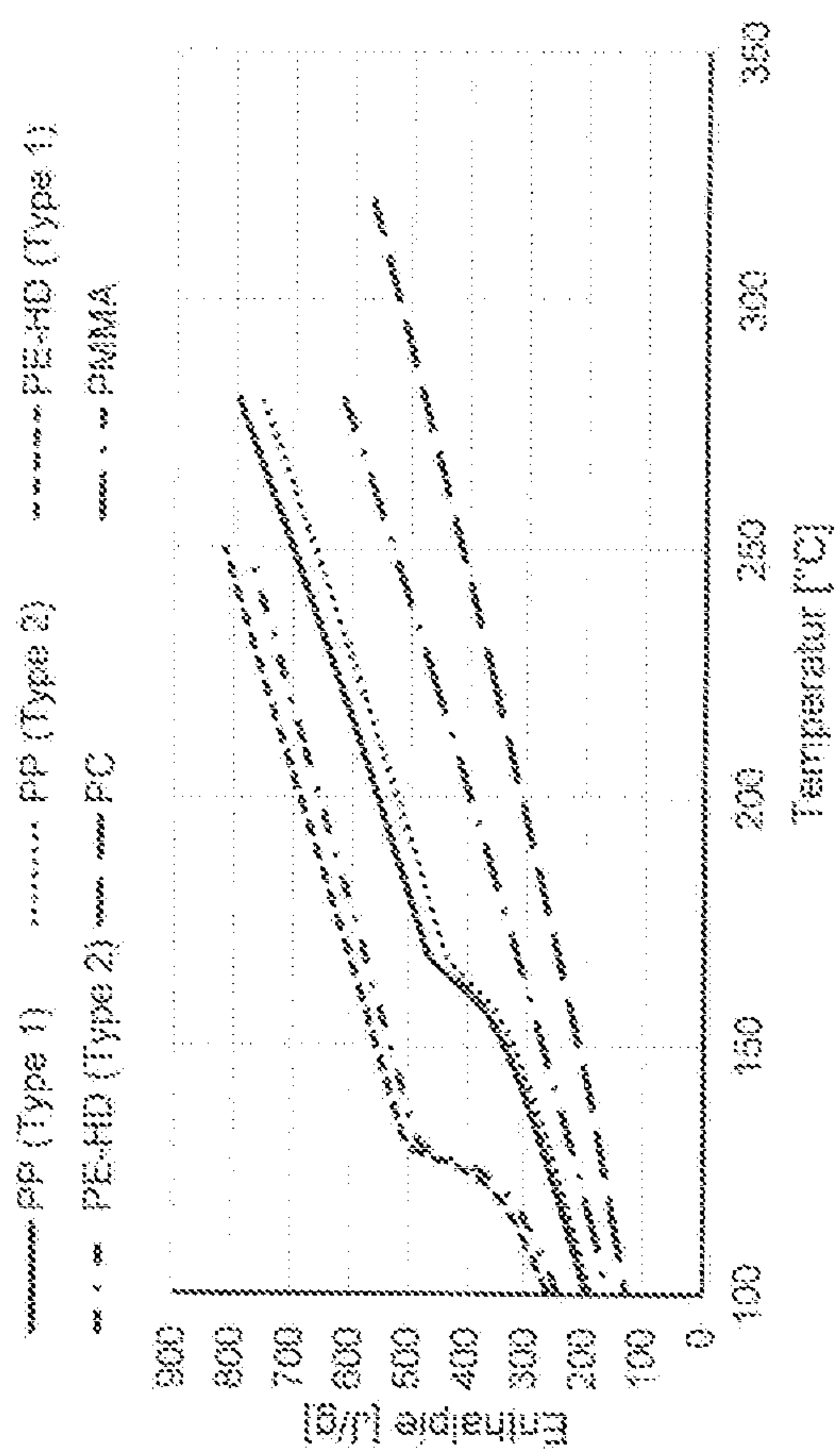
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Identifizierung der den Kunststoff beinhaltenden Kunststoffgruppe
 - Enthalpie-Temperatur-Kurven für eine Vielzahl von Kunststoffen mittels für diese Kunststoffe bekannten Zusammenhängen zwischen der Temperatur einerseits und dem spezifischen Volumen und/oder der Dichte andererseits korrigiert werden,
 - die mehreren Werte für die Wärmekapazität des Kunststoffs und/oder die Enthalpieänderung des Kunststoffs und/oder die aus der Wärmekapazität und/oder der Enthalpieänderung rechnerisch ableitbare Größe mit den korrigierten Enthalpie-Temperatur-Kurven – insbesondere mit Steigungen der korrigierten Enthalpie-Temperatur-Kurven – abgeglichen werden und
 - auf Basis des Abgleichs die den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren mehrmals durchgeführt wird, wobei vorzugsweise ein Druck und/oder eine zugeführte mechanische Leistung – variiert wird.
20. Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffs, wobei
 - a) der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird,
 - e) eine vom Kunststoff abgegebene Infrarotstrahlung messtechnisch erfasst wird und
 - f) auf Basis der erfassten Infrarotstrahlung eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zum Erfassen der Infrarotstrahlung ein Nahinfrarotsensor (8) verwendet wird.

22. Verfahren zum Klassifizieren eines Kunststoffs, wobei
- a) der Kunststoff durch Zuführen einer Plastifizierenergie in Form von mechanischer und/oder thermischer Energie unter Erhöhung einer Temperatur des Kunststoffs von einem Anfangstemperaturwert auf einen Endtemperaturwert plastifiziert wird und
 - g) aus zumindest zwei verschiedenen Quellen Identifikationsinformationen über den Kunststoff bezogen werden, wobei zumindest eine der zumindest zwei verschiedenen Quellen eine Messung an der zum Plastifizieren des Kunststoffs verwendeten Vorrichtung ist, und dass auf Basis der Identifikationsinformationen eine den Kunststoff beinhaltende Kunststoffgruppe identifiziert wird und bevorzugt der Kunststoff identifiziert wird.
23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass Informationen über den Kunststoff aus zumindest einer der folgenden bezogen und für die Identifizierung der Kunststoffgruppe und bevorzugt des Kunststoffs herangezogen werden:
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
 - Verfahren nach einem der Ansprüche 20 oder 21,
 - Maschineneinstellungen und/oder Messwerte und/oder Maschinenkonfiguration, insbesondere Einspritzdrücke (oder daraus abgeleitete Größen wie Viskositäten oder Fließzahlen), maximale und/oder minimale Verarbeitungstemperaturen, Massezylindertemperaturen an der Spitze oder über den gesamten Verlauf des Plastifizierzylinders, Granulattemperaturen, Kühlflüssigkeitstemperaturen, eine Dichte der Schmelze, Informationen über ein eingesetztes Formwerkzeug,
 - Verfahren zum Bestimmen eines für ein Kompressionsverhalten des Kunststoffs charakteristischen Parameters, insbesondere eines Kompressionsmoduls oder einer Kompressibilität,
 - Kameraabbildung des zu plastifizierenden Kunststoffs, insbesondere Kunststoffgranulats.

24. Formgebungsverfahren, wobei der mit einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche plastifizierte und klassifizierte Kunststoff, insbesondere im Rahmen eines Spritzgießverfahrens, verwendet wird.
25. Plastifizieraggregat, welches zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 23 eingerichtet ist.
26. Plastifizieraggregat nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Plastifizieraggregat dazu ausgebildet ist, auf Basis des identifizierten Kunststoffs oder identifizierten Kunststoffgruppe
- Hinweise in Bezug auf verbesserte Maschineneinstellungen und/oder verbesserte Maschinenkonfigurationen – vorzugsweise nach vorheriger automatischer Identifizierung einer vorliegender Maschineneinstellungen und/oder verbauter und/oder verwendeter Komponenten – auszugeben und/oder
 - Maschineneinstellungen automatisch zu verändern und/oder
 - Warnungen und/oder Hinweise in Bezug auf eintretende und/oder zu erwartende unzulässige Betriebszustände auszugeben und/oder
 - bei unzulässigen Betriebszuständen Abschaltsignale zum automatischen Abschalten auszugeben.
27. Formgebungsmaschine, insbesondere eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 24, mit einem Plastifizieraggregat nach Anspruch 25 oder 26.
28. Formgebungsmaschine nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit in eine zentrale Maschinensteuerung der Formgebungsmaschine integriert ist.
29. Formgebungsmaschine nach Anspruch 27 oder 28, welche zum Durchführen des Formgebungsverfahrens nach Anspruch 24 eingerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebungsmaschine dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23 im Rahmen eines Referenzzyklus und/oder während der Produktion durchzuführen.

Innsbruck, am 10. April 2019

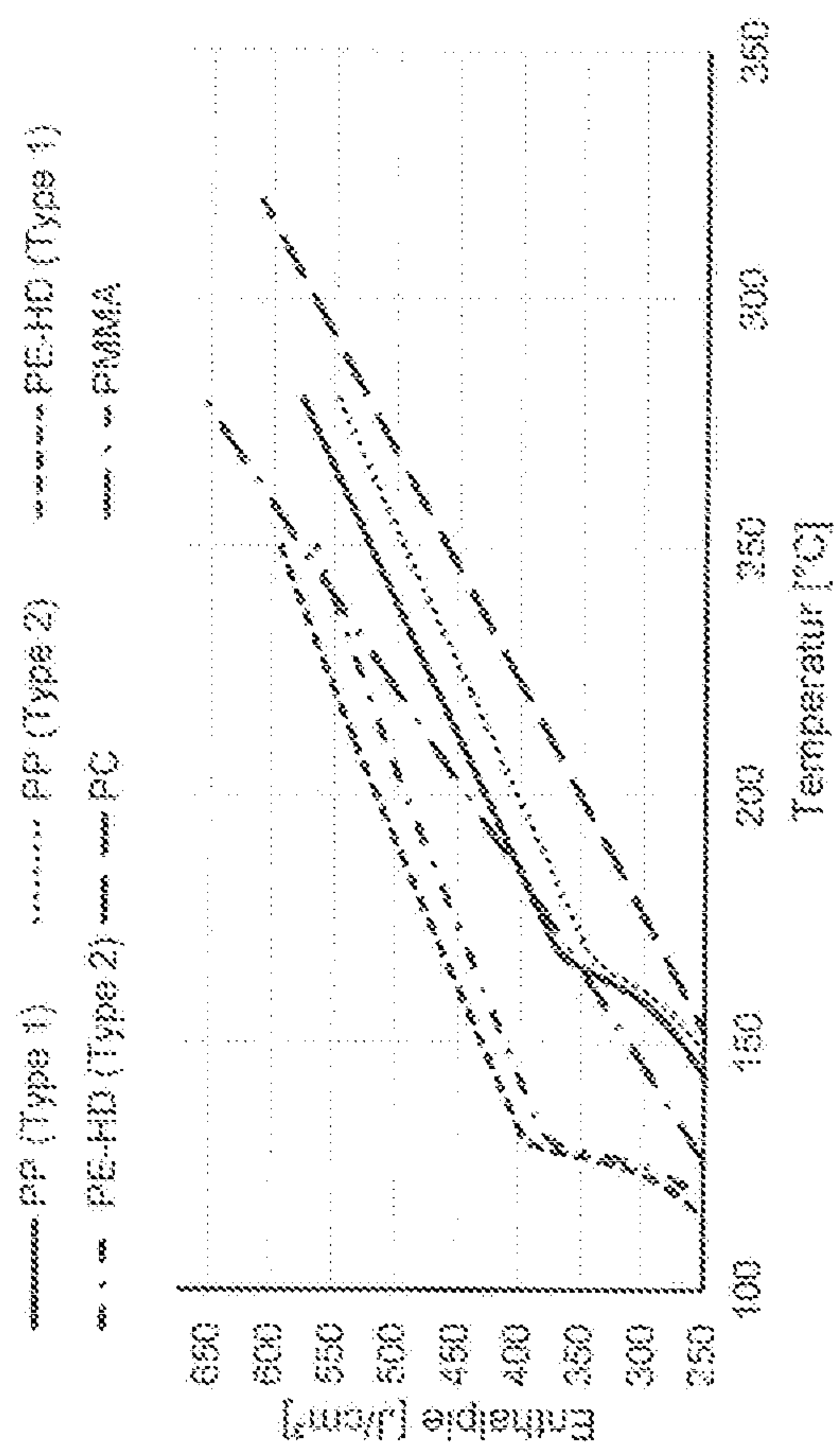
Figur 1:



81181

ENGEL AUSTRIA GmbH

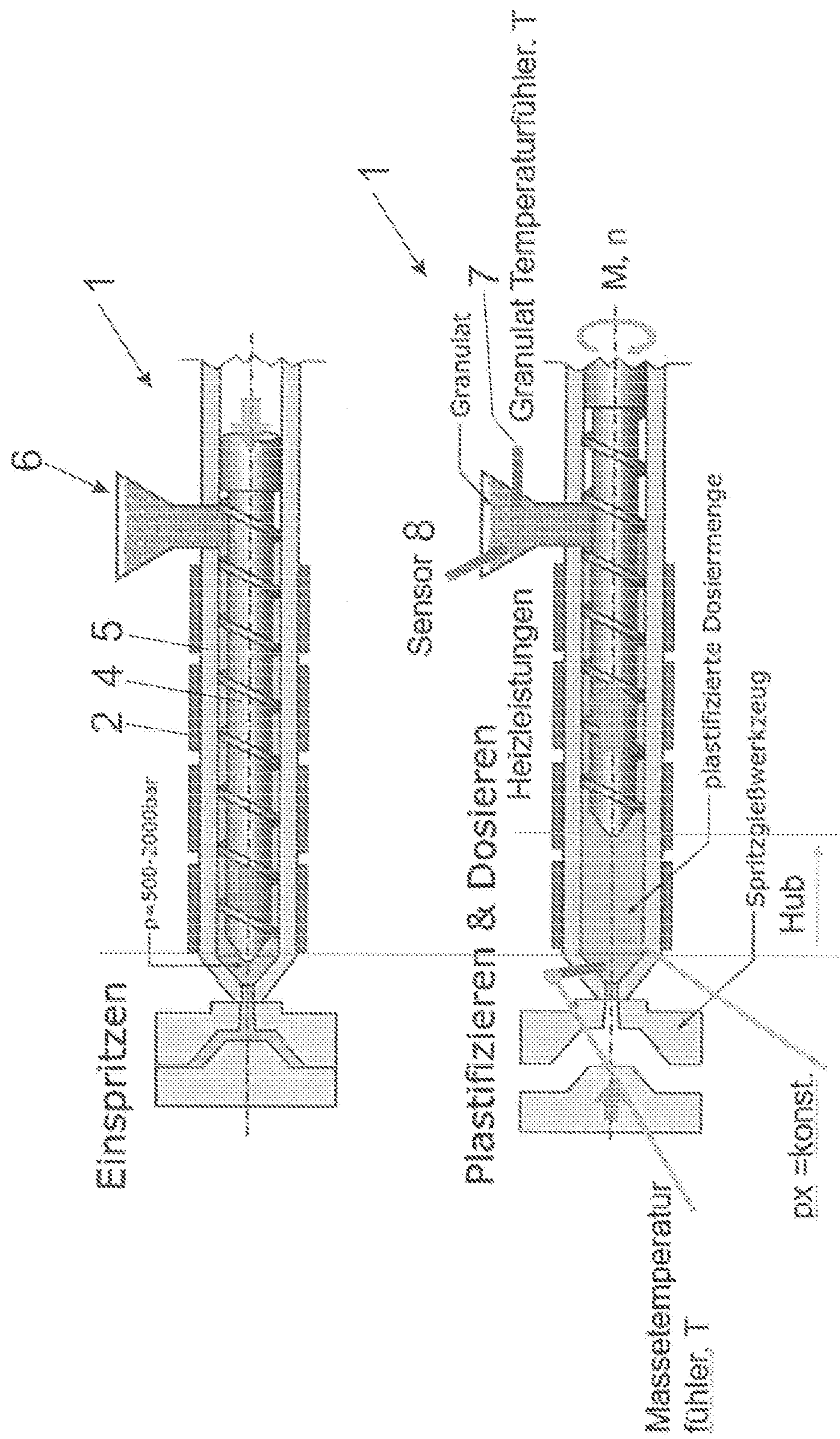
Figur 3:



81181

ENGEL AUSTRIA GmbH

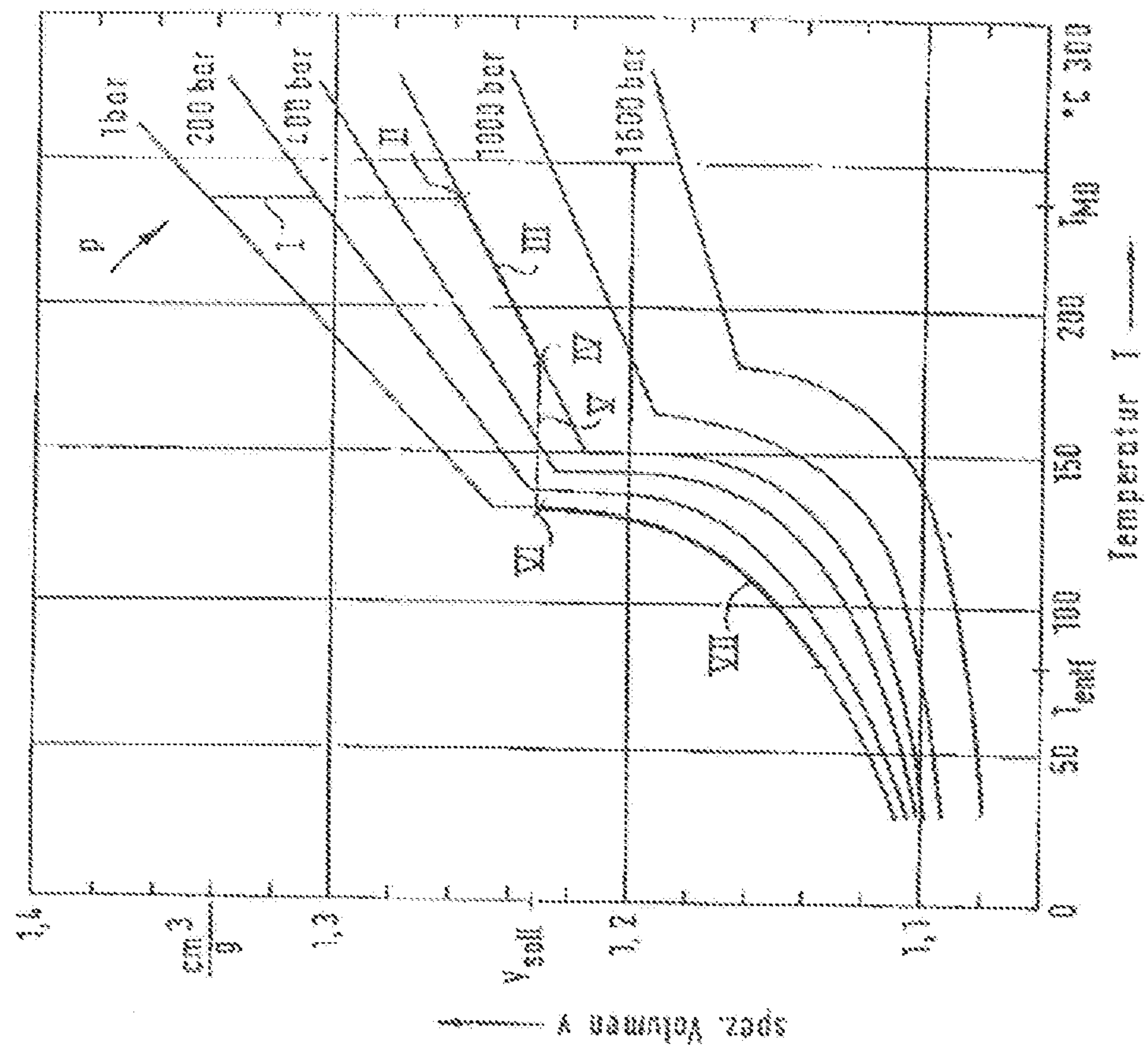
Figur 4:



81181

ENGEL AUSTRIA GmbH

Figur 5:



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

B29C 45/76 (2006.01); **B29C 45/78** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

B29C 45/76 (2016.05); **B29C 45/78** (2013.01); **B29C 2945/76026** (2013.01); **B29C 2945/7604** (2013.01); **B29C 2945/7613** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

B29C

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 10.04.2019 eingereichten Ansprüchen 1-21 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102017131032 A1 (ENGEL AUSTRIA GMBH) 28. Juni 2018 (28.06.2018) Anspruch 2	1-20
X	US 2004054056 A1 (BARBER JOHN D et al.) 18. März 2004 (18.03.2004) Absätze [0098] bis [100]	1-20
X	DE 102009000938 A1 (BATTENFELD EXTRUSIONSTECH) 19. August 2010 (19.08.2010) Absatz [0011]	20, 21

Datum der Beendigung der Recherche:

21.01.2020

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.