



(10) **DE 10 2007 013 044 B4** 2015.05.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 013 044.0**
(22) Anmeldetag: **19.03.2007**
(43) Offenlegungstag: **31.10.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.05.2015**

(51) Int Cl.: **B29C 45/76 (2006.01)**
G07C 3/12 (2006.01)
G05B 19/05 (2006.01)
G05B 19/048 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
GM 324/06 **21.04.2006** **AT**

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

(74) Vertreter:
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538
München, DE**

(72) Erfinder:
Gießauf, Josef, Perg, AT

(56) Ermittelte Stand der Technik:

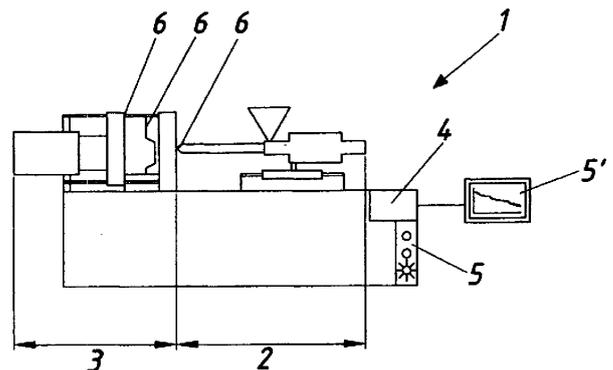
DE **102 41 746** **A1**
US **2004 / 0 148 136** **A1**
US **4 816 197** **A**

**Box, G.E.P. and Jenkins, G M.: Time Series
Analysis: Forecasting and Control. New Jersey :
Prentice Hall, 1976. 72ff.. - ISBN 0-13-905100-7**

**Lennart Ljung: System Identification - Theory
for the User. 2nd ed. New Jersey : PTR Prentice
Hall, 1999. 362ff.. - ISBN 0-13-656695-2**

(54) Bezeichnung: **Spritzgießmaschine und Verfahren zur Überwachung kontinuierlicher Spritzgießzyklen einer Spritzgießmaschine**

(57) Hauptanspruch: Spritzgießmaschine mit Anzeigeeinrichtung, speicherprogrammierbarer Maschinensteuerung und mehreren mit der Maschinensteuerung verbundenen Sensoren zur Ermittlung verschiedener Prozessparameter während eines Spritzgießzyklus, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschinensteuerung (4) derart ausgebildet ist, dass in Betriebszustand verschiedene Prozessparameter eines aktuellen Spritzgießzyklus mit den entsprechenden Prozessparametern wenigstens eines vorangegangenen Spritzgießzyklus verglichen werden, wobei aus den Änderungen der verschiedenen Prozessparameter ein Stabilitätsparameter gebildet wird, wobei bei Überschreiten von einem Schwellenwert des Stabilitätsparameters ein Warnsignal an der Anzeigeeinrichtung (5, 5') angezeigt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spritzgießmaschine mit Anzeigeeinrichtung, speicherprogrammierbarer Maschinensteuerung und mehreren mit der Maschinensteuerung verbundenen Sensoren zur Ermittlung verschiedener Prozessparameter während eines Spritzgießzyklus. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Überwachung der Prozessstabilität kontinuierlicher Spritzgießzyklen einer Spritzgießmaschine mit Anzeigeeinrichtung, wobei laufend Prozessparameter ermittelt und an die in der Spritzgießmaschine integrierte, vorzugsweise speicherprogrammierbare, Maschinensteuerung übertragen werden.

[0002] Bei gattungsgemäßen Spritzgießmaschinen werden während der Spritzgießzyklen einzelne Prozessparameter überwacht. Die entsprechenden Prozessparameter werden in aller Regel pro Spritzgießzyklus einmal gemessen, wobei als Prozessparameter typischerweise Temperatur, zurückgelegte Wegstrecken, Zykluszeit, Druck beim Umschalten, Forminnendruck und andere nicht angeführte Parameter in Betracht gezogen werden. Beim Stand der Technik wird bspw. parallel der zeitliche Verlauf aller Prozessparameter an einem Bildschirm angezeigt. Für jeden einzelnen Parameter gelten bestimmte Toleranzgrenzen, die entweder vom Benutzer selbst vorgegeben sind oder in der Maschinensteuerung aus der Standardabweichung des Parameters ermittelt werden. Bei Spritzgießmaschinen mit Regelsystemen wird nach bekanntem Stand der Technik einer Regelgröße ein Sollwert zugeordnet, wobei bei Abweichung vom Sollwert die zugehörige Stellgröße angepasst wird, um Abweichungen entgegenzuwirken. Bei Spritzgießmaschinen mit Maschinensteuersystemen werden in der Regel dem Benutzer alle Parameter angezeigt. Die Abweichung eines Parameters aus der Summe aller Prozessparameter richtig zu deuten, ist für den durchschnittlich geübten Benutzer schwierig, denn ob eine solche Abweichung die Stabilität des Spritzgießprozesses über mehrere hintereinander ablaufende Spritzgießzyklen beeinflusst und wie die Änderung eines Parameters im Verhältnis zu anderen Parametern zu sehen ist, erfordert detailliertes Verständnis der Zusammenhänge aller Parameter. Vor allen Dingen ist der manchmal herangezogene Vergleich eines Ist-Zustandes einzelner Prozessparameter mit einem Sollwert (= Idealwert) wenig aussagekräftig über die Reproduzierbarkeit der einzelnen Spritzgießzyklen. Häufig ist es weniger wichtig zu ermitteln, wie sich die Prozessparameter zu einem Idealzustand verhalten. Es kann viel wichtiger sein zu ermitteln, wie reproduzierbar die einzelnen Spritzgießzyklen zueinander sind.

[0003] Aus der Schrift US 2004/0148136 A1 ist eine Maschinenüberwachung bekannt, bei der eine Vielzahl von Spritzgussmaschinen an einen Zentralrech-

ner angeschlossen sind, in dem Betriebsdaten der verschiedenen Spritzgussmaschinen zentral gesammelt werden, die von den Maschinensteuerungen der einzelnen Maschinen her eingespeist werden. Durch die zentrale Datenverwaltung kann die Verfügbarkeit von Ersatzteilen für die verschiedenen Spritzgussmaschinen prognostiziert werden.

[0004] Ferner zeigt die US 4,816,197 A eine Spritzgussmaschine, bei der Betriebsparameter wie Einspritzdruck und Einspritzgeschwindigkeit der Schmelze überwacht werden, um einen Durchschnittswert der Schmelzeviskosität während Produktionszyklen gegenüber einem Referenzzyklus zu bestimmen.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Spritzgießmaschine der eingangs genannten Gattung zu schaffen, die es dem Benutzer ermöglicht, schnell zu erkennen, ob sich die Stabilität und Reproduzierbarkeit der einzelnen Spritzgießzyklen ändert. Außerdem soll die Erfindung es ermöglichen Vorhersagen über Fehlerursachen treffen zu können.

[0006] Erfindungsgemäß wird dies erreicht, indem die Maschinensteuerung derart ausgebildet ist, dass in Betriebszustand verschiedene Prozessparameter eines aktuellen Spritzgießzyklus mit den entsprechenden Prozessparametern wenigstens eines, vorzugsweise unmittelbar, vorangegangenen Spritzgießzyklus verglichen werden, wobei aus den Änderungen der verschiedenen Prozessparameter ein Stabilitätsparameter gebildet wird, wobei bei Überschreiten des Stabilitätsparameters von einem, vorzugsweise vorgebbaren, Schwellenwert ein Warnsignal an der Anzeigeeinrichtung angezeigt wird.

[0007] Durch die Vielzahl, der beim Stand der Technik üblicherweise dargestellten Prozessparameter ist es für den Bediener schwer möglich, die plötzlich auftretenden Änderungen oder Einschwingprozesse eines Prozessparameters auf einen Blick zu erkennen. Mit einer erfindungsgemäßen Spritzgießmaschine wird die Gesamtheit der Prozessparameter zu einem einzigen Parameter – der sogenannten Prozessstabilität – zusammengefasst. Dabei werden die einzelnen Prozessparameter ihrer Bedeutung entsprechend gewichtet, d. h., wichtige Parameter, wie z. B. Temperatur oder Einspritzdruck, erhalten eine höhere Wichtigkeit als weniger problematischere Prozessparameter, wie beispielsweise eine geringe Änderung in der Zykluszeit.

[0008] Günstigerweise werden eine Vielzahl von Prozessparametern ermittelt, weshalb es sich als vorteilhaft erwiesen hat, wenn die Spritzgießmaschine Sensoren zur Ermittlung des Spritzdruckes und/oder der Zykluszeit und/oder der Temperatur der Kunststoffschmelze und/oder der eingespritzten Kunststoffmenge und/oder der Einspritzzeit aufweist. Ei-

ne einfachste Ausführungsvariante zur Ermittlung der Prozessstabilität sieht vor, dass die Anzeigeeinrichtung der Spritzgießmaschine eine Ampelanlage aufweist. Der Gesamtzustand des Prozessors kann beispielsweise in den Ampelfarben Rot, Gelb und Grün oder als numerischer Wert nach Schulnotenprinzip, der den Grad der Instabilität angibt, angezeigt werden. Bei der Ausgabe nur eines einzigen Parameters ist es für den Benutzer einfacher zu erkennen, inwieweit Schwankungen vorliegen. Will man dem Benutzer lediglich eine Information darüber geben, ob der Prozess stabil oder weniger stabil abläuft, so ist es ausreichend, die eben angeführte Anzeige zu verwenden. Sinnvollerweise ist auch noch vorgesehen, dass die Anzeigeeinrichtung einen Monitor zur Ausgabe des Stabilitätsparameters aufweist, um einen graphischen Verlauf anzuzeigen. Bei einer kontinuierlichen zeitlichen Ausgabe des Prozessstabilitätsparameters auf einer Anzeigeeinrichtung lassen sich auch für den ungeübten Benutzer auffällige Schwankungen sofort erkennen. Bei geeigneter Wahl der Wichtung der Prozessparameter zur Ermittlung des Stabilitätsparameters können dem Benutzer zusätzliche Hinweise gegeben werden, wodurch die Instabilität verursacht wurde. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass eine Matrix Fehlerquelle/beeinflusster Prozessparameter hinterlegt wird. So kann aus einem plötzlichen Abfall einer Temperatur geschlossen werden, dass die Heizung oder ein Temperaturfühler defekt sind. Aus einer Änderung eines Drehmomentes beim Dosieren bei gleichen Temperaturen, gleicher Drehzahl und Staudruck kann man eine Änderung im Material, z. B. durch Chargenschwankungen, geänderte Vortrocknung des Materials, etc., ableiten. Diese Information wird dem Benutzer in Klartext ausgegeben und nicht einfach durch die Schwankung des Einzelparameters angezeigt.

[0009] Zwar sind Verfahren zur Prozessüberwachung periodischer Produktionsprozesse beispielsweise aus der DE 102 41 746 A1 bekannt. Ein derartiges System weist jedoch mehrere Nachteile gegenüber der vorliegenden Erfindung auf. Das Prozessmodell der DE 102 41 746 A1 wird über Einstellphasen aufwendig geeicht, sodass wiederum, wie beim Stand der Technik als nachteilig bereits beschrieben, ein wenig aussagekräftiger Soll-Gesamtparameter ermittelt wird, mit dem der Ist-Zustand verglichen wird. Das beschriebene Verfahren kann darüber hinaus nicht auf einer Maschinensteuerung realisiert werden, da zur Erzeugung der in dieser Schrift beschriebenen neuronalen Netze aufwendige Hochleistungsrechner verwendet werden müssen, die eben nicht in der Maschinensteuerung sitzen können, sondern an einem externen Computer angeordnet sind. Dadurch erhöht sich die Übertragungszeit der Prozessparameter sowie die Ermittlung der einzelnen Ist- und Sollwerte. Aussagen über die Fehlerursache lassen sich bei einem solchen System außerdem nicht treffen.

[0010] Neben einer Spritzgießmaschine der eingangs genannten Art betrifft die Erfindung selbstverständlich auch ein Verfahren zur Überwachung der Prozessstabilität kontinuierlicher Spritzgießzyklen einer Spritzgießmaschine. Die eingangs gestellte Aufgabe wird mit einem Verfahren gelöst, bei dem in der Maschinensteuerung verschiedene Prozessparameter eines aktuellen Spritzgießzyklus mit den entsprechenden Prozessparametern wenigstens eines, vorzugsweise unmittelbar, vorangegangenen Spritzgießzyklus verglichen werden, wobei aus den Änderungen der verschiedenen Prozessparameter ein Stabilitätsparameter gebildet wird, wobei bei Überschreiten des Stabilitätsparameters von einem, vorzugsweise vorgebbaren, Schwellenwert ein Warnsignal an der Anzeigeeinrichtung angezeigt wird. Die entsprechende Ausgestaltung kann mit einer Spritzgießmaschine der vorgenannten Art erfolgen.

[0011] Zusätzlich könnte in einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass bei Überschreiten des Stabilitätsparameters von einem zweiten, vorzugsweise vorgebbaren Schwellenwert die Maschinensteuerung in eine Regeleinrichtung der Spritzgießmaschine eingreift. Möglich wäre, dass die Regelung den Spritzgießzyklus abbricht.

[0012] In den Figuren und Figurenbeschreibungen werden weitere Details und Vorteile der Erfindung erläutert. Dabei zeigen

[0013] Fig. 1 schematisch eine erfindungsgemäße Spritzgießmaschine und

[0014] Fig. 2 und Fig. 3 ein Matrixmodell zur Ermittlung der Prozessstabilität.

[0015] Die schematisch in Fig. 1 dargestellte Spritzgießmaschine 1 weist einen an sich bekannten Aufbau auf. Neben einer Spritzeinheit 2 mit einem Trichter und einer Schnecke weist die Spritzgießmaschine 1 auch eine Schließeinheit 3 mit einer beweglichen und einer starren Formaufspannplatte auf. Die Steuerung der Maschine erfolgt über eine speicherprogrammierbare Steuerung 4, die erfindungsgemäß ausgebildet ist. An zahlreichen Stellen der Spritzgießmaschine sind Sensoren 6 wie im gezeigten Fall zur Ermittlung des Pressdruckes in den Formaufspannplatten der Wegstrecke sowie der Temperatur der extrudierten Kunststoffmasse angeordnet. Die vorliegende Spritzgießmaschine 1 weist zwei Anzeigeeinrichtungen 5, 5' auf, von denen eine eine Ampelanlage 5 ist, die die Signalfarben rot, gelb, grün abgibt. Die zweite Anzeigeeinrichtung 5' ist ein herkömmlicher Monitor, auf dem der zeitliche Verlauf des Stabilitätsparameters angezeigt wird.

[0016] Die Fig. 2 zeigt eine Matrix Modell/Kanal zur beispielhaften Ermittlung der Prozessstabilität. Auf die verfügbaren Kanäle (= Prozessparameter aus der

Spritzgießmaschine) werden mehrere, für geeignet befundene mathematische Modelle bzw. Methoden angewandt. Die Modelle können für jeden Kanal gesondert parametrisiert werden. So entsteht bei jedem Spritzgießzyklus in jedem Modell/Kanal-Knoten dieser Matrix ein Wert $Inst(i, j)$ zwischen 0 und 1, der die vom Modell n erkannte Instabilität des Kanals m beschreibt. Aus den Wert $Inst(i, j)$ wird eine Gesamtbewertung der Prozessstabilität vorgenommen. Im einfachsten Fall entspricht die Gesamt-Instabilität dem Maximum der Einzel-Instabilitäten. In einer verbesserten Ausführung werden die Kanäle, basierend auf Expertenwissen, Versuchen oder automatischen adaptiven Verfahren, unterschiedlich gewichtet.

[0017] Die Fig. 3 zeigt vereinfacht dargestellt die Wirkungsweise unterschiedlicher mathematischer Modelle. Kanal 1 zeigt einen Verlauf mit bestimmten statistischen Schwankungen. Die Schwankungsbreite wird von den Modellen aus der jüngeren Vergangenheit (nicht dargestellt) gelernt. Somit wird der Kanal von allen Modellen als stabil beurteilt. Kanal 2 stellt einen typischen Einschwingvorgang dar. Dieser kann vom Modell 2 erkannt werden, weshalb dieses Modell im eingerahmten Bereich eine Instabilität detektiert. Kanal 3 erfährt eine sprunghafte Änderung. Diese wird vom Modell 1 erkannt.

[0018] Die Detektion von Instabilitäten im Produktionsprozess von Spritzgussmaschinen stellt einige Anforderungen, aus denen sich der Aufbau des im Folgenden beschriebenen Systems ableitet. Neben der reinen Detektion von Instabilitäten ist es möglich, dass das System auch eine Auskunft über die Art und möglichst Ursache bzw. Lokalisation der Instabilitäten ermöglicht. Das System sollte einfach zu bedienen und interpretieren sein, um keine zusätzliche Belastung für die Maschinen-Bedienung darzustellen, sondern eine Hilfe.

[0019] Auftretende Instabilitäten können verschiedenste Ursachen haben, die sich in Kanälen mit unterschiedlichen Charakteristiken und an sich auch durch unterschiedliche Verläufe äußern können. Neben einer robusten Erkennung ist auch eine gute Generalisierung der Modelle auf andere Maschinen notwendig. Ähnliche Kanäle können für diese, z. B. durch andere Dimensionierungen oder andere Steuerungs-Arten, gänzlich andere Charakteristiken zeigen. Schließlich ist bei den verwendeten Methoden auf Einfachheit zu achten, um schnelle Rückmeldungen, Echtzeitfähigkeit, und die Implementierbarkeit im Rahmen der Maschinensteuerung sicherzustellen.

[0020] Die vorliegende Erfindung bettet sich in die Steuerung von Spritzgussmaschinen ein. Pro Schuss (Spritzgießzyklus) stehen ihm die Werte unterschiedlicher Messkanäle zur Verfügung, u. a. Temperaturen, Drücke, Zeitdauern, gemessene Strecken etc.

Diese Messwerte müssen innerhalb kurzer Zeit zu einer Vorhersage der Prozessstabilität verarbeitet und an die Bedienerschnittstelle weitergegeben werden. Der Bediener wird in erster Linie mittels einer Zustands-„Ampel“ mit den Werten Rot (instabil), Orange und Grün (stabil) informiert. Diese Werte basieren auf einer Einschätzung durch das System, die beispielsweise so realisiert werden kann, dass der Stabilitätsparameter zwischen 0 (stabil) und 1 (instabil) liegt, und mittels Schwellwerten (0,3 für Orange und 0,7 für Rot) an der Ampel abgebildet werden. Denkbar wäre es, dass das System in Form einer KML-Struktur über die Details der detektierten Instabilitäten Auskunft gibt.

[0021] Die Anforderungen an das System legen eine flexibel adaptierbare Architektur nahe. Es werden mehrere unterschiedliche Sub-Modelle (z. T. spezialisiert für bestimmte Instabilitäten) zur Vorhersage für einzelne Kanäle verwendet (siehe Modelle unten). Diese Submodelle implementieren alle das gleiche Interface: Eine Funktion wird einmal für jeden neu erhaltenen Kanal-Wert aufgerufen und liefert die Einschätzung des jeweiligen Modells als Wert zwischen 0 (stabil) und 1 (instabil) zurück. Weiter wird gleichzeitig eine Zeichenkette zurückgeliefert, die den Grund für detektierte Instabilitäten angibt, allerdings nur wenn das Submodell den Schwellwert für Orange erreicht.

[0022] Neben der Vorhersage-Funktion bieten die Submodelle eine Funktion, die zum Lernen und Anpassen von Parametern in den Modellen verwendet wird, und die ebenfalls einmal pro neuem Kanalwert aufgerufen wird. Dies kann beispielsweise die Bestimmung der Varianz der Daten, oder die Adaption von Regressions-Parametern sein. Ein weiteres Interface der Submodelle ermöglicht das Lesen von Konfigurations- und Parameter-Dateien sowie das Abspeichern der Modell-Parameter.

[0023] Die Vorhersagen der einzelnen Sub-Modelle werden schließlich von einem Entscheider zu einer Gesamt-Vorhersage integriert. Eine einfache Ausführungsvariante realisiert dies durch Bestimmung des Maximums der Vorhersagen der Submodelle, welches als allgemeiner Instabilitäts-Wert weitergeleitet wird. Die Verwendung des $[0; 1]$ -Intervalls für Vorhersagen der Submodelle erlaubt es dabei potenziell, die Zuverlässigkeit der Submodelle bei der Entscheidungs-Findung mit einzubeziehen. Wird die Detektion eines Submodells als relevant erachtet (sie ist über dem Orange-Schwellwert), wird die diagnostische Zeichenkette dieses Modells in die Begründung der Gesamteinschätzung integriert.

[0024] Die im Folgenden aufgeführten Modelle sind Beispiele für verwendete Instabilitäts-Detektoren, die in der oben ausgeführten Rahmen-Architektur verwendet werden. Die Parameter der Modelle werden

teilweise über eine Gitter-Suche bestimmt, bei der für gegebene Daten viele unterschiedliche Parameter-Kombinationen auf Ihre Detektions- und Generalisierungsfähigkeit hin verglichen werden.

[0025] Ein polynomielles Regressionsmodell wird über einen lokalen Datenbereich eines Signalverlaufes adaptiert. Dabei werden die linearen Parameter mit Hilfe einer rekursiven Methode geschätzt (recursive least squares (Lennart Ljung System Identification – Theory for the User, 2nd ed, PTR Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 1999)), wobei über einen einstellbaren Parameter (Forgetting-Faktor) weiter zurückliegende Punkte mehr und mehr vergessen werden. Die Auswertung eines neuen Signalwertes basiert auf der Abweichung zum Konfidenzband um das Modell, welches adaptiv mitgerechnet wird. So können Anomalien in Form von Ausreißern und Sprüngen erkannt werden.

[0026] ARMA-Modelle sind ähnlich zu den Modellen des vorherigen Absatzes, nur dass vergangene Werte eines Signalverlaufs bei der Berechnung der linearen Parameter direkt mit einbezogen werden, anstatt ein gemitteltes lineares Modell über diese zu bilden (Box, G. E. P. and Jenkins, G M. (1976), Time Series Analysis: Forecasting and Control, San Francisco, Holden-Day.) . Im Gegensatz zur gleitenden Regression sind damit nicht Zeitpunkte die Eingangsgrößen des Modells, sondern bis zu k vergangene Signalwerte (für ein ARMA-Modell der Ordnung k). Aus k zurückliegenden Signalwerten wird ein Vorhersagemodell erlernt, welches auf den aktuellen Wert schließt. Somit können ARMA-Modelle Signal-Muster aus der Historie lernen.

[0027] Die Auswertung eines neuen Punktes basiert auf dem Vergleich des Vorhersagewerts des Modells mit dem gemessenen Signalwert, unter Berücksichtigung eines Konfidenzbandes. So können komplexere Anomalien, die nicht in das übliche Signalmuster passen, erkannt werden. Dieses Modell vergleicht laufend den aktuellen Kanalwert mit dem exponentiell gewichteten Mittelwert der vergangenen Werte. Dabei bekommen Werte umso weniger Gewicht, je weiter sie in der Vergangenheit liegen. Zum Vergleich wird der kleinere durch den größeren Wert geteilt und das Ergebnis von 1 subtrahiert. Nach Abzug einer Toleranzschwelle wird das Ergebnis wieder auf den Bereich $[0; 1]$ normiert, und kann über eine Gamma-Korrektur angehoben oder abgesenkt werden.

[0028] Dadurch kann bei der Bewertung der Abweichungen z. B. die allgemeine Varianz des Kanals berücksichtigt werden.

[0029] Lineare Regressionsmodelle werden lokal gefittet und daraus der Gradient ermittelt und normiert mit Hilfe des Wertebereichs des lokalen Signals und der Breite des lokalen Fensters. So wird der Noi-

se aus den Daten herausgefiltert und eine Tendenz des Signals abgelesen. Die Vorhersage basiert auf dem Vergleich des Gradienten mit einem vorgegebenen Schwellwert und der lokalen Häufigkeit von hohen Gradienten. Über unterschiedliche Fenstergrößen können daraus verschieden lange Einschwingvorgänge erkannt werden.

[0030] Da ihre Vorhersagen nicht von vornherein im Bereich $[0; 1]$ liegen, verwenden die Modelle aus den vorherigen Absätzen ein gemeinsames aus der Fuzzy-Theorie stammendes Verfahren, um ihre Vorhersagen in diesen Bereich abzubilden. Dabei werden die im Bereich von 0 bis potenziell unendlich liegenden Vorhersagen über die Zugehörigkeit zu speziell definierte Fuzzy-Sets (Doppel-Parabeln) auf das $[0; 1]$ -Intervall abgebildet. Die Grenzen der Fuzzy-Sets werden anhand der Kanal-Eigenschaften bestimmt.

[0031] Für viele Kanäle (= Prozessparameter, die die Steuerung aufzeichnen) wird aus aktuellem Wert und dem Verlauf der vorhergehenden Werte die Stabilität für diesen jeweiligen Kanal errechnet, dabei wird insbesondere auf Sprünge oder typische Einschwingverläufe geachtet. Diese Beurteilung erfolgt immer auf Basis der Varianz des Signalverlaufes jedes Kanals, die ebenfalls aus den Zyklen der jüngeren Vergangenheit selbständig „erlernt“ wird. Die so ermittelten Stabilitäten der einzelnen Kanäle werden vom „Entscheider“ zu einer Aussage über die Gesamtstabilität des Prozesses verarbeitet. Die Stabilität ist immer auf ein auf das Intervall $0-1$ normierten Wert, der den Zustand bezogen auf die übliche Varianz beschreibt.

Weitere Vorteile der Erfindung:

- Es sind keine Eingaben durch den Benutzer erforderlich, das System arbeitet völlig selbständig und selbstlernend.
- Nach einem Anfahr- bzw. Einschwingvorgang erhält der Benutzer durch den Stabilitätsparameter den Hinweis, ab wann er die Formteile verwenden kann (vorausgesetzt mit der verwendeten Maschineneinstellung wurden zuvor schon gute Teile hergestellt).
- Störungen an der Anlage oder im Prozess werden erkannt und dem Benutzer mitgeteilt, ohne dass er zuvor Parameter für die Überwachung ausgewählt hat, Sollwerte und Grenzen festgelegt hat, etc.

Patentansprüche

1. Spritzgießmaschine mit Anzeigeeinrichtung, speicherprogrammierbarer Maschinensteuerung und mehreren mit der Maschinensteuerung verbundenen Sensoren zur Ermittlung verschiedener Prozessparameter während eines Spritzgießzyklus, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Maschinensteuerung (4)

derart ausgebildet ist, dass in Betriebszustand verschiedene Prozessparameter eines aktuellen Spritzgießzyklus mit den entsprechenden Prozessparametern wenigstens eines vorangegangenen Spritzgießzyklus verglichen werden, wobei aus den Änderungen der verschiedenen Prozessparameter ein Stabilitätsparameter gebildet wird, wobei bei Überschreiten von einem Schwellenwert des Stabilitätsparameters ein Warnsignal an der Anzeigeeinrichtung (5, 5') angezeigt wird.

2. Spritzgießmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spritzgießmaschine (1) Sensoren (6) zur Ermittlung des Spritzdruckes und/oder der Zykluszeit und/oder der Temperatur der Kunststoffschmelze und/oder der eingespritzten Kunststoffmenge und/oder der Einspritzzeit aufweist.

3. Spritzgießmaschine nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzeigeeinrichtung (5) eine Ampelanlage aufweist.

4. Spritzgießmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzeigeeinrichtung (5') einen Monitor zur Ausgabe des Stabilitätsparameters aufweist.

5. Spritzgießmaschine nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine vorangegangene Spritzgießzyklus den unmittelbar vorangegangenen Spritzgießzyklus enthält.

6. Spritzgießmaschine nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schwellenwert an der Maschinensteuerung vorgebar ist.

7. Verfahren zur Überwachung der Prozessstabilität kontinuierlicher Spritzgießzyklen einer Spritzgießmaschine mit Anzeigeeinrichtung, wobei laufend Prozessparameter ermittelt und an die in der Spritzgießmaschine integrierte Maschinensteuerung übertragen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Maschinensteuerung verschiedene Prozessparameter eines aktuellen Spritzgießzyklus mit den entsprechenden Prozessparametern wenigstens eines vorangegangenen Spritzgießzyklus verglichen werden, wobei aus den Änderungen der verschiedenen Prozessparameter ein Stabilitätsparameter gebildet wird, wobei bei Überschreiten von einem Schwellenwert des Stabilitätsparameters ein Warnsignal an der Anzeigeeinrichtung (5, 5') angezeigt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Überschreiten von einem zweiten Schwellenwert des Stabilitätsparameters die Maschinensteuerung (4) in eine Regeleinrichtung der Spritzgießmaschine (1) eingreift.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinrichtung den Spritzgießzyklus abbricht.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus der Gesamtheit der Prozessparameter genau ein Stabilitätsparameter gebildet wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

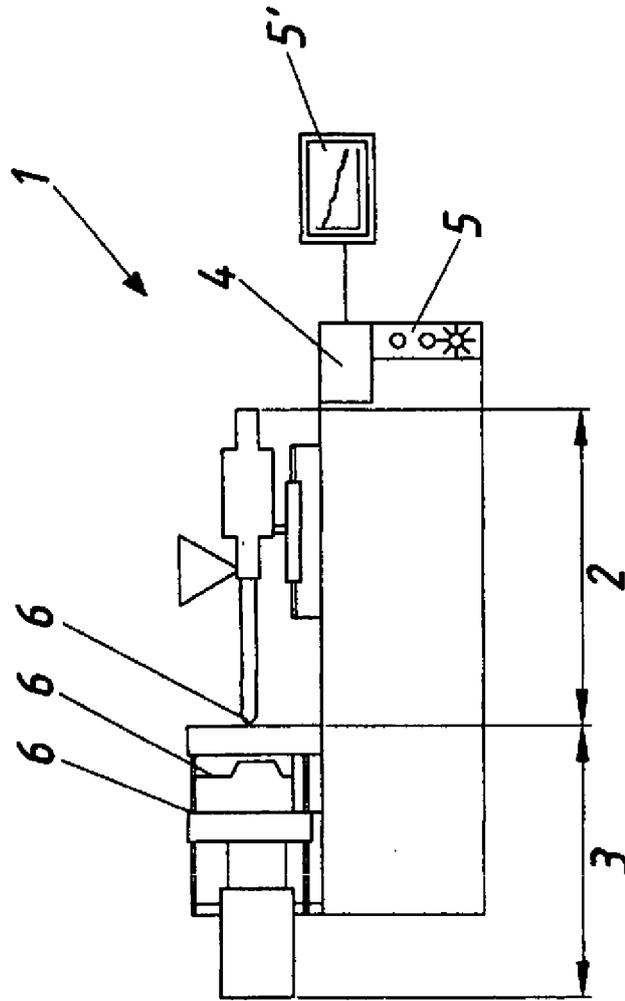


Fig. 1

Fig. 2

	Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal m
Modell 1	Inst (1,1)	Inst (1,2)	Inst (1,3)	Inst (1,m)
Modell 2		Inst (2,2)		Inst (2,m)
Modell 3		Inst (3,2)	Inst (3,3)	Inst (3,m)
Modell n	Inst (n,1)	Inst (n,2)	Inst (n,3)	Inst (n,m)



$$\text{Inst_gesamt} = f(\text{Inst}(i,j))$$

Fig. 3

