



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 37 005 A1** 2004.02.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 37 005.2**
(22) Anmeldetag: **13.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **26.02.2004**

(51) Int Cl.7: **B29C 44/60**
C08G 18/00

(71) Anmelder:
Bayer AG, 51373 Leverkusen, DE

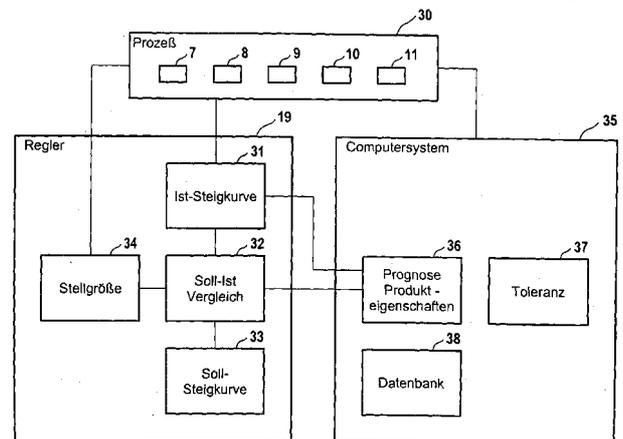
(72) Erfinder:
Ehbing, Hubert, Dr., 51519 Odenthal, DE; Zien, Holger, Dr., 51065 Köln, DE; Dörner, Karl-Heinz, 50259 Pulheim, DE; Beck, Christian, Dr., 51399 Burscheid, DE; Frei, Hans, Jona, CH

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Anlage zur Herstellung von Schaumstoff in einem kontinuierlichen Blockschaumprozess**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zur Herstellung von Schaumstoff in einem kontinuierlichen Blockschaumprozess mit folgenden Schritten:

- Erfassung von Ist-Steighöhen des Schaumstoffs entlang einer Förderrichtung,
- Bestimmung einer Stellgröße für den Blockschaumprozess in Abhängigkeit von einer Abweichung der Ist-Steighöhen von Soll-Steighöhen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung von Schaumstoff in einem kontinuierlichen Blockschaumprozess, insbesondere die Herstellung von Polyurethan-Schaumstoff.

Stand der Technik

[0002] Die Produktqualität von Schaumstoffen hängt von einer Vielzahl von Umgebungsparametern und Anlagenparametern ab. Dies gilt insbesondere für die Herstellung von Polyurethan-Schaum. Aus Shell Petrochemicals, No. 5, 1987, Seite 14, "An Expert Touch for PU Foam Production", Philip Connolly, ist ein mathematisches Modell für die Herstellung von Polyurethan-Schaum bekannt, in das einige dieser Parameter eingehen.

[0003] Aus Journal of CELLULAR PLASTICS, Januar/Februar 1983, „Flexible Polyurethane Slabstock Foam: The Influence of Formulation, Climatic Conditions and Storage Conditions on Foam Properties“, Dr. R. Schiffauer und C. den Heijer, sind verschiedene der Parameter bekannt, die für die Herstellung von Polyurethan-Schaum von Bedeutung sind. Insbesondere kann die ausgeprägte Abhängigkeit des Herstellungsprozesses von Umweltbedingungen, wie zum Beispiel vom Luftdruck und der Luftfeuchtigkeit, zu einem Sommer-Winter-Effekt bei der Herstellung führen.

[0004] Zur Qualitätssicherung bei der Herstellung von Polyurethan-Schaum ist es an sich bekannt, die Eigenschaften der Ausgangsstoffe zu analysieren und auch das Endprodukt einer eingehenden Analyse zu unterziehen. Aus „Qualitätssicherung von PUR-Schaumstoffen, Prüfung des Steigverhaltens mit Ultraschall“, B. Hofmann und J. Albertz, Kunststoffe 86 (1996), ist es an sich bekannt, das Steigverhalten der gemischten Ausgangsstoffe mittels Ultraschall-Sensoren zu ermitteln. Ein ähnliches Verfahren für die Qualitätskontrolle ist aus „Ultrasonics for foam measurements: a quality control tool for PU foams“, Dr. Ing. Dirk Wehrhahn, Urethanes Technology, August/September 1991 bekannt. Hierbei wird die Puls-Echo-Methode für die Ultraschallmessung verwendet.

[0005] Ein weiteres Schaumhöhen-Messsystem auf der Basis einer Ultraschall-Abstandsmessung ist bekannt aus „Qualität gibt den Takt an“, Kunststoffberater (1993), 38 (6), Seite 11. Aus „Use of a charged coupled device (CCD) camera for evanescent wave optical fiber cure monitoring of liquid composite molding resins“, Polym. Compos. (1997) 18 (4), Seiten 518–525 ist ein alternatives Sensor-Prinzip basierend auf einer CCD Kamera bekannt. Aus der JP 103 29 160 ist ferner ein Sensor zur Messung der Expansion von Schaumstoff bekannt, der das Gewicht und die Dicke des Schaumstoffs bestimmt.

[0006] Ein Verfahren zur Charakterisierung des hergestellten Schaums ist aus „Nondescriptive charac-

terization of microcellular foam structure. Error analysis of a proposed sensor“, Annu. Tech. Conf. Soc. Plast. Eng. (1992), Seiten 1519–1526 bekannt.

[0007] Des Weiteren sind auch schon verschiedene computergestützte Verfahren für die Qualitätssicherung bei der Herstellung von Polyurethan-Schaum bekannt geworden, wie zum Beispiel aus „Software to Manage a Continuous Production of Flexible Polyurethane Foams by Slabstock Technology“, Salvatore Consoli, Journal of CELLULAR PLASTICS, Volume 33, März 1997, Seite 102, „Foam Roadmap On-Line Answerstics“, James D. Shoup, Polyurethane 1995, September 26–9, 1995, Seiten 489, 490 und „Mathematical Property Prediction Models for Flexible Polyurethane Foams“, Reinhart Schiffauer, Adv. Urethane Sci. Techn. 14 (1998), Seiten 1 bis 44.

[0008] Aus „Experten mit System, Prozesssteuerung des PUR-RRIM-Verfahrens zur Herstellung von Karosserieaußenteilen“, F. Schnabel, Sulzbach, K.-H. Dörner, Kunststoffe, 88. Jahrgang, 10/98 und „PUR-Teile kostengünstig fertigen, Stand der Polyurethan-RRIM-Technologie“, Karl-Heinz Dörner, Hans Joachim Meiners, Hans-Joachim Ludwig, Kunststoffe, 91. Jahrgang, 4/2001 sind ferner Expertensysteme zur Verarbeitung von Prozessparametern bei der RIM-Verarbeitung bekannt. Diese Expertensysteme sollen Aussagen hinsichtlich der Produkteigenschaften, der Prozessüberwachung, der Qualitätssicherung und der vorbeugenden Instandhaltung treffen können.

[0009] Ferner sind aus dem Stand der Technik verschiedene Anlagentypen zur Herstellung von Polyurethan-Blockschaum und anderen Schaumstoffen bekannt. Solche Anlagen sind von der Firma Hennecke GmbH, Birlinghovener Straße 30, 53754 Sankt Augustin, Deutschland, (www.hennecke.com) kommerziell erhältlich, insbesondere Anlagen zur Herstellung von Blockweichschaumstoff in kontinuierlicher Produktion. Solche Anlagen werden auch als Blockschaumanlagen bezeichnet.

[0010] Weitere Prinzipien für Blockschaumanlagen sind die ebenfalls an sich aus dem Stand der Technik bekannten Planiblock, Draka-Petzetakis, Maxfoam, Vertifoam Edge Control (Kunststoffhandbuch; 7. Polyurethane; Hrsg. Oertel, G.; München; Wien; Hanser Verlag, 1993) und VPF-(Variable-Pressure-Foaming) Verfahren Anlagentypen. Auch bei diesen Anlagentypen wird Polyurethan-Weichschaum in einem kontinuierlichen Rechteck-Verfahren hergestellt.

[0011] Verschiedene Typen von Anlagen zur Herstellung von Polyurethan in einem kontinuierlichen Blockschaum-Prozess sind ferner von der Firma Cannon Viking, Manchester, England (www.cannonviking.com) kommerziell erhältlich.

[0012] Verschiedene Vorrichtungen für die kontinuierliche Herstellung von Polyurethan-Schaumstoffblöcken sind ferner aus der DE 691 19 244T2, DE 692 17 671T2 und aus der US 4,492,664 bekannt. Aus der DE 696 10 885 T2 ist ein weiteres Gerät zur Herstellung von Polyurethan-Schaumstoff bekannt.

[0013] Verschiedene Verfahren zur Herstellung von Polyurethan-Schaumstoffen auf solchen Anlagen zeigen beispielsweise die DE 381 99 40 A1, DE 196 49 829 A1, DE 431 5874 A1 und DE 195 06 671 C2.

Aufgabenstellung

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde ein verbessertes Verfahren zur Herstellung von Schaumstoff in einem kontinuierlichen Blockschaum-Prozess und eine verbesserte Anlage zur Herstellung von Schaumstoff in einem solchen Prozess zu schaffen.

[0015] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Patentsprüche jeweils gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentsprüchen angegeben.

[0016] Die Erfindung erlaubt eine verbesserte Regelung der Herstellung von Schaumstoff in einem kontinuierlichem Blockschaumprozess durch Erfassung der Ist-Steighöhen an mehreren Stellen entlang des Expansionsbereiches des Schaumstoffs in der Anlage. Die Ist-Steighöhen werden mit entsprechenden Soll-Steighöhen verglichen. Aus einer eventuellen Abweichung der Ist- von den Soll-Steighöhen wird eine Stellgröße für die Nachregelung des Prozesses ermittelt.

[0017] Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass während der laufenden Produktion des Schaumstoffs Anlagenparameter und/oder die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials für den Schaumstoff nachge-regelt werden können, um so zu einer möglichst gleichbleibenden gewünschten Schaumstoffqualität zu kommen. Dadurch werden Schwankungen in Produkteigenschaften, wie zum Beispiel der Dichte und der Stauchhärte des Schaumstoffs, aufgrund von schwankenden Prozessparametern und Umweltbedingungen, wie zum Beispiel dem Luftdruck, reduziert. Dies hat den weiteren Vorteil, dass die für das Einfahren der Anlage benötigte Zeit und der Ausschuss reduziert werden.

[0018] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Herstellung der Schaumstoffs in einer Anlage vom Typ Hennecke, Planiblock, Draka-Petzetakis, Maxfoam, Vertifoam, Edge Control und VPF. Solche Anlagen haben üblicherweise eine Fördervorrichtung, auf der der expandierende Schaumstoff in eine Förderrichtung bewegt wird. Zum Teil ist in dem Expansionsbereich des Schaumstoffs ein sogenanntes Fallbrett vorhanden.

[0019] Erfindungsgemäß werden in dem Expansionsbereich des Schaumstoffs entlang der Förderrichtung mehrere Höhensensoren angeordnet, um die Ist-Steighöhen an unterschiedlichen Stellen des Expansionsbereichs zu messen. Dabei können unterschiedliche Sensortypen zum Einsatz kommen, wie zum Beispiel Ultraschall-Sensoren, Lichtschranken, CCD-Cameras, kapazitive Sensoren, induktive Sensoren, Laser Messsysteme oder andere Sensoren,

die eine Höhenmessung der Ist-Steighöhen erlauben.

[0020] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird durch die gemessenen Ist-Steighöhen eine Ausgleichskurve gelegt, die mit einer Soll-Kurve verglichen wird. Beispielsweise wird die Differenz der Steigungen der Kurven oder die Differenz der Integrale der Kurven in dem Expansionsbereich als Basis für die Bestimmung einer Stellgröße verwendet.

[0021] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dient die Fördergeschwindigkeit des expandierenden Schaumstoffs als Stellgröße. Liegen beispielsweise die Ist-Steighöhen unter den Soll-Steighöhen, so wird die Fördergeschwindigkeit solange verringert, bis die Ist-Steighöhen hinreichend mit den Soll-Steighöhen übereinstimmen.

[0022] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dient die pro Zeiteinheit dem Blockschaumprozess zugeführte Materialmenge als Stellgröße. Liegen beispielsweise die Ist-Steighöhen unter den Soll-Steighöhen, so wird die pro Zeiteinheit zugeführte Materialmenge solange erhöht, bis die Ist- und die Soll-Steighöhen hinreichend übereinstimmen.

[0023] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dient die chemische Zusammensetzung des dem Blockschaumprozess zugeführten Materials als Stellgröße. Liegen beispielsweise die Ist-Steighöhen unter den Soll-Steighöhen, so wird die chemische Zusammensetzung so verändert, dass es zu einem schnelleren Aufschäumen des Schaumstoffs kommt.

[0024] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden aufgrund einer Abweichung der Ist- von den Soll-Steighöhen verschiedene Stellgrößen bestimmt, wie zum Beispiel eine Änderung der Fördergeschwindigkeit, der pro Zeiteinheit zugeführten Materialmenge und/oder der chemischen Zusammensetzung des zugeführten Materials.

[0025] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird aufgrund der Ist-Steighöhen zumindest eine Produkteigenschaft des resultierenden Schaumstoffs prognostiziert. Für diese Prognose kann ein rigoroses Regressionsmodell verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich kann ein neuronales Netz oder ein hybrides neuronales Netz für die Prognose verwendet werden.

[0026] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Ist-Steighöhen, die chemische Zusammensetzung des zugeführten Materials sowie Anlagen und/oder Umweltparameter dem neuronalen Netz als Eingangsgrößen zugeführt. Basierend hierauf prognostiziert das neuronale Netz zumindest eine Produkteigenschaft, wie zum Beispiel die Dichte oder die Stauchhärte.

[0027] Zum Training eines solchen neuronalen Netzes kann dabei eine Versuchsreihe gefahren werden, um eine zu prognostizierende Produkteigenschaft bei

Variation der Eingangsgrößen zu messen. Aufgrund der so ermittelten Daten wird das neuronale Netz dann trainiert, das heißt es werden die tatsächlichen Parameter, Steighöhen, Zusammensetzung, Anlagen und/oder Umweltparameter in das neuronale Netz eingegeben. Die von dem neuronalen Netz prognostizierte Produkteigenschaft wird mit der tatsächlich gemessenen Produkteigenschaft verglichen. Aufgrund der Differenz zwischen der prognostizierten Produkteigenschaft und der tatsächlichen Produkteigenschaft erfolgt eine Anpassung der Gewichtung der Neuronen, das heißt ein Training des neuronalen Netzes.

[0028] Alternativ oder zusätzlich kann dieses Training des neuronalen Netzes auch während der laufenden Produktion erfolgen, das heißt es wird in diesem Fall keine Versuchsreihe gefahren, sondern es werden die Daten der Produktion über einen gewissen Zeitraum von z.B. einem Jahr gesammelt und für das Training des neuronalen Netzes verwendet.

[0029] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dienen die prognostizierten Produkteigenschaften zur Klassifizierung der Güte des hergestellten Schaumstoffs. Beispielsweise werden die prognostizierten Güten in einer Datenbank abgelegt.

[0030] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden aufgrund der Prognose zumindest einer Produkteigenschaft Bereiche geringer Güte des hergestellten Schaumstoffs identifiziert. Solche Bereiche werden aus dem Schaumstoffblock ausgeschnitten. Im Vergleich zum Stand der Technik hat dies den Vorteil, dass weniger Ausschussmaterial produziert wird.

[0031] Beispielsweise werden in einer kontinuierlichen Blockschaumfertigung üblicherweise Blöcke von 6 m Länge aus dem Schaumstoffstrang geschnitten. Im Stand der Technik werden die einzelnen Blöcke dann im nachhinein einer Qualitätsprüfung unterzogen. Dagegen erlaubt es die Erfindung Bereiche des Schaumstoffstrangs, die als qualitativ minderwertig prognostiziert worden sind, aus dem Schaumstoffstrang auszuschneiden, so dass man Blöcke von zum Beispiel 6 m Länge einer einheitlichen prognostizierten Qualität erhält. Dabei ist auch eine Klassifizierung nach unterschiedlichen Qualitätsstufen möglich.

Ausführungsbeispiel

[0032] Im Weiteren werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0033] **Fig. 1** eine Prinzipdarstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bei einem Blockschaumprozess in einem kontinuierlichem Rechteck-Verfahren nach Hennecke,

[0034] **Fig. 2** eine schematische Darstellung von Ist- und Soll-Steighöhen,

[0035] **Fig. 3** ein Blockdiagramm einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anlage mit einem Regler und einem Computersystem zur Prognose von Produkteigenschaften,

[0036] **Fig. 4** eine Ausführungsform eines neuronalen Netzes für das Computersystem der **Fig. 3**,

[0037] **Fig. 5** ein Flussdiagramm für den Betrieb der Anlage der **Fig. 3** und **4**,

[0038] **Fig. 6** eine weitere Ausführungsform der Erfindung bei einem Blockschaumprozess in einem kontinuierlichem Maxfoam Rechteck-Verfahren.

[0039] Die **Fig. 1** zeigt eine Anlage zur Herstellung von Schaumstoff, insbesondere von Polyurethan-Schaumstoff, in einem kontinuierlichem Blockschaumprozess nach einem Hennecke-Planibloc-Verfahren.

[0040] Die Anlage weist ein Transportband **1** auf, welches in der Förderrichtung **2** bewegt wird. Am Anfang des Transportbands **1** befindet sich oberhalb des Transportbands **1** ein Mischkopf **3**. Der Mischkopf **3** dient zur Aufbringung eines reaktiven chemischen Systems auf die Oberfläche des Transportbands **1**. Bei dem reaktiven chemischen System handelt es sich um ein schäumendes Gemisch, beispielsweise zur Herstellung von Polyurethan-Schaumstoff.

[0041] Das reaktive chemische Gemisch expandiert auf dem Transportband **1**, so dass ein Expansionsbereich mit expandierendem Schaum **4** entsteht. Auf die Schaumoberfläche wird Abdeckpapier **5** aufgebracht, welches über Rollen **6** zugeführt wird.

[0042] Oberhalb des Expansionsbereichs sind Sensoren **7**, **8**, **9**, **10** und **11** angeordnet. Beispielsweise dient der Sensor **7** dazu, die Steighöhe **12** des Schaumstoffs zu messen. Hierzu wird je nach dem verwendeten Sensorprinzip entweder die Steighöhe **12** unmittelbar oder mittelbar über den Abstand **13** zwischen dem Sensor **7** und der Oberfläche des expandierenden Schaums **4** bestimmt. Entsprechend werden mittels der Sensoren **8**, **9**, **10** und **11** die Steighöhen **14**, **15**, **16** bzw. **17** ermittelt.

[0043] Die Sensoren **7**, **8**, **9**, **10** und **11** sind jeweils mit einem Bussystem **18** verbunden. Das Bussystem **18** ist mit einem Regler **19** verbunden. Über das Bussystem **18** erhält also der Regler **19** die Messsignale der Sensoren **7**, **8**, **9**, **10** und **11**. Aufgrund dieser Messsignale ermittelt der Regler **19** eine Stellgröße zur Nachregelung des Blockschaumprozesses. Beispielsweise dient als Stellgröße die Geschwindigkeit des Transportbands **1** und/oder die Pro-Zeiteinheit über den Mischkopf **3** zugeführte Menge des reaktiven chemischen Systems und/oder die chemische Zusammensetzung des Systems.

[0044] Die **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung der ermittelten Ist-Steighöhen im Vergleich zu vorgegebenen Soll-Steighöhen welche z.B. in einer Anlage mit Fallbrett, z.B. MaxFoam, vorkommen können. Die Ist-Steighöhen **12**, **14**, **15**, **16** und **17** sind in einem Koordinatensystem dargestellt. Die X-Achse entspricht dabei der Förderrichtung **2** und die Y-Achse der Steighöhe.

[0045] Ferner sind in dem Koordinatensystem die Soll-Steighöhen **20**, **21**, **22**, **23** und **24** dargestellt. Anstelle diskreter Soll-Steighöhen kann auch eine Steigkontur in Form einer Kurve **25** vorgegeben sein.

[0046] Zur Durchführung der Regelung wird der Unterschied der Ist- und der Soll-Steighöhen ausgewertet. Dies kann beispielsweise so erfolgen, dass eine Ausgleichskurve **26** durch die messtechnisch ermittelten Ist-Steighöhen **12**, **14**, **15**, **16** und **17** gelegt wird. Hierbei kann es sich um eine Ausgleichsgerade oder um ein Polynom, z. B. ein Spline-Polynom oder um Wavelets handeln.

[0047] Zur Bestimmung einer Stellgröße können beispielsweise die unterschiedlichen Steigungen der Kurven **25** und **26** herangezogen werden, das heißt es wird die Differenz zwischen der Steigung der Kurve **25** und der Steigung der Kurve **26** gebildet. Diese Differenz in der Steigung stellt ein Maß für die Abweichung der Ist-Steighöhen von den Soll-Steighöhen dar.

[0048] Alternativ oder zusätzlich kann zum Beispiel das Integral der Kurve **25** und das Integral der Kurve **26** gebildet werden. Die Differenz der beiden Integrale ergibt wiederum ein Maß für die Abweichung der Ist-Steighöhen von den Soll-Steighöhen.

[0049] Alternativ oder zusätzlich können auch charakteristische Punkte oder Wendepunkte der Ist- und Sollkurven für die Ermittlung einer Stellgröße verwendet werden. Typischerweise erhält man bei Anlagentypen ohne Fallbrett eine S-förmige Kurve mit einem weiteren Wendepunkt im Bereich des Ablassens des Schaumstoffs. Diese beiden Wendepunkte können für die Ermittlung der Stellgröße verwendet werden.

[0050] Aufgrund der Abweichung der Ist- von den Soll-Steighöhen wird also eine Stellgröße zur Nachregelung des Blockschaumprozesses ermittelt. In dem gezeigten Beispielsfall der **Fig. 2** kann etwa die Geschwindigkeit des Transportbands **1** (vgl. **Fig. 1**) erhöht werden, um die Ist-Steighöhen an den Messpositionen der Sensoren **7**, **8**, **9**, **10** und **11** entlang der Förderrichtung **2** zu reduzieren. Alternativ oder zusätzliche kann auch die pro Zeiteinheit von dem Mischkopf **3** aufgebrachte Menge des reaktiven chemischen Systems reduziert werden, um die Ist-Steighöhen zu verringern. Alternativ oder zusätzlich kann ferner die Zusammensetzung des reaktiven chemischen Systems so geändert werden, dass es langsamer aufschäumt, um so die Ist-Steighöhen an den Messpositionen zu verringern.

[0051] Ferner kann auch eine Neigung des Fallbretts der Anlage als Stellgröße verwendet werden. Liegt beispielsweise eine Ist-Steighöhe unter der Soll-Steighöhe, so werden ein oder mehrere Segmente des Fallbretts entsprechend nachgestellt, so dass beispielsweise die Neigung des Fallbretts verringert wird.

[0052] Ferner kann die Temperatur des dem Mischkopf zugeführten Materials als Stellgröße verwendet werden. Vorzugsweise sind hierzu in den Zulauflei-

tungen zu dem Mischkopf Durchlauferhitzer vorgesehen, um die Temperatur der dem Mischkopf zugeführten Komponenten zu regeln.

[0053] Ferner eignet sich auf der Abspritzdruck der Komponenten in den Mischkopf als Stellgröße. Bei dem Abspritzdruck handelt es sich um den Druck, mit dem die einzelnen Komponenten in den Mischkopf eingespritzt werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch der in dem Mischkopf herrschende Druck als Stellgröße dienen. Die Regelung erfolgt zum Beispiel über eine an einem Auslass des Mischkopfs befindliche Drossel.

[0054] Als weitere Stellgröße kann die Drehzahl eines Mischers, der zur Vermischung der Komponenten dient, verwendet werden. Ein solcher Mischer oder Rührer ist zum Beispiel in dem Mischkopf angeordnet. Ein typischer Drehzahlbereich des Mischers ist 2000 bis 5000 Umdrehungen pro Minute.

[0055] Als weitere Stellgröße kommt die Menge des gelösten und/oder dispergierten Gases in den Komponenten in Frage.

[0056] Die **Fig. 3** zeigt ein Blockdiagramm einer erfindungsgemäßen Anlage. Elemente der **Fig. 1**, die Elementen der **Fig. 3** entsprechen, sind jeweils mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0057] In der Anlage erfolgt die Schaumstoffherstellung in einem kontinuierlichem Blockschaumprozess **30**, zum Beispiel in einem kontinuierlichem Rechteck-Verfahren nach Hennecke oder nach Maxfoam. In der Anlage sind die Sensoren **7**, **8**, **9**, **10** und **11** angeordnet, wie dies in der **Fig. 1** gezeigt ist.

[0058] Die Regelung des Prozesses **30** erfolgt über den Regler **19**. Der Regler **19** beinhaltet ein Modul **31** zur Bestimmung der Ist-Steigkurve (vgl. Kurve **26** der **Fig. 2**). Ferner beinhaltet der Regler **19** ein Modul **32** für den Vergleich, der in dem Modul **31** ermittelten Ist-Steigkurve mit einer in einem Modul **33** gespeicherten Soll-Steigkurve (vgl. Kurve **25** der **Fig. 2**). In dem Modul **32** wird eine Maßzahl errechnet, die ein Maß für die Abweichung der Ist- von der Soll-Steigkurve angibt. Diese Maßzahl wird in das Modul **34** eingegeben, welches zur Ermittlung einer Stellgröße für die Nachregelung des Prozess **30** dient.

[0059] Die Anlage weist ferner ein Computersystem **35** auf mit einem Modul **36** zur Prognose von zumindest einer Produkteigenschaft des hergestellten Schaumstoffs, einer Tabelle **37** zur Klassifizierung der prognostizierten Güte des hergestellten Schaumstoffs sowie einer Datenbank **38**. In der Datenbank **38** kann die Güte der prognostizierten Produktqualität in Längsrichtung des Blockschaums gespeichert werden, das heißt für eine bestimmte Stelle des Blockschaums in X-Richtung wird die prognostizierte Produktqualität in der Datenbank **38** abgespeichert.

[0060] Das Computersystem **35** erhält als Eingangsgröße die von dem Modul **31** bestimmte Ist-Steigkurve, welche in das Modul **36** eingegeben wird. Alternativ werden nur die gemessenen Ist-Steighöhen eingegeben. Ferner kann auch die in dem Modul **32** ermittelte Maßzahl, welche das Maß

der Abweichung zwischen der Ist- und der Soll-Steigkurve angibt, in das Computersystem **35** eingegeben werden.

[0061] Aufgrund dieser Eingabewerte werden in dem Modul **36** eine oder mehrere Produkteigenschaften des aktuell hergestellten Schaumstoffs prognostiziert. Bei den prognostizierten Produkteigenschaften kann es sich zum Beispiel um die Dichte und um die Stauchhärte handeln.

[0062] Mittels der prognostizierten Produkteigenschaften erfolgt dann eine Klassifizierung der Güte durch einen Zugriff auf die Tabelle 37. In der Tabelle 37 sind zulässige Toleranzwerte für die Produkteigenschaften je nach Produktgüte gespeichert.

[0063] Die prognostizierten Produkteigenschaften und die zugeordneten Güten werden dann in der Datenbank **38** für den aktuell hergestellten Schaumstoff abgelegt.

[0064] Üblicherweise wird der aus dem Prozess **30** resultierende kontinuierliche Blockschaum in Blöcke von zum Beispiel 6 m Länge unterteilt. Hierzu beinhaltet der Prozess **30** eine Schneidvorrichtung. Vorzugsweise wird diese Schneidvorrichtung von dem Computersystem **35** angesteuert. Wenn das Computersystem **35** einen kürzeren Abschnitt des Blockschaums mit einer geringeren Güte prognostiziert, so wird dieser durch Ansteuerung der Schneidvorrichtung in dem Prozess **30** aus dem Blockschaum herausgeschnitten. Auf diese Art und Weise lässt sich der Ausschuss des Prozess **30** reduzieren.

[0065] Die **Fig. 4** zeigt eine Ausführungsform des Prognosemoduls **36** der **Fig. 3**. Bei dieser Ausführungsform handelt es sich um ein neuronales Netz. Die Eingangsgrößen des neuronalen Netzes sind die Ist-Steighöhen (vgl. die Steighöhen **12, 14, 15, 16, 17** der **Fig. 1** und **2**), die Zusammensetzung des reaktiven chemischen Systems, welches durch den Mischkopf **3** auf das Transportband **1** aufgebracht wird (vgl. **Fig. 1**) sowie Anlagenparameter, wie zum Beispiel Drücke und Temperaturen und vorzugsweise auch Umweltparameter, wie zum Beispiel der Atmosphärendruck und die Luftfeuchtigkeit.

[0066] Aus diesen Eingangsgrößen prognostiziert das neuronale Netz eine oder mehrere Produkteigenschaften.

[0067] Die zum Training des neuronalen Netzes erforderlichen Trainingsdaten können durch separate Versuchsreihen oder durch Aufnahme von Daten einer aktuellen Produktion gewonnen werden.

[0068] Die **Fig. 5** veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren mittels eines Flussdiagramms. In dem Schritt 50 erfolgt zunächst die Messung der Ist-Steighöhen in einem Expansionsbereich des Schaumstoffs in dem Blockschaumprozess. In dem Schritt 51 wird eine Stellgröße für die Nachregelung des Blockschaumprozesses aus einer Abweichung der Ist- und der Soll-Steighöhen ermittelt. In dem Schritt 52 wird der Prozess entsprechend nachgeregelt. Danach erfolgt in dem Schritt 50 erneut eine Messung der Ist-Steighöhen für die fortlaufende Re-

gelung des Blockschaumprozesses.

[0069] Aus den Ist-Steighöhen und/oder aus der Stellgröße wird in dem Schritt 53 eine Produkteigenschaft prognostiziert. Aus der oder den prognostizierten Produkteigenschaften wird in dem Schritt 54 eine Qualitätsklasse prognostiziert. Diese wird in dem Schritt 55 in einer Datenbank gespeichert. In dem Schritt 56 wird die Zerteilung des Blockschaums in Abhängigkeit von der prognostizierten Qualität gesteuert, so dass man zum Beispiel Abschnitte des Blockschaums mit geringerer Qualität herauschneidet, um große zusammenhängende Blöcke hoher Qualität zu erreichen.

[0070] Die **Fig. 6** zeigt eine alternative Ausführungsform der Erfindung bei einer Anlage, die nach einem Maxfoam-Verfahren arbeitet. Elemente der **Fig. 6**, die Elementen der **Fig. 1** entsprechen, sind mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0071] Im Unterschied zu der Ausführungsform der **Fig. 1** ist dem Transportband **1** in der Ausführungsform der **Fig. 6** der Expansionsbereich in Form eines Fallbretts **39** vorgelagert. Das Fallbrett ist in Segmente **40** unterteilt, die so eingestellt sind, dass sie näherungsweise die Kontur des expandierenden Schaums **4** nachbilden. Die Oberseite des expandierenden Schaums ist daher näherungsweise eben.

[0072] Die Oberfläche des expandierenden Schaums **4** wird in dem Expansionsbereich von den Sensoren **7, 8, 9, ...** abgetastet, um die jeweiligen Ist-Steighöhen zu ermitteln. Diese sollen möglichst gleich Null sein, da die Expansion ja nach unten hin in die durch das Fallbrett **39** beschriebene Kontur erfolgt. Die Regelung erfolgt also in diesem Ausführungsbeispiel so, dass die von den Sensoren **7, 8, 9, ...** erfasste Oberfläche des expandierenden Schaums möglichst plan ist.

[0073] Ferner ist in der **Fig. 6** ein aus dem Blockschaum geschnittener Schaumstoffblock **41** dargestellt, der durch Zerteilen des Blockschaums **42** gewonnen wird.

Bezugszeichenliste

1	Transportband
2	Förderrichtung
3	Mischkopf
4	Expandierender Schaum
5	Abdeckpapier
6	Rollen
7	Sensor
8	Sensor
9	Sensor
10	Sensor
11	Sensor
12	Steighöhe
13	Abstand
14	Steighöhe
15	Steighöhe
16	Steighöhe
17	Steighöhe
18	Bussystem
19	Regler
20	Soll-Steighöhe
21	Soll-Steighöhe
22	Soll-Steighöhe
23	Soll-Steighöhe
24	Soll-Steighöhe
25	Kurve
26	Kurve
30	Prozess
31	Modul
32	Modul
33	Modul
34	Modul
35	Computersystem
36	Modul
37	Tabelle
38	Datenbank
39	Fallbrett
40	Segment
41	Schaumstoffblock
42	Blockschaum

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Schaumstoff, insbesondere von Polyurethan-Weichschaum, in einem kontinuierlichem Blockschaumprozess mit folgenden Schritten:

- Erfassung von Ist-Steighöhen des Schaumstoffs entlang einer Förderrichtung,
- Bestimmung einer Stellgröße für den Blockschaumprozess in Abhängigkeit von einer Abweichung der Ist-Steighöhen von Soll-Steighöhen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei es sich bei dem Schaumstoff um Polyurethan-Schaumstoff handelt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei es sich bei dem kontinuierlichen Blockschaumprozess

um ein Verfahren vom Typ Hennecke, Planiblock, Draka-Petzetakis, Maxfoam, Vertifoam, VPF oder MegaFoam handelt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei eine Fördervorrichtung mit einem Förderband, welches in die Förderrichtung angetrieben wird, verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Fördervorrichtung ein Fallbrett aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, wobei die Ist-Steighöhen durch entlang der Förderrichtung angeordnete Höhensensoren erfasst werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei die Fördergeschwindigkeit als Stellgröße dient.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei die Einstellung des Fallbretts als Stellgröße dient.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, wobei die pro Zeiteinheit dem Blockschaumprozess zugeführte Materialmenge als Stellgröße dient.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, wobei die chemische Zusammensetzung des dem Blockschaumprozess zugeführten Materials als Stellgröße dient.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, wobei die Temperatur des dem Blockschaumprozess zugeführten Materials als Stellgröße dient und die Temperatur vorzugsweise durch zumindest einen in den Zulaufleitungen zu dem Mischkopf angeordneten Durchlauferhitzer geregelt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11, wobei der Abspritzdruck der Komponenten des Schaumstoffs in den Mischkopf als Stellgröße dient.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, wobei der Druck in dem Mischkopf als Stellgröße dient, wobei der Druck in dem Mischkopf vorzugsweise über eine am Auslass des Mischkopfes befindliche Drossel geregelt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, wobei die Drehzahl eines Mischers für die Komponenten des Schaumstoffs als Stellgröße dient.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche 1 bis 14, wobei die Menge des gelösten und / oder dispergierten Gases in den Komponenten des Schaumstoffs als Stellgröße dient.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 15, wobei zumindest eine Produkteigenschaft in Bezug auf Schaumstoff, der sich in einem bestimmten Bereich entlang der Förderrichtung befindet, in Abhängigkeit von den Ist-Steighöhen prognostiziert wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die Prognose der zumindest einen Produkteigenschaft mittels eines Regressionsmodells erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, wobei die Prognose der zumindest einen Produkteigenschaft mittels eines neuronalen Netzes oder eines hybriden neuronalen Netzes erfolgt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei dem neuronalen Netz zumindest die Ist-Steighöhen als Eingangsparameter eingegeben werden.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 16 bis 19, wobei die zumindest eine Produkteigenschaft zur Klassifizierung der Güte des Schaumstoffs verwendet wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei Bereiche des Schaumstoffblocks, die eine geringe Güte aufweisen, ausgeschnitten werden.

22. Anlage zur Herstellung von Schaumstoff, insbesondere von PolyurethanWeichschaum, in einem kontinuierlichem Blockschaumprozess mit
– Mitteln (**7, 8, 9, 10, 11**) zur Erfassung von Ist-Steighöhen des Schaumstoffs entlang einer Förderrichtung,
– Mitteln (**19**) zur Bestimmung einer Stellgröße für den Blockschaumprozess in Abhängigkeit von einer Abweichung der Ist-Steighöhen von vorgegebenen Soll-Steighöhen.

23. Anlage nach Anspruch 22, wobei es sich bei dem Blockschaumprozess um ein Verfahren vom Typ Hennecke, Planiblock, Draka-Petzetakis, Maxfoam, Vertifoam, VPF oder MegaFoam handelt.

24. Anlage nach Anspruch 22 oder 23 mit einer Fördervorrichtung, die ein in eine Förderrichtung (**2**) antreibbares Förderband (**1**) aufweist.

25. Anlage nach Anspruch 22, 23 oder 24 mit einem Fallbrett (**39**).

26. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 25, wobei die Mittel zur Erfassung von Ist-Steighöhen entlang der Förderrichtung angeordnete Höhen-Sensoren aufweisen.

27. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 26, bei der die Mittel zur Bestimmung einer Stellgröße zur Bestimmung der Fördergeschwindigkeit ausgebildet sind.

28. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 27, bei der die Mittel zur Bestimmung einer Stellgröße zur Bestimmung einer Neigung des Fallbretts ausgebildet sind.

29. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 28, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung der pro Zeiteinheit zu dem Blockschaumprozess zuzuführenden Materialmenge ausgebildet sind.

30. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 29, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung des dem Blockschaumprozess zuzuführenden Materials ausgebildet sind.

31. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 30, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung des Abspritzdrucks der Komponenten des Schaumstoffs in dem Mischkopf ausgebildet sind.

32. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 31, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung des Drucks in dem Mischkopf ausgebildet sind und der Druck in dem Mischkopf vorzugsweise über eine an einem Auslass des Mischkopfes befindliche Drossel regelbar ist.

33. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 32, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung der Drehzahl eines Mischers für die Komponenten des Schaumstoffs ausgebildet sind, wobei der Mischer vorzugsweise in dem Mischkopf angeordnet ist.

34. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 33, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung der Menge des gelösten und/oder dispergierten Gases der Komponenten des Schaumstoffs ausgebildet sind.

35. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22 bis 34, bei der die Mittel zur Bestimmung der Stellgröße zur Bestimmung der Temperatur des dem Blockschaumprozess zugeführten Materials ausgebildet sind, wobei vorzugsweise ein Durchlauferhitzer in den Zulaufleitungen zu dem Mischkopf zur Regelung der Temperatur vorgesehen ist.

36. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche 17 bis 35 mit Mitteln (**36**) zur Prognose von zumindest einer Produkteigenschaft von Schaumstoff, der sich an einer bestimmten Position entlang

der Förderrichtung befindet, in Abhängigkeit von den Ist-Steighöhen.

37. Anlage nach Anspruch 36, wobei die Mittel zur Prognose auf einem Regressionsmodell basieren.

38. Anlage nach Anspruch 36 oder 37, wobei die Mittel zur Prognose auf einem neuronalen Netz oder einem hybriden neuronalen Netz basieren.

39. Anlage nach Anspruch 36, 37 oder 38 mit Mitteln zur Steuerung einer Schneidvorrichtung zur Zerteilung des Schaumstoffs in Blöcke, die eine prognostizierte Produkteigenschaft aufweisen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

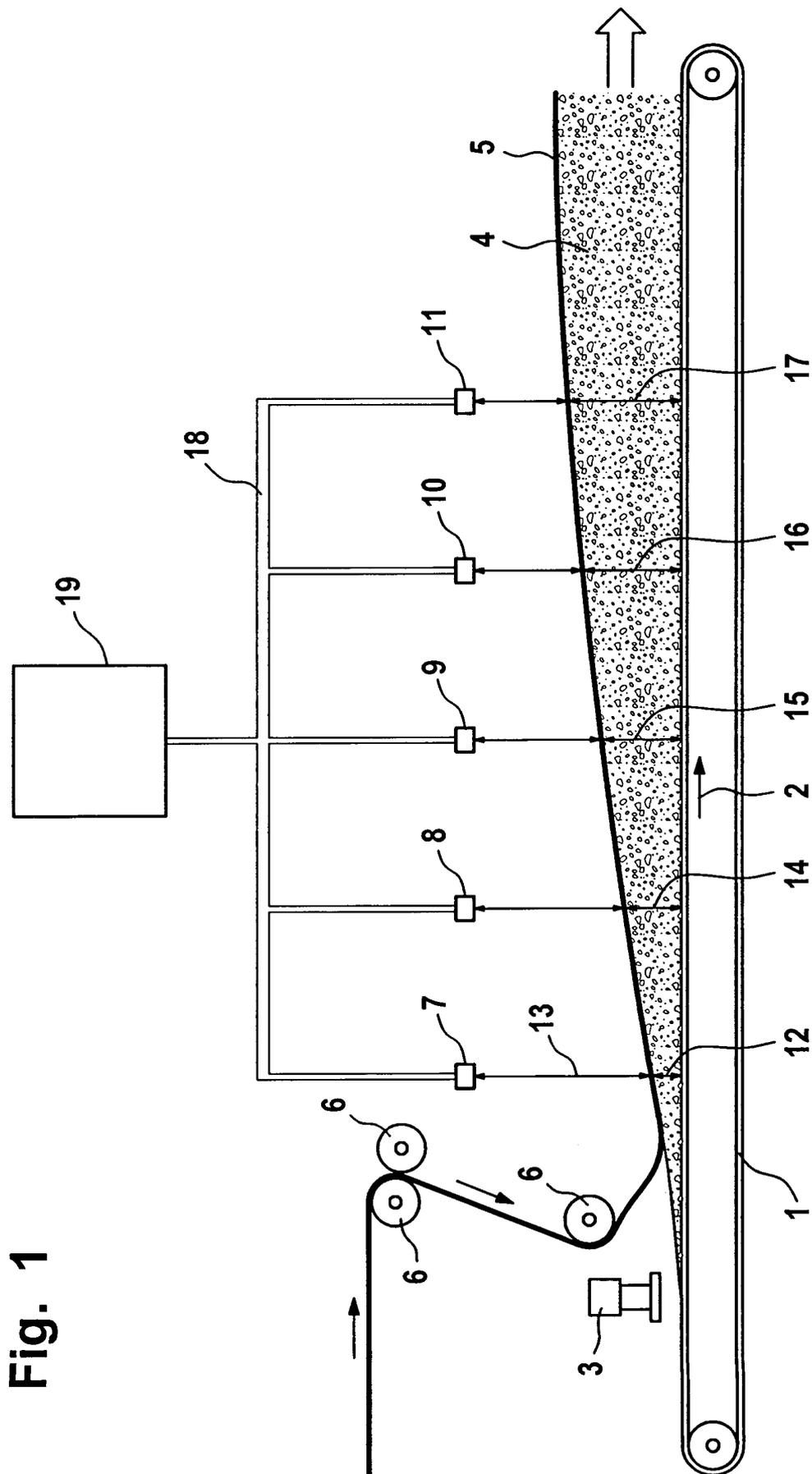
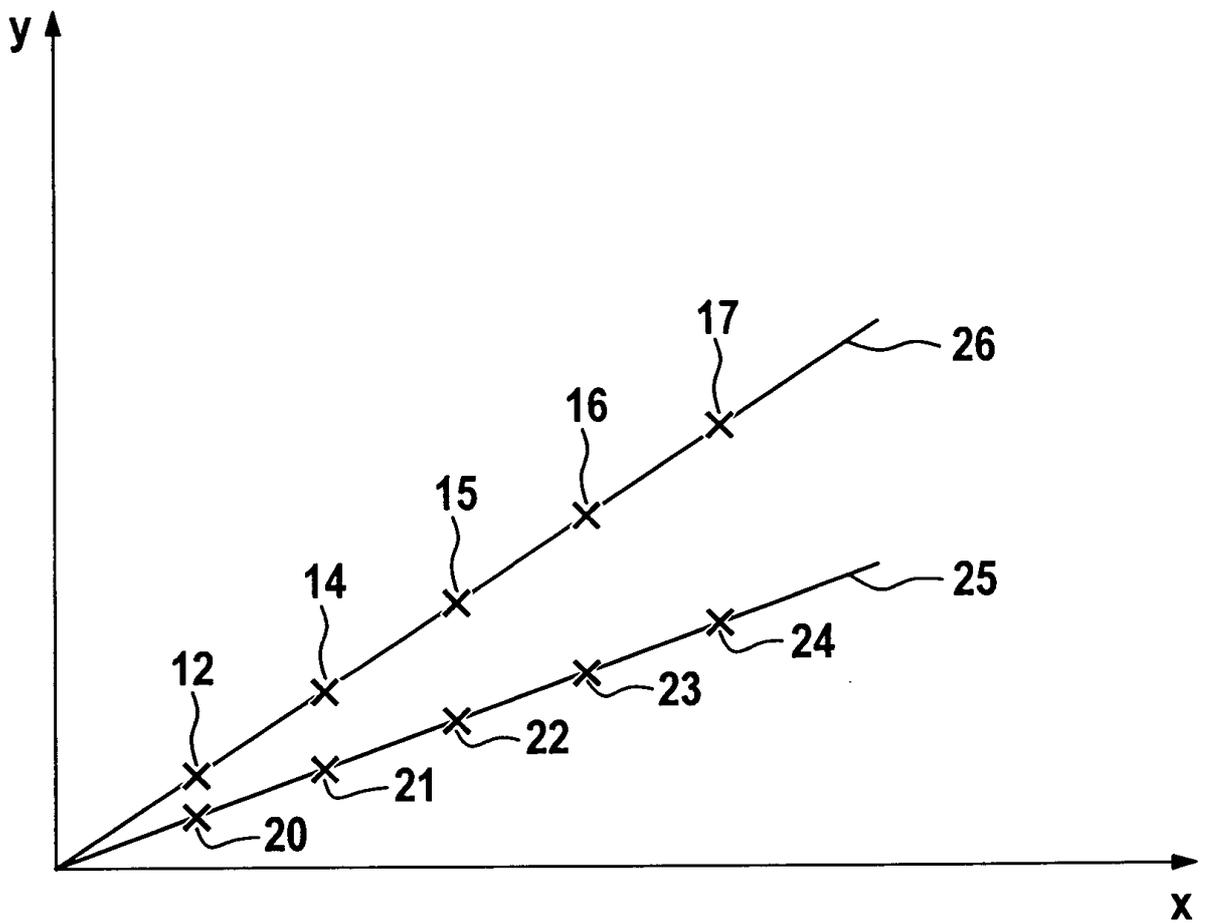


Fig. 1

Fig. 2



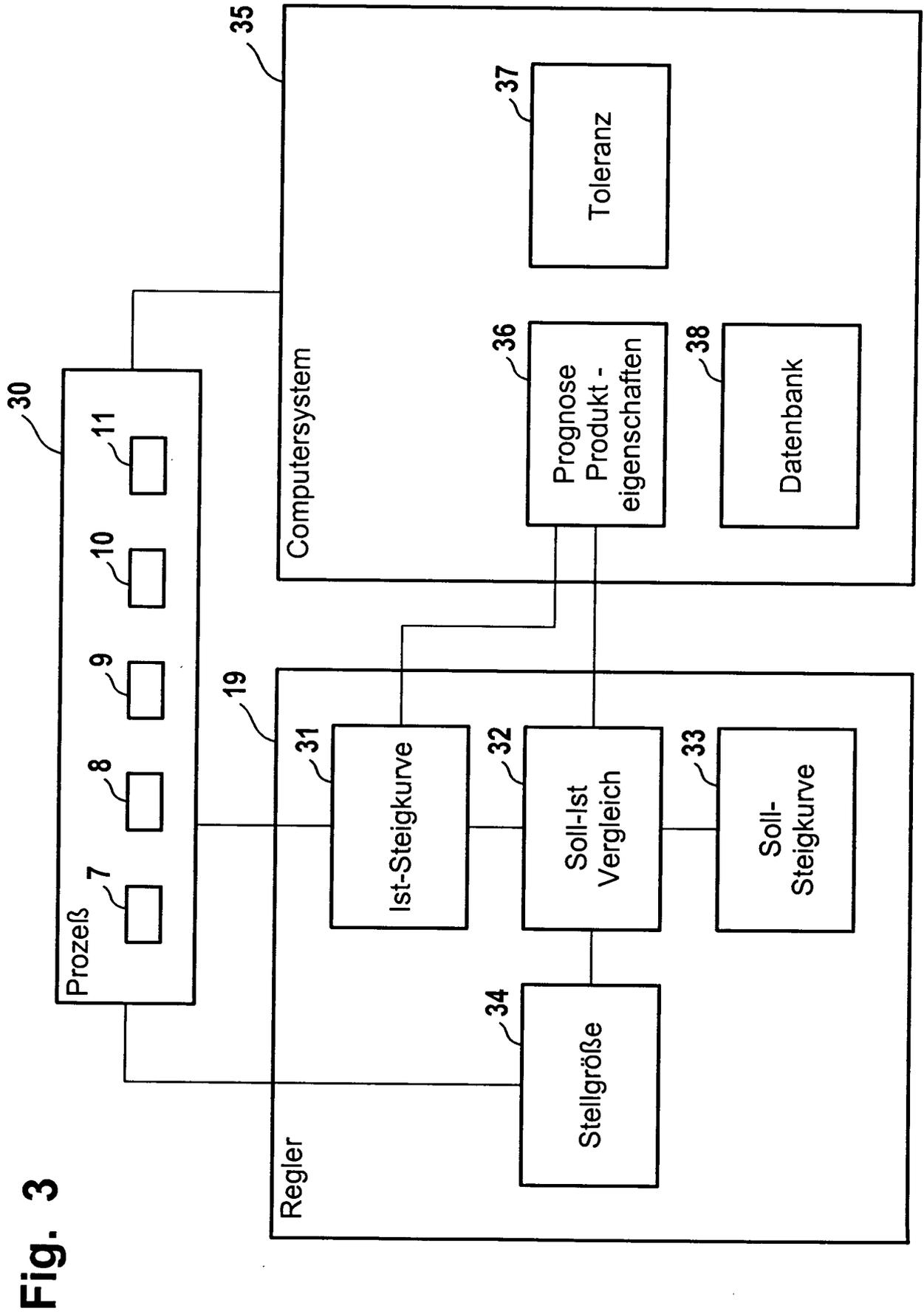


Fig. 3

Fig. 4

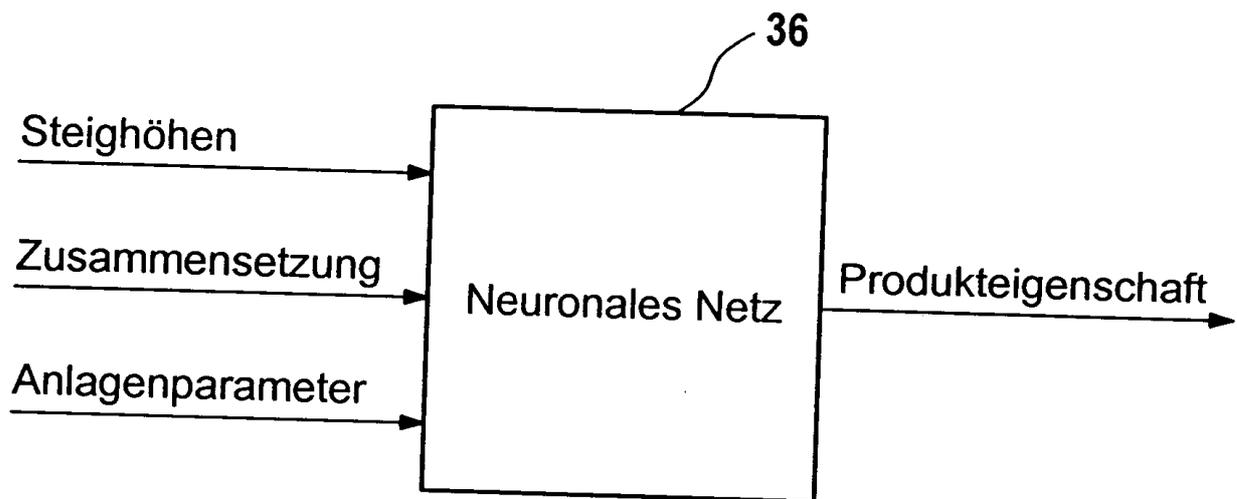


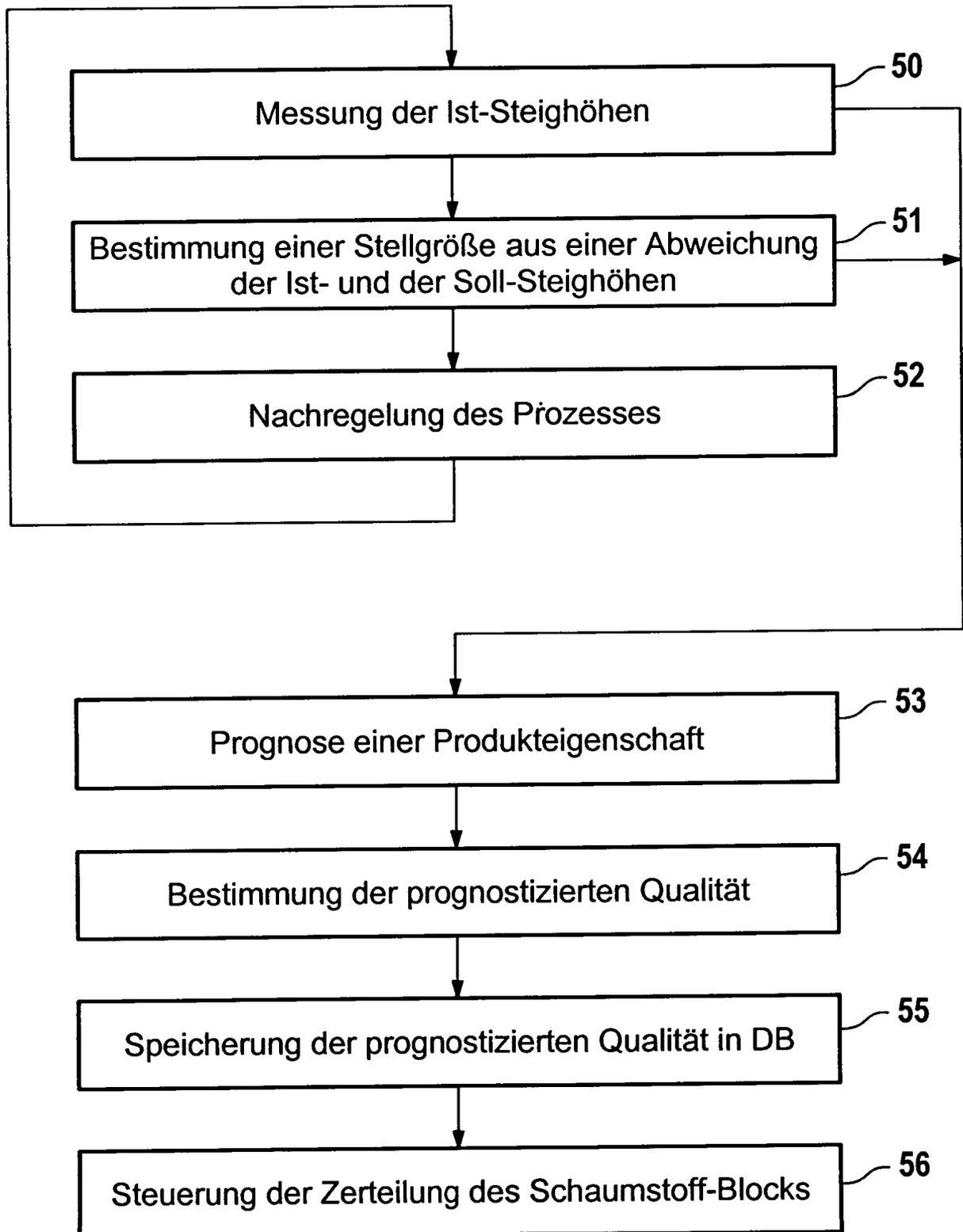
Fig. 5

Fig. 6

