

(19)



(11)

EP 2 762 316 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.08.2014 Patentblatt 2014/32

(51) Int Cl.:
B41F 33/00 (2006.01) B41F 31/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14151603.9**

(22) Anmeldetag: **17.01.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(72) Erfinder:
• **Albrecht, Stefan**
86356 Neusäß (DE)
• **Rothenberger, Norbert**
88154 Augsburg (DE)
• **Schmid, Martin**
86576 Schiltberg (DE)
• **Berger, Simon**
86343 Königsbrunn (DE)

(30) Priorität: **30.01.2013 DE 102013100916**

(71) Anmelder: **manroland web systems GmbH**
86153 Augsburg (DE)

(54) Verfahren zur Regelung eines Parameters eines Farbwerks

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln zumindest eines Regelparameters aus einer Anzahl von Parametern (13) eines Farbwerks (16) einer Druckmaschine. Basierend auf zumindest dem Regelparameter wird mittels eines Farbwerkmodells (18) ein Wert (20) einer Farbdichte auf einem durch die Druckmaschine zu

bedruckenden Substrat (36) errechnet, und der berechnete Wert (20) wird anstelle eines Istwerts (14) als Eingangsgröße zum Regeln verwendet. Dabei wird zumindest zeitweise der berechnete Wert (20) ausschließlich basierend auf einer Anzahl von Parametern (13) des Farbwerks (16) berechnet.

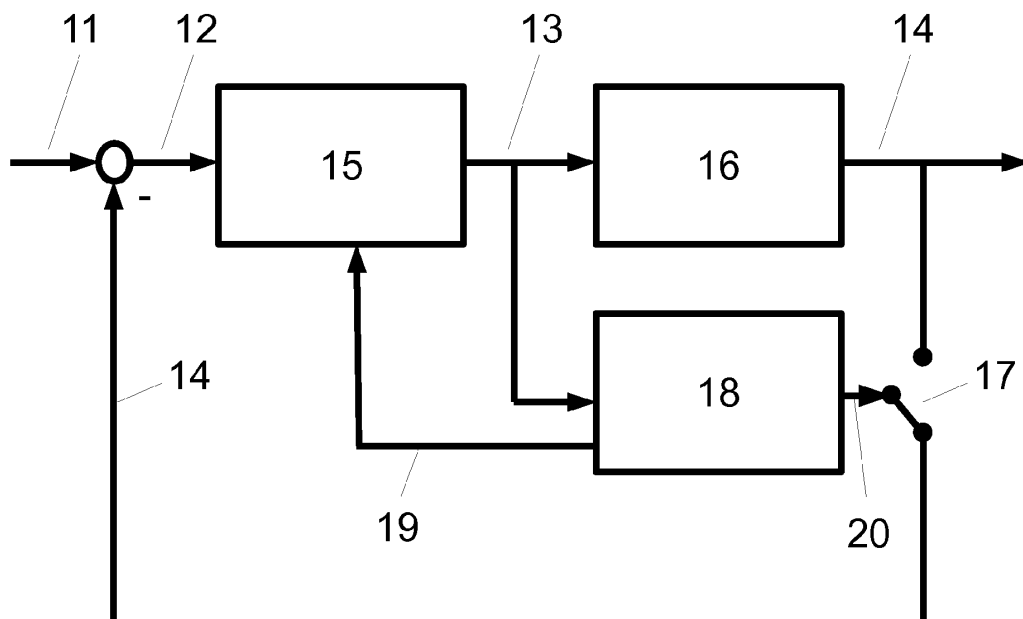


Fig. 6

EP 2 762 316 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln zumindest eines Regelparameters aus einer Anzahl von Parametern eines Farbwerks einer Druckmaschine, bevorzugt einer Offset-Druckmaschine, wobei basierend auf zumindest dem Regelparameter mittels eines Farbwerksmodells ein Wert einer Farbdichte auf einem durch die Druckmaschine zu bedruckenden Substrat berechnet wird, und der berechnete Wert anstatt eines Istwerts als Eingangsgröße zum Regeln verwendet wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Druckmaschine mit mindestens einem Farbwerk, das eine Steuereinheit zum Ausführen des Verfahrens aufweist.

[0002] Bei dem Regelparameter kann es sich beispielsweise um eine Öffnung eines Farbmessers oder um eine Rotationsgeschwindigkeit eines Farbdukts handeln. Damit können Farbmenge und Farbdichte eingestellt werden.

[0003] Derartige Verfahren werden in Druckmaschinen, insbesondere in Offset-Druckmaschinen, beim Anfahren und beim Fortdruck eingesetzt. In solchen Maschinen wird eine oder werden mehrere Farben nacheinander auf das Substrat, typischerweise Papier, Karton oder Folie aufgetragen. Die aufzutragende Farbmenge ist z.B. abhängig vom Sujet, von der Art der Farbe, der Menge der darin enthaltenen Farbpigmente oder dem persönlichen Geschmack des Auftraggebers. Um Makulatur, d.h. nicht verkaufsfähige Exemplare, zu minimieren und die Wirtschaftlichkeit der Druckmaschine zu maximieren, ist es bei jedem Druckauftrag das Ziel, die Sollmenge an Farbe auf dem Druckexemplar schnellstmöglich zu erreichen und während des weiteren Betriebs konstant zu halten. Dazu stehen dem Bediener verschiedene Eingriffsmöglichkeiten im Farbwerk der Maschine zur Verfügung.

[0004] Das Farbwerk einer Druckmaschine basiert auf einem Farbbehälter, in dem die Druckfarbe bevorratet wird. Aus diesem Behälter wird die Farbe typischerweise mit einer langsam rotierenden Walze, dem Farbduktor, entnommen. Die Farbschichtdicke auf dem Duktus wird durch Stillelemente, den Farbmessern, bestimmt. Die Öffnung der Farbmesser kann typischerweise zonal, d.h. über die Bedruckstoffbreite unterschiedlich eingestellt werden. Damit wird dem über die Breite unterschiedlichen Farbbedarf der Sujets Rechnung getragen.

[0005] Je nach Konstruktionsart, man unterscheidet Filmfarbwerke und Heberfarbwerke, wird die Farbe vom Farbduktor mit einer im fest eingestellten Abstand rotierenden Walze, der Filmwalze, oder mit einer pendelnd gelagerten Walze, der Heberwalze, abgenommen. Durch eine Vielzahl an weiteren Walzen wird anschließend der Farbfilm gleichmäßig. Um die Entstehung von Streifen zu verhindern, werden einige Walzen, die Farbreiber, zusätzlich quer zur Rotationsrichtung pendelnd bewegt. Durch die Vielzahl an Walzen wird der Farbfilm in seiner Dicke reduziert, bis er seine endgültige Dicke erreicht. Im Offsetdruck beträgt der Farbauftrag auf das Substrat typischerweise ca. 1 µm. Weiter hat das Farbwerk die Aufgabe, Farbe zu speichern und im Walzenstuhl dort zu ersetzen, wo durch das Sujet Farbe abgenommen wurde.

[0006] Ein möglicher Aufbau eines Farbwerks ist beispielsweise in Wolfgang Walenski: "Der Rollenoffsetdruck", 1. Auflage 1995, Fachschriften-Verlag GmbH & Co. KG, Fellbach, offenbart.

[0007] Zum Einstellen der Farbmenge kann der Bediener typischerweise die Farbmesser in den einzelnen Farbzonen öffnen und schließen oder die Rotationsgeschwindigkeit des Farbdukts variieren. Ferner ist zu beachten, dass durch den Einsatz von Wasser im Nassoffset die Farbdichte ebenfalls leicht verringert wird, da die Farbe mit Feuchtwasser verdünnt wird.

[0008] Da ein manuelles Einstellen der Farbdichte, insbesondere bei sehr ungleichmäßigen Sujets, sehr aufwendig und schwierig ist und weil es dann sehr lange dauert, bis Gut-Exemplare gedruckt werden, sind im Stand der Technik Einrichtungen zum automatischen Regeln der Farbdichte bekannt. Figur 1 zeigt einen solchen Regelkreis. Zum Regeln der Farbdichte wird am Ende eines drucktechnischen Prozesses 16 eine erzielte Ist-dichte 14 mit Sensoren oder hochauflösenden Kameras in Kontrollfeldern oder im Bild gemessen und mit einer Solldichte 11 verglichen. Eine berechnete Dichtedifferenz 12 wird dann als Eingangsgröße für einen Regler 15 verwendet. Der Regler 15 erzeugt Stellsignale 13, typischerweise Werte für die Öffnung der Farbmesser, und greift somit in den Druckprozess 16 ein. Das Dokument DE 698 10 385 offenbart als typische Ausführung für einen solchen Regler einen PID-Regler als Stand der Technik.

[0009] Dieser Regelkreis funktioniert für übliche Flächendeckungen während der laufenden Produktion gut. Figur 2 zeigt qualitativ einen typischen, geregelten Dichteverlauf 21. Nach dem Maschinenanlauf, auch als Anlaufphase bezeichnet, ist nach N₂₁ Exemplaren ein Toleranzband der Farbdichte erreicht und es werden Gut-Exemplare gedruckt. Die Exemplare außerhalb des Toleranzbandes um die Solldichte sind als Makulatur nicht verkaufsfähig.

[0010] Allerdings weisen solche, dem Stand der Technik entsprechende Regelsysteme einige Nachteile auf.

[0011] Während des Einrichtens der Maschine, d.h. während der Ermittlung geeigneter Stellgrößen zum Erreichen der gewollten optischen Dichte, ist eine Messung der optischen Dichte typischerweise nicht bzw. erst sehr spät möglich, da zum Messen eine Mindestdichte auf dem Papier erforderlich ist. Erst nach Erreichen der Mindestdichte kann durch die Sensorik eine Triggermarke oder eine Stelle im Bild zum Auswerten erkannt werden. Solange die Mindestdichte unterschritten wird, ist aufgrund des fehlenden Istwertes keine Regelung möglich. Dies ist in Figur 1 durch den Schalter 17 dargestellt.

[0012] Bei sehr niedrigen Flächendeckungen wird nur sehr wenig Farbe dem Farbwerk entnommen. Abhängig von der Anzahl der Walzen im Farbwerk und der damit gespeicherten Farbmenge reagiert das Farbwerk sehr träge auf

Änderungen der Einstellung der Farbzonen oder der Duktorgeschwindigkeit. Im ungeregelten Betrieb steigt eine Dichtekennlinie 22 dann entsprechend Figur 2 nur sehr langsam an. Es ergibt sich eine sehr hohe Makulaturrate, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Maschine erheblich vermindert wird.

[0013] Des weiteren kann im geregelten Betrieb der einfache PID-Regler zu einem starken Übersteuern der Farbdichte führen, da im Regler sehr große Stellsignale generiert werden, das System aber nur sehr träge antwortet. Wegen der sehr großen Stellsignale resultieren aus dem Reglereingriff nach gewisser Zeit Farbdichten, die weit oberhalb der gewünschten Farbdichten liegen. Der Regler beginnt nun gegenzusteuern und der Prozess setzt sich in umgekehrter Richtung mit einem erneuten Untersteuern fort. Figur 2 zeigt den typischen geregelten Dichteverlauf bei niedriger Flächendeckung mit Kurve 23. Typischerweise entsteht bei sehr niedriger Flächendeckung trotz Eingriffs des Reglers kein stationärer Arbeitspunkt der erzielten Farbdichte. Vielmehr ist nach dem Stand der Technik bei sehr niedrigen Flächen-

deckungen ein manueller Eingriff des Bedienpersonals erforderlich.

[0014] Außerdem ist es bei modernen Druckmaschinen möglich, den Farbfluss über die Walzengruppe an definierten Stellen durch An- und Abschnen zu beeinflussen und somit die Makulatur zu reduzieren. Figur 3 zeigt dies am Beispiel eines Farbwerks einer Rollenoffsetmaschine. Bei der Anstellsequenz wird zwischen dem Anschwenken einer Filmwalze 32 an einen Daktor 31, dem Anschwenken von Auftragwalzen 33 an einen Plattenzylinder 34 und dem Druck-

An-Stellen von Gummizylindern 35 an die Substratbahn 36 unterschieden. Einfache Farbdichteregelssysteme nach Figur 1 nutzen die erweiterte Möglichkeit zum Eingriff in den Farbfluss nicht aus.

[0015] Zur Umgehung der bekannten Probleme sind zusätzlich verschiedene Einrichteprozeduren entwickelt worden, um beim Anfahren der Maschine die Solldichte auch ohne Farbdichteregelung schnellst möglich zu erreichen. In allen Fällen werden die Stellgrößen (Farbzonenöffnung, Farbduktordrehzahl und Anstellsequenz, zum Teil auch die Maschinengeschwindigkeit) statisch oder quasistatisch voreingestellt. Die Festlegung der Startsequenz und der Einstellwerte erfolgt dabei empirisch mit dem Ziel, dass damit die anvisierte Farbdichte im stationären Betrieb erreicht wird, ohne dass weitere Änderungen an den Stellgrößen erforderlich sind. Die Dokumente DE 103 58 172, DE 698 23 631, DE 10 2008 034 943 oder DE 697 16 515 offenbaren entsprechende Vorgehensweisen.

[0016] In Dokument DE 10 2005 013 634 wird zur Verkürzung der Einrichtezeit vorgeschlagen, das komplette Farbwerk unabhängig vom zu druckenden Bild über die Breite mit einer konstanten Farbmenge voreinzufärben. Eine Anpassung an das Druckbild erfolgt erst nach einer empirisch ermittelten Zeit. Zum Voreinfärben wird in Dokument EP 1 232 862 vorgeschlagen, die Zonen indirekt proportional zur Flächendeckung während einer definierten Zeitspanne zu öffnen. Erst anschließend erfolgt die Rückstellung auf die konventionellen Voreinstellwerte. Die Zeitspannen der einzelnen Schritte sind dabei fest vorgegeben. Es hat sich herausgestellt, dass die Dynamik besonders bei hohen Flächendeckungen aber nicht ausreichend ist. Um die Voreinstellparameter möglichst exakt zu bestimmen werden anhand der vergangenen Produktionen die jeweils passenden Einstellungen gespeichert und für den nächsten Einrichtevorgang verwendet. Eine Anpassung der Anfahrsequenz erfolgt dabei nicht.

[0017] Alle diese Lösungen weisen den Nachteil auf, dass der zeitliche Ablauf der Voreinstellung und der Anstellsequenz fest vorgegeben ist. Eine in allen Anwendungsfällen optimal niedrige Makulatur lässt sich mit einer solchen Vorgehensweise nicht erzielen.

[0018] Das Dokument EP 1 671 789 offenbart ein Regelungsverfahren für ein Farbwerk, bei welchem eine in Randbereichen gemessene Farbdichte mit Hilfe eines Modells des jeweiligen Farbwerks oder auf Basis von Daten des Sujets modifiziert wird. Dieses Verfahren funktioniert nur, sofern auch gültige Messwerte vorliegen, und ist somit nicht für die Anstellsequenz beim Inbetriebnehmen eines Farbwerks geeignet.

[0019] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Regelung von zumindest einem Parameter, von dem die Farbdichte in der Druckmaschine abhängt, während des Anfahrens und auch während des Fortdrucks vorzusehen. Des weiteren ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Druckmaschine mit einem Farbwerk vorzusehen, das eine Steuereinheit zur Ausführung eines solchen Verfahrens aufweist.

[0020] Hinsichtlich des Verfahrens wird dies erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Hinsichtlich der Druckmaschine wird dies durch eine Druckmaschine gemäß Anspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen können beispielsweise den jeweiligen Unteransprüchen entnommen werden.

[0021] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln zumindest eines Regelparameters aus einer Anzahl von Parametern eines Farbwerks einer Druckmaschine, bevorzugt einer Offset-Druckmaschine, wobei basierend auf zumindest dem Regelparameter mittels eines Farbwerksmodells ein Wert einer Farbdichte auf einem durch die Druckmaschine zu bedruckenden Substrat berechnet wird, und der berechnete Wert anstatt eines Istwerts als Eingangsgröße zum Regeln verwendet wird. Dabei wird zumindest zeitweise der berechnete Wert ausschließlich basierend auf einer Anzahl von Parametern des Farbwerks berechnet.

[0022] Bei den Parametern des Farbwerks, welche auch Regelparameter sein können, kann es sich beispielsweise um eine Öffnung eines Farbmessers oder um eine Rotationsgeschwindigkeit eines Farbduktors handeln.

[0023] Es sei verstanden, dass unter einer Anzahl im Rahmen dieser Anmeldung ein Wert von einem oder mehreren verstanden wird. Ebenso sei verstanden, dass die Berechnung eines Werts, welcher mit der Farbdichte eng korrespondiert, beispielsweise der Farbdicke, als äquivalent zur Berechnung der Farbdichte angesehen wird. Des weiteren sei

auch verstanden, dass unter einem Regelparameter ein Parameter verstanden wird, welcher durch einen Regler geregelt wird. Außerdem sei verstanden, dass unter dem Begriff des ausschließlichen Basierens auf einer Anzahl von Parametern des Farbwerks insbesondere verstanden wird, dass kein Messwert einer Farbdichte oder einer ähnlichen Größe als Eingangsgröße des Modells verwendet wird. Trotzdem können in dem Modell Konstanten, Formeln, Gleichungen, Re-

chenovorschriften und dergleichen verwendet werden.
[0024] Erfindungsgemäße Verfahren galten vor dem Prioritätstag dieser Anmeldung als nicht ausführbar. Dies liegt daran, dass zur Regelung eines Farbwerks ein berechneter Wert der Farbdichte in Echtzeit vorliegen muss. Alle vor dem Prioritätstag bekannten Modelle basieren jedoch auf systemtheoretischen Modellen, die auf den bekannten Gesetzen der Kontinuumsmechanik basieren und z.B. auf dem Erhalt von Masse beruhen. Zum Erstellen eines solchen Modells müssen geeignete Systemzustände für die Farbschichtdicken eingeführt werden.

[0025] Die einfachsten Modelle ergeben sich, wenn sich die Untersuchung auf einen stationären Betriebszustand beschränkt. Entlang der Oberfläche einer Walze wird dann die Farbschichtdicke zwischen den Kontaktstellen zu benachbarten Walzen als konstant angenommen. An den Kontaktstellen selbst wird Farbe entweder zu- oder abgeführt. Daher muss zum Erstellen eines solchen Modells für jede Kontaktstelle zwischen zwei benachbarten Walzen die Massenbilanz der einlaufenden und auslaufenden Farbströme aufgestellt werden.

[0026] Figur 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Farbwerk einer Rollendruckmaschine mit eingetragenen Zuständen der Farbschichtdicke. Beispielsweise hat die Farbschicht auf einer Filmwalze 41 vor dem Kontakt mit einem Dukt 40 die Dicke t_1 (1), nach dem Kontakt mit dem Dukt 40 die Dicke t_2 (2). Einen Teil dieser Farbschicht gibt sie durch Spaltung an eine Übertragwalze 42 ab. Die Übertragwalze 42 weist vor dem Kontakt mit einer Filmwalze eine Farbschicht der Dicke t_4 (4) auf, nach dem Kontakt eine Farbschicht der Dicke t_3 (3). Die Übertragwalze 42 gibt ihrerseits einen Teil ihrer Farbe an eine Walze 43 ab.

[0027] Stellt man z.B. entsprechend Figur 4 die Massenbilanz der an der Kontaktstelle zwischen Walze 41 und Walze 42 ein- und auslaufenden Farbe auf, so beträgt die in den Spalt einlaufende Farbschichtdicke t_{zu} (51):

$$t_{zu} = t_2 + t_4 \quad \text{Gleichung 1}$$

[0028] Ebenso berechnet sich die aus dem Walzenspalt austretende Farbschichtdicke t_{ab} (52) zu:

$$t_{ab} = t_3 + t_1 \quad \text{Gleichung 2}$$

[0029] Da im Walzenspalt keine Farbe gespeichert werden kann, muss die zugeführte Farbschichtdicke t_{zu} (51) der abgeführten Farbschichtdicke t_{ab} (52) entsprechen:

$$t_{zu} = t_{ab} \quad \text{Gleichung 3}$$

[0030] Das Verhältnis der beiden auslaufenden Farbschichtdicken t_3 (3) und t_1 (1) wird üblicherweise durch einen Spaltungsfaktor k beschrieben. In Richtung des einzufärbenden Formzylinders, d.h. im in Figur 4 dargestellten Beispiel von Walze 41 auf Walze 42, wird der k -te Anteil der in den Walzenspalt einlaufenden Farbschichtdicke übertragen:

$$t_3 = k \cdot (t_2 + t_4) \quad \text{Gleichung 4}$$

[0031] Damit verbleibt auf der Walze 41 die Farbschichtdicke:

$$t_1 = (1 - k) \cdot (t_2 + t_4) \quad \text{Gleichung 5}$$

[0032] Üblicherweise werden die Spaltungsziffern k mit einem Wert nahe 0,5 angenommen. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Spaltungsziffer k durch Parameteridentifikationsverfahren aus bekannten Messergebnissen zu ermitteln.

[0033] Für den Übertrag der Farbe vom Formzylinder auf den Druckzylinder und insbesondere vom Druckzylinder auf das Substrat sind im Stand der Technik verschiedene Ansätze bekannt, die von Gleichung 4 abweichen, z.B. das Spaltungsgesetz von Walker-Fetsko.

[0034] Die weitere Vorgehensweise bei der aus dem Stand der Technik bekannten Modellerstellung wird im Folgenden nur kurz skizziert:

Werden die Bilanzen der Farbschichtdicken nach Gleichung 4 und Gleichung 5 für alle Kontaktstellen zwischen benachbarten Walzen aufgestellt, gelingt es, ein Gleichungssystem zu ermitteln, das nach den gesuchten Farbschichtdicken aufgelöst werden kann. Damit können die im stationären Betrieb erzielten Schichtdicken berechnet werden. Das Dokument EP 0 881 076 offenbart eine solche Vorgehensweise zur Ermittlung geeigneter Voreinstell-
daten. In diesem Dokument wird darüber hinaus noch eine Beziehung zwischen der Farbdichte D und der Farbschichtdicke t auf dem Substrat angenommen.

[0035] Für eine zeitabhängige, dynamische Simulation, die für ein modellbasiertes Regelungsmodell praktisch unerlässlich ist, ist die skizzierte und in EP 0 881 076 aufgezeigte Vorgehensweise aber nicht ausreichend. Da sich im transienten Fall die Schichtdicken auf der Oberfläche einer Walze auch zwischen zwei Kontaktstellen zeitlich ändern, müssen hier zusätzliche Zustände berücksichtigt werden.

[0036] Figur 5 zeigt beispielsweise das für eine zeitabhängige Simulation erweiterte, aus Figur 4 bereits bekannte Systemmodell. In diesem Beispiel muss die Farbschichtdicke t_3 (3) in eine Farbschichtdicke (3.1) unmittelbar nach dem Kontakt zwischen Walze 41 und Walze 42 und in eine Farbschichtdicke (3.2) unmittelbar vor dem Kontakt zwischen Walze 42 und Walze 43 aufgespalten werden. Analog werden die übrigen Farbschichtdicken in einen Anteil nach dem letzten Kontakt zu einer benachbarten Walze und in einen Anteil vor dem Kontakt zur nächsten benachbarten Walze aufgespalten. Entlang einer Walzenoberfläche nimmt ein in Drehrichtung gesehen späterer Punkt die Farbschichtdicke eines davor liegenden Punktes um eine Totzeit T versetzt an.

[0037] Beispielsweise gilt für die Walzenanordnung in Figur 5:

$$t_{3.2}(t) = t_{3.1}(t - T)$$

Gleichung 6

[0038] Die Totzeit T ist dabei abhängig von der Drehgeschwindigkeit der Walze 42 sowie vom Winkel zwischen den Kontaktstellen zur Walze 41 und zur Walze 43.

[0039] Setzt man auch die übrigen Systemzustände entsprechend zueinander in Relation, stehen auch für die dynamische Simulation genügend Gleichungen zur Verfügung, um transient die Farbschichtdicken über der Zeit zu bestimmen. Hierzu ist ein geeignetes Zeitintegrationsverfahren zu verwenden.

[0040] Versuche mit solchen systemtheoretischen Modellen haben jedoch gezeigt, dass deren Berechnung sehr zeitaufwändig und auch auf schnellsten Prozessrechnern nicht in Echtzeit möglich ist. Eine modellbasierte Farbdichteregulierung auf Basis solcher systemtheoretischer Ansätze ist daher nicht umsetzbar.

[0041] Im Rahmen der Erfindung wurde nun erkannt, dass es Modelle gibt, bei welchen eine Simulation des Farbwerks in Echtzeit möglich ist und die trotzdem noch eine ausreichende Genauigkeit bieten, so dass eine Regelung basierend auf einem von einem solchen Modell gelieferten berechneten Wert möglich ist. Dementsprechend basiert die Regelung erfindungsgemäß auf einem solchen berechneten Wert.

[0042] Dadurch ergeben sich eine Reihe von Vorteilen. Für jeden Anwendungsfall kann die optimale Einfärbestrategie ermittelt und durchgeführt werden. Dadurch kann die Makulatur minimiert werden und es ergeben sich für den Kunden und Anwender erhebliche Kostenvorteile. Ferner kann der Regleraufbau wesentlich vereinfacht werden. Da nicht mehr so viele Messpunkte pro Zeiteinheit erforderlich sind, kann auf einfachere und kostengünstigere Messköpfe mit geringerer Messfrequenz zurückgegriffen werden. Weiter können die Systeme trotz schnellerem Erreichen der Solldicke traversierend ausgeführt und die Anzahl der Messköpfe erheblich reduziert werden. Dadurch ergeben sich für den Maschinenhersteller und vor allem für den Kunden erhebliche Kostenvorteile. Vorteil dieser Vorgehensweise ist außerdem, dass die Farbdichte zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden kann, auch wenn z.B. der Ausdruck zum Erfassen der Istdicke noch nicht ausreichend ist. Daher kann das vorgeschlagene Verfahren sowohl zum Anfahren der Maschine als auch für den Fortdruck verwendet werden.

[0043] Grundlage der Regelung ist ein Simulationsmodell, welches die Farbdichte prozessparallel in Echtzeit berechnet. Auf den simulierten Werten kann anschließend eine Regelstrategie begründet werden, mit der beispielsweise in die Parameter Farbzonenöffnung, Farbduktorgeschwindigkeit, Feuchtduktorgeschwindigkeit oder in die Anstellsequenz

eingegriffen werden kann. Das Rechenmodell kann beliebig komplex gestaltet werden. Eine Beschränkung ergibt sich allein aus der Echtzeitforderung, d.h. die Simulation eines Zeitschritts im Modell darf nicht länger dauern als der reale Zeitschritt.

[0044] Bevorzugt wird als Farbwerksmodell ein empirisches Farbwerksmodell auf Basis eines regelungstechnischen Übertragungsglieds verwendet. Wie durch die vorliegenden Erfinder erkannt wurde, erfüllt dieses die Anforderungen, dass es ausreichend genau und trotzdem rechentechnisch handhabbar ist.

[0045] Bevorzugt weist das Farbwerksmodell ferner ein die Laufzeit der Farbe aus einem Farbbehälter vom Verändern des Regelparameters bis zum Erreichen der ersten Kontaktstelle zur Filmwalze (32) oder zur Heberwalze widerspiegelndes Totzeitglied auf. Damit kann der Verzögerung aufgrund der Ausbreitung der Farbe im Farbwerk mit endlicher Geschwindigkeit Rechnung getragen werden.

[0046] Weiter bevorzugt weist das Farbwerksmodell ferner ein die Laufzeit eines Druck-exemplars zwischen Druck und Messung widerspiegelndes Totzeitglied auf. Damit kann der Laufzeit des Substrats von der Stelle, an welcher es bedruckt wird, bis zu einem etwaigen Sensor oder einer Kamera Rechnung getragen werden.

[0047] Gemäß einer Ausführung ist das regelungstechnische Übertragungsglied ein PT_1 -Glied. Es hat sich gezeigt, dass dieses für eine Regelung bereits gute Ergebnisse liefert. Gemäß einer hierzu alternativen Ausführung ist das regelungstechnische Übertragungsglied ein PT_2 -Glied. Dieses liefert in der Anwendung sogar noch bessere Ergebnisse, weil zusätzliche Systemträgheiten berücksichtigt werden. Derartige Glieder tragen der endlichen Ansprechzeit der Farbdichte auf dem Substrat auf eine Änderung des Regelparameters, soweit sie auch im theoretischen Fall der Vernachlässigbarkeit der bereits erwähnten Totzeiten auftritt, Rechnung.

[0048] Besonders bevorzugt wird während einer Anlaufphase des Farbwerks der berechnete Wert ausschließlich basierend auf einer Anzahl von Parametern des Farbwerks berechnet, und zwar zumindest so lange, bis ein Messwert der Farbdichte auf dem Substrat gemessen werden kann. Dies ist typischerweise dann der Fall, wenn die Farbdichte groß genug ist, um einer Messung durch einen verwendeten Sensor oder eine Kamera zugänglich zu sein. Als Anlaufphase kann die Zeit angenommen werden, die benötigt wird, um eine innerhalb eines Toleranzbands liegende Farbdichte zu erhalten, wie bereits mit Bezug auf Figur 2 beschrieben wurde. Damit kann die erfindungsgemäße Regelung gerade in demjenigen zeitlichen Bereich verwendet werden, in welchem mangels Vorliegens brauchbarer Messwerte bislang eine Regelung nicht möglich war, was wiederum die Makulaturrate deutlich verringern kann.

[0049] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird nach einer Anlaufphase periodisch, bevorzugt nach jeweiliger Berechnung einer Vielzahl von berechneten Werten, beispielsweise etwa alle 30 Sekunden, ein Messwert der Farbdichte auf dem Substrat gemessen und das Farbwerksmodell basierend auf dem Messwert abgeglichen. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass der berechnete Wert um einen additiven Wert korrigiert wird, um den berechneten Wert zum Zeitpunkt der Messung an den Messwert anzupassen. Alternativ kann auch komplexer in das Farbwerksmodell eingegriffen werden. Die Messung erfolgt bevorzugt in einem dem Farbwerk nachgeordneten Bereich. Durch den Abgleich mit einem Messwert kann die Genauigkeit der Regelung verbessert werden. Im Vergleich zu einer auf Messwerten basierenden Regelung genügen jedoch vorliegend erheblich weniger Messpunkte, so dass eine wesentlich weniger aufwendige Messtechnik ausreicht. Beispielsweise kann ein Sensor in dem dem Farbwerk nachgeordneten Bereich die Druckbahn in Querrichtung traversierend sein und somit zur Messung an mehreren Stellen verwendet werden. Auch genügt die Verwendung eines weniger schnellen und damit preiswerteren Sensors. Ein solcher Sensor ist beispielsweise in Figur 3 mit Bezugszeichen 37 gezeigt.

[0050] Gemäß einer Weiterbildung wird eine Film- oder Heberwalze des Farbwerks an den Farbduktor angeschwenkt, wenn der berechnete Wert einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt. Ebenso kann eine Auftragswalze an einen Plattenzylinder angeschwenkt werden, wenn der berechnete Wert einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt. Außerdem kann ein Gummizylinder an das Substrat angeschwenkt werden, wenn der berechnete Wert einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt. Damit kann die Anstellsequenz basierend auf dem berechneten Wert gesteuert werden, was ein schnelleres und mit weniger Makulatur behaftetes Anfahren ermöglicht.

[0051] Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Druckmaschine, insbesondere eine Offset-Druckmaschine, mit einem Farbwerk, welches zumindest einen Farbduktor und ein zugeordnetes Farbmesser aufweist. Zumindest eine Rotationsgeschwindigkeit des Farbdukts und/oder eine Öffnung des Farbmessers ist als Regelparameter einstellbar. Für das Farbwerk sind ferner eine Steuereinheit mit einem Regler und einem Farbwerksmodell, sowie bevorzugt ein die Druckbahn in einem dem Farbwerk nachgeordneten Bereich in Querrichtung traversierender oder nicht traversierender Sensor vorgesehen. Diese sind ausgebildet, um ein Regelverfahren gemäß der Erfindung auszuführen, um zumindest eine Rotationsgeschwindigkeit des Farbdukts und/oder eine Öffnung des Farbmessers als Regelparameter einzustellen.

[0052] Die erfindungsgemäße Druckmaschine macht sich die bereits erwähnten Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens zu nutze.

[0053] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel einer Reglerstruktur mit verschiedenen Abwandlungen beschrieben. Dabei wird auf die beigefügten Figuren Bezug genommen, wobei erwähnt sei, dass auf die Figuren 1 bis 5 bereits bisher Bezug genommen wurde:

- Figur 1 zeigt eine Reglerstruktur gemäß dem Stand der Technik.
- Figur 2 zeigt verschiedene Verläufe der Farbdichte mit zunehmender Anzahl an Exemplaren.
- Figur 3 zeigt ein Modell eines Farbwerks.
- Figur 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Modell eines Farbwerks.
- Figur 5 zeigt einen abgewandelten Ausschnitt aus einem Modell eines Farbwerks.
- Figur 6 zeigt eine erfindungsgemäße Reglerstruktur.
- Figuren 7 bis 10 zeigen Ausführungen von Simulationsmodellen.
- Figur 11 zeigt eine Anstellsequenz.

[0054] Figur 6 zeigt den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Reglerstruktur. Gegenüber einer Reglerstruktur nach dem Stand der Technik, wie in Figur 1 dargestellt, ist diese ergänzt um ein Simulationsmodell 18. Das Simulationsmodell 18 bedient sich der zur Verfügung stehenden Prozessdaten 13, d.h. der Parameter des Farbwerks. Dies sind z.B. die bereits erwähnten, typischen Parameter Öffnung eines oder mehrerer Farbmesser, Rotationsgeschwindigkeit eines Farbduktors, Rotationsgeschwindigkeit eines Feuchtduktors oder der Anstellzustand von Filmwalze oder Heberwalze, Auftragwalze oder Gummizylinder. Darüber hinaus können bei Bedarf beliebige weitere Prozessgrößen, z.B. Temperaturen, Eigenschaften von Papier oder Farbe, Feuchtwerkparameter, Eigenschaften von Drucktüchern oder sonstigen Druckmaterialien usw. dem Simulationsmodell zusätzlich zur Verfügung gestellt werden. Aus diesen Daten berechnet das Simulationsmodell eine berechnete Farbdichte 20 als Abschätzung der tatsächlichen Farbdichte. Bei einer hohen Modellgüte verlaufen die simulierten und die realen Werte annähernd gleich. Daher kann ein konventioneller Regelkreis aufgebaut werden, dem aber die berechneten Werte zum Vergleich mit dem Sollwert 11 zur Verfügung gestellt werden.

[0055] Für den Anfahrvorgang kann neben der berechneten Farbdichte 20 im Simulationsmodell 18 zusätzlich berechnet werden, wann die optimalen Zeitpunkte für das Weiterschalten der Anstellsequenz sind. Diese Informationen 19 werden dem Regler 15 bevorzugt direkt übergeben.

[0056] Beim Fortdruck kann sich über einen längeren Zeitraum eine Diskrepanz zwischen tatsächlicher und berechneter Farbdichte ergeben. Es kann daher von Zeit zu Zeit mit einer einfachen Messeinrichtung die tatsächliche Farbdichte gemessen und das Modell entsprechend dem Messwert korrigiert werden. Da die Messdaten nur noch in größeren zeitlichen Abständen erforderlich sind, während welchen typischerweise ein Vielzahl von berechneten Werten berechnet wird, kann auf einfachere Sensoriken oder Kamerasysteme mit niedrigerer zeitlicher Auflösung zurückgegriffen werden. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung des Simulationsmodells jedoch insbesondere beim Anfahren des Farbwerks, weil dabei noch keine gültigen Messwerte zur Verfügung stehen.

[0057] Als Simulationsmodell 18 wird vorliegend ein empirisches Farbwerksmodell auf Basis eines einzelnen regelungstechnischen Übertragungsgliedes und zusätzlicher Totzeitglieder verwendet.

[0058] Das regelungstechnische Übertragungsglied ist vorliegend ein PT_1 -Glied. Dieses beschreibt den folgenden Zusammenhang zwischen dem Volumenstrom v' der ins Farbwerk fließenden Farbe und der Farbdichte D , die auf dem Substrat erreicht wird:

$$T D'(t) + D(t) = K v'(t)$$

Gleichung 7

[0059] T ist darin die Zeitkonstante des PT_1 -Gliedes, K ist der Verstärkungsfaktor. Beide Größen können aus Messdaten einfach identifiziert werden. Alternativ könnten durch das PT_1 -Glied auch andere Größen, z.B. die Farbschichtdicke auf dem Substrat anstelle der Dichte oder die Farbschichtdicke auf dem Duktors anstelle des Volumenstroms, ins Verhältnis gesetzt werden und diese Größen durch einen zusätzlichen Block entsprechend umgerechnet werden.

[0060] Vorliegend ist entsprechend Figur 7 für das empirische Farbwerksmodell in einer ersten Ausführung vor dem PT_1 -Glied 18.2 zusätzlich ein Totzeitglied 18.1 vorgesehen. Dieses erfasst die Zeit vom Stellen des Farbmessers oder vom Verändern der Drehzahl des Farbduktors bis zum Erreichen der ersten Kontaktstelle entweder zur Filmwalze oder zur Heberwalze. Wegen des langsam drehenden Duktors ist es vorteilhaft, wenn diese Totzeit im Rechenmodell nicht vernachlässigt wird.

[0061] Für Maschinen mit einer längeren Transportstrecke zwischen Druckwerk und dem Messort der Farbdichte ist

entsprechend Figur 8 zur Berücksichtigung der Zeitverschiebung zwischen Druck und Messung in einer alternativen Ausführung nach dem PT₁-Glieder 18.2 ein zusätzliches Totzeitglied 18.3 erforderlich.

[0062] Beide Ausführungen können auch zu einer dritten Ausführung entsprechend Figur 9 mit einem PT₁-Glieder 18.2 und mit zwei Totzeitgliedern 18.1, 18.3 kombiniert werden.

[0063] Zur exakten Beschreibung des dynamischen Verhaltens eines Farbwerks sind typischerweise etwa 10 bis 40 Parameter erforderlich, für große Farbwerke sogar noch mehr. Versuche der Erfinder haben gezeigt, dass trotzdem das Verhalten des Farbwerks bereits mit einem PT₁-Glieder sehr gut angenähert werden kann.

[0064] Um das reale Verhalten noch besser anzunähern, kann anstelle des PT₁-Gliers alternativ aber auch ein PT₂-Glieder zur Anwendung kommen. Dieses beschreibt den folgenden Zusammenhang zwischen dem Volumenstrom der ins Farbwerk fließenden Farbe v' und der Farbdichte D , die auf dem Substrat erreicht wird:

$$T^2 D''(t) + 2 d T D'(t) + D(t) = K v'(t)$$

Gleichung 8

[0065] Als zusätzlicher Modellparameter enthält dieses die Dämpfung d . Auch hier können die Zustandsgrößen $D(t)$ und $v'(t)$ durch äquivalente Größen, z.B. Farbschichtdicken, ersetzt werden.

[0066] Figur 10 zeigt das Simulationsmodell 18 mit einem PT₂-Glieder 18.2 und mit 2 Totzeitgliedern 18.1, 18.3 analog zu Figur 9. Es sei erwähnt, dass auch die beiden Ausführungen nach Figur 7 und Figur 8 mit einem PT₂-Glieder anstelle eines PT₁-Gliers kombiniert werden.

[0067] Im Gegensatz zum klassischen Regler können mit dem modellbasierten Ansatz nicht nur die klassischen Parameter wie beispielsweise Öffnung der Farbmesser oder Rotationsgeschwindigkeit eines Farbduktors beeinflusst werden. Vielmehr ist es auch möglich, auf der Basis bekannter Zustände direkt in die Anstellsequenz der Maschine einzugreifen.

[0068] Es können daher in Abhängigkeit von der Solldichte Grenzwerte definiert werden, bei denen die Farbschichtdicke im passenden Verhältnis zur Solldicke bzw. die Farbdichte im passenden Verhältnis zur Solldichte auf den jeweiligen Walzen liegt und bei denen dann ein Anstellvorgang ausgelöst wird. Idealerweise liegen die Grenzwerte in einem Bereich zwischen 50 % und 95 % der berechneten und zu erreichenden Solldicken bzw. Solldichten.

[0069] Figur 11 zeigt beispielhaft eine erfindungsgemäße Anstellsequenz, wie sie mit einer modellbasierten Regelung möglich ist. Qualitativ dargestellt über der Zeit ist die Farbschichtmenge auf dem Farbduktor (Bezugszeichen 81), auf den Auftragwalzen (Bezugszeichen 82), auf dem Formzylinder (Bezugszeichen 83) sowie auf dem Substrat (Bezugszeichen 84). Die Grenzwerte für das Anschwenken der Film- oder Heberwalze (Bezugszeichen 61), für das Anschwenken der Auftragwalzen an den Plattenzylinder (Bezugszeichen 62) sowie für Druck-An (Bezugszeichen 63) sind ebenfalls eingezeichnet. Sie liegen in dem oben genannten Bereich zwischen 50 % und 95 % der erwarteten Sollfarbdicken auf den jeweiligen Walzen. Im Zeitbereich 71 befindet sich nur Farbe auf dem Farbduktor, im Zeitbereich 72 auch im Walzenstuhl. Im Zeitbereich 73 wird auch die Druckform eingefärbt. Erst im Zeitbereich 74 wird Farbe auf das Substrat aufgebracht.

[0070] Durch eine von der Farbschichtdicke abhängige Anstellsequenz wird im Gegensatz zur üblichen, zeitlich gesteuerten Anstellsequenz der Druck auf das Substrat so lange verzögert, bis die berechnete Farbmenge auf dem Formzylinder das Erreichen der Solldichte oder zumindest ihres Toleranzbandes erwarten lassen. Diese Zeitverzögerung kann für alle Farbzonen separat berechnet werden. Bei unterschiedlicher Farbannahme in unterschiedlichen Farbzonen wird dann die Solldichte in allen Zonen zum selben Zeitpunkt erreicht. Bei einer ausreichenden Modellgüte ist damit ein Einrichten der Druckmaschine ohne Makulatur aufgrund ungenügender Farbdichte möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln zumindest eines Regelparameters aus einer Anzahl von Parametern (13) eines Farbwerks (16) einer Druckmaschine, bevorzugt einer Offset-Druckmaschine, wobei basierend auf zumindest dem Regelparameter mittels eines Farbwerkmodells (18) ein berechneter Wert (20) einer Farbdichte auf einem durch die Druckmaschine zu bedruckenden Substrat (36) berechnet wird, und anstatt eines Istwerts (14) der berechnete Wert (20) als Eingangsgröße zum Regeln verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zeitweise der berechnete Wert (20) ausschließlich basierend auf einer Anzahl von Parametern (13) des Farbwerks (16) berechnet wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Regelparameter die Rotationsgeschwindigkeit eines Farbduktors (31) ist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Regelparameter die Öffnung zumindest eines Farbmessers ist.
- 5 4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Farbwerksmodell (18) ein empirisches Farbwerksmodell (18) auf Basis eines regelungstechnischen Übertragungsglieds (18.2) verwendet wird.
- 10 5. Verfahren gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Farbwerksmodell (18) ferner ein die Laufzeit der Farbe aus einem Farbbehälter vom Verändern des Regelparameters bis zum Erreichen der ersten Kontaktstelle zur Filmwalze (32) oder zur Heberwalze widerspiegelndes Totzeitglied (18.1) aufweist.
- 15 6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Farbwerksmodell (18) ferner ein die Laufzeit eines Druckexemplars zwischen Druck und Messung widerspiegelndes Totzeitglied (18.3) aufweist.
- 20 7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das regelungstechnische Übertragungsglied (18.2) ein PT_1 -Glied ist.
8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das regelungstechnische Übertragungsglied (18.2) ein PT_2 -Glied ist.
- 25 9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während einer Anlaufphase des Farbwerks (16) der berechnete Wert (20) ausschließlich basierend auf einer Anzahl von Parametern (13) des Farbwerks (16) berechnet wird, und zwar zumindest so lange, bis ein Messwert (14) der Farbdichte auf dem Substrat (36) gemessen werden kann.
- 30 10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einer Anlaufphase periodisch, bevorzugt nach jeweiliger Berechnung einer Vielzahl von berechneten Werten, in einem dem Farbwerk nachgeordneten Bereich ein Messwert (14) der Farbdichte auf dem Substrat (36) gemessen wird und das Farbwerksmodell (18) basierend auf dem Messwert (14) abgeglichen wird.
- 35 11. Verfahren gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Messen von Messwerten an unterschiedlichen Stellen quer zur Bewegungsrichtung des Substrats (36) ein die Druckbahn in dem dem Farbwerk nachgeordneten Bereich in Querrichtung traversierender Sensor (37) verwendet wird.
- 40 12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Film- oder Heberwalze (32) des Farbwerks (16) an einen Farbduktor (31) angeschwenkt wird, wenn der berechnete Wert (14) einen vorgegebenen Grenzwert (61) übersteigt.
- 45 13. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Auftragswalze (33) an einen Plattenzylinder (34) angeschwenkt wird, wenn der berechnete Wert (14) einen vorgegebenen Grenzwert (62) übersteigt.
- 50 14. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gummizylinder (35) an das Substrat (36) angeschwenkt wird, wenn der berechnete Wert einen vorgegebenen Grenzwert (63) übersteigt.
- 55 15. Druckmaschine, insbesondere eine Offset-Druckmaschine, mit einem Farbwerk, welches zumindest einen Farbduktor (31) und ein zugeordnetes Farbmesser aufweist, wobei zumindest eine Rotationsgeschwindigkeit des Farbduktors (31) und/oder eine Öffnung des Farbmessers als Regelparameter einstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Farbwerk ferner eine Steuereinheit (15, 18) mit einem Regler (15) und einem Farbwerksmodell (18), sowie bevorzugt ein die Druckbahn in einem dem Farbwerk nachgeordneten Bereich in Querrichtung traversierender oder nicht traversierender Sensor (37) vorgesehen sind, welche ausgebildet sind, um ein Regelverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 auszuführen, um zumindest eine Rotationsgeschwindigkeit des Farbduktors (31) und/oder eine Öffnung des Farbmessers als Regelparameter einzustellen.

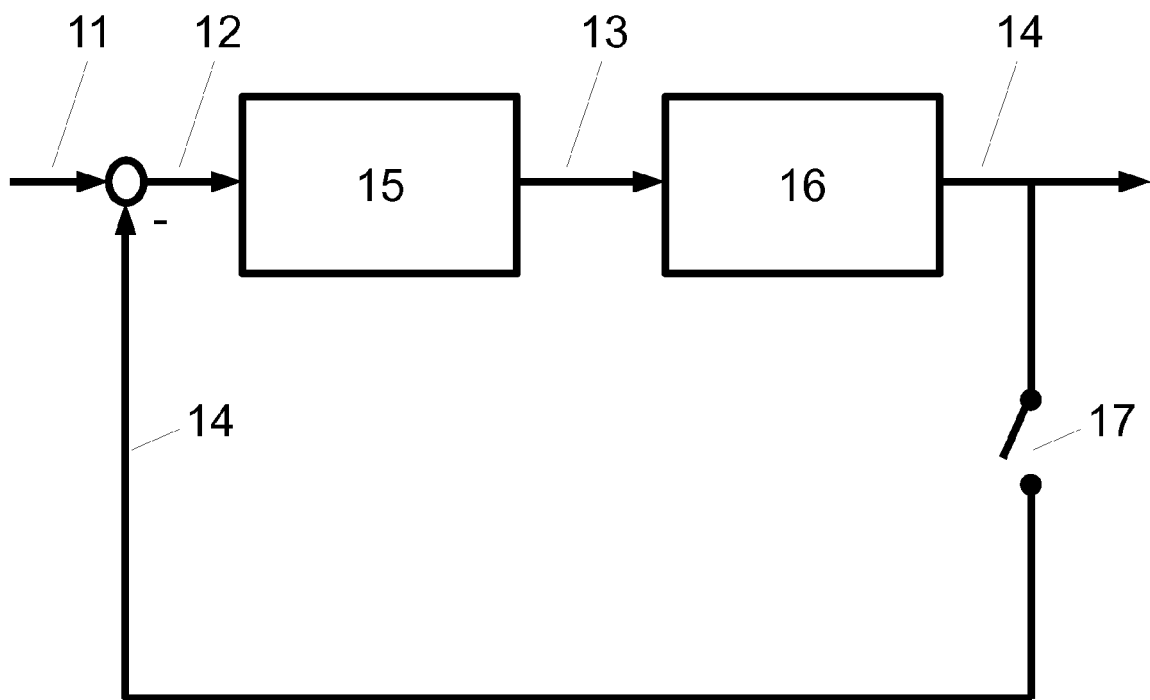


Fig. 1

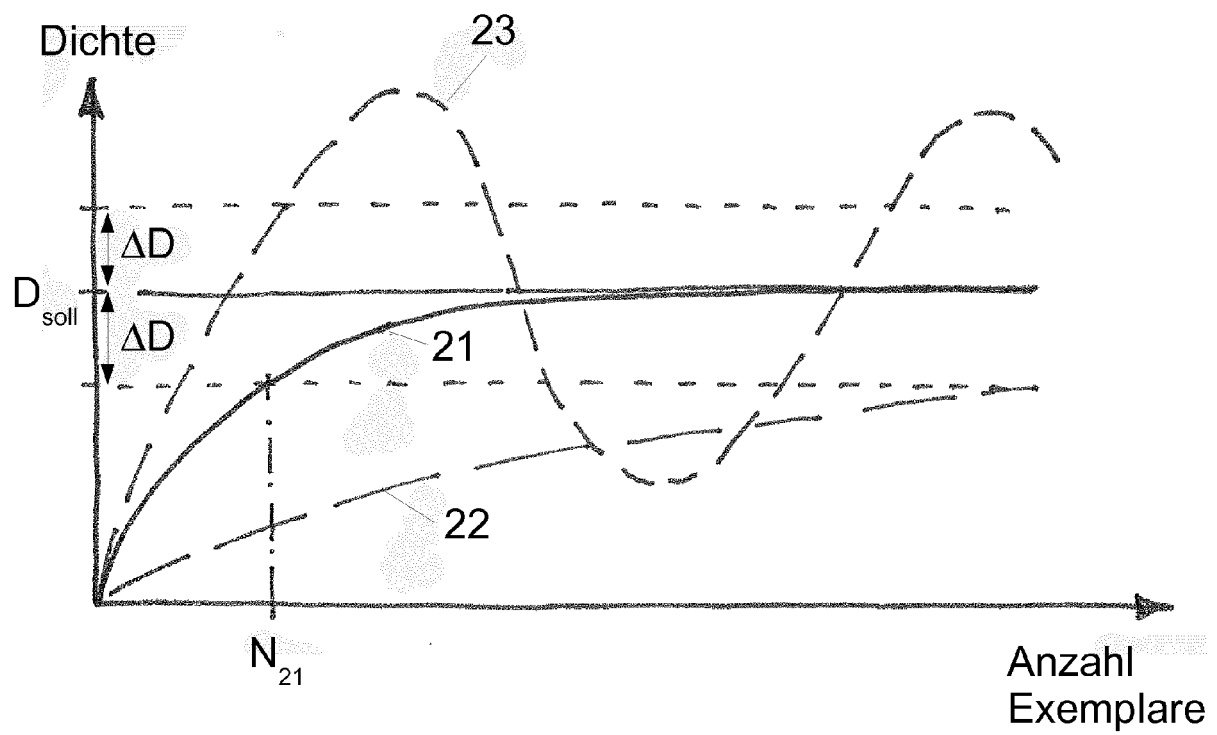
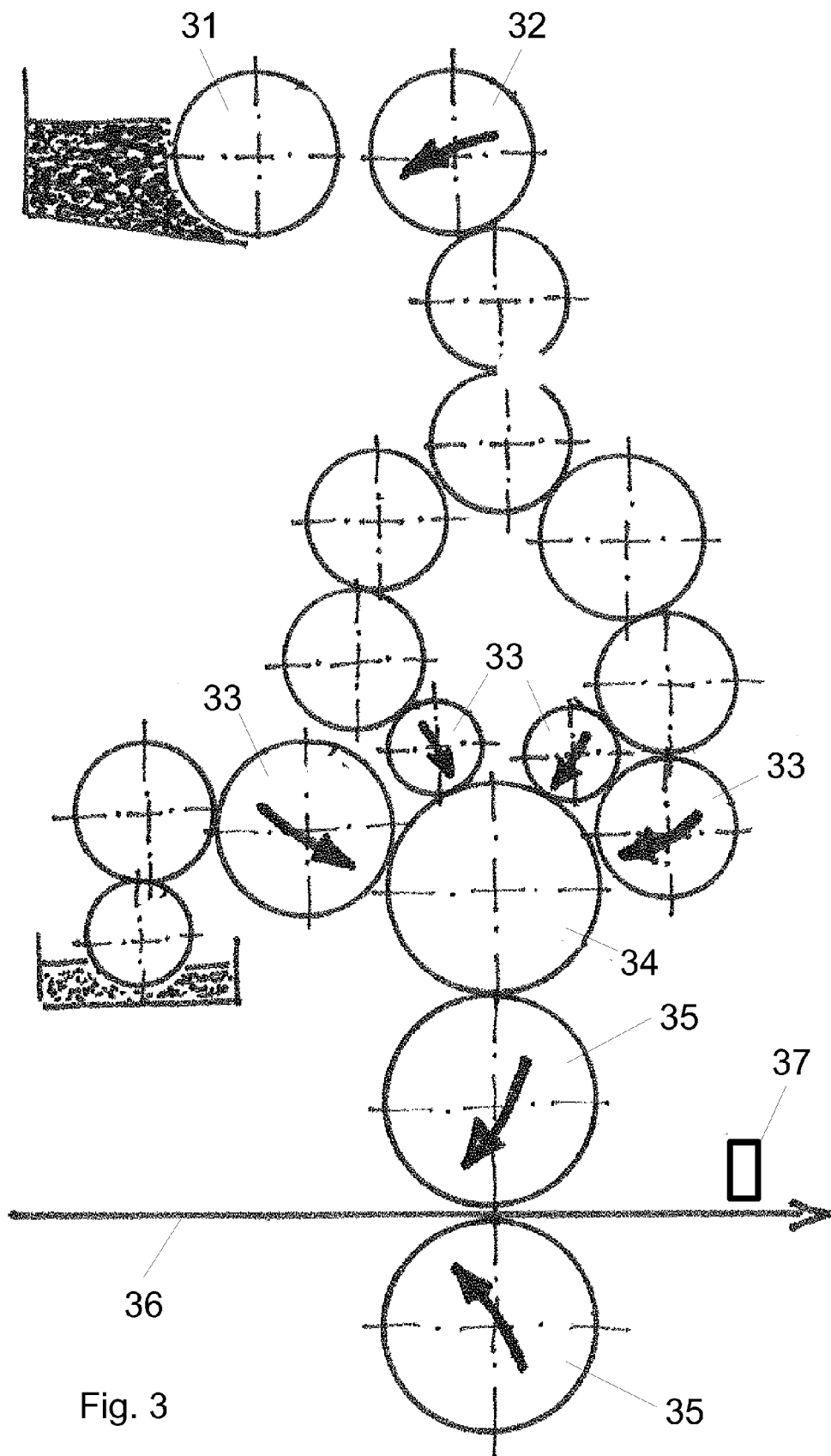


Fig. 2



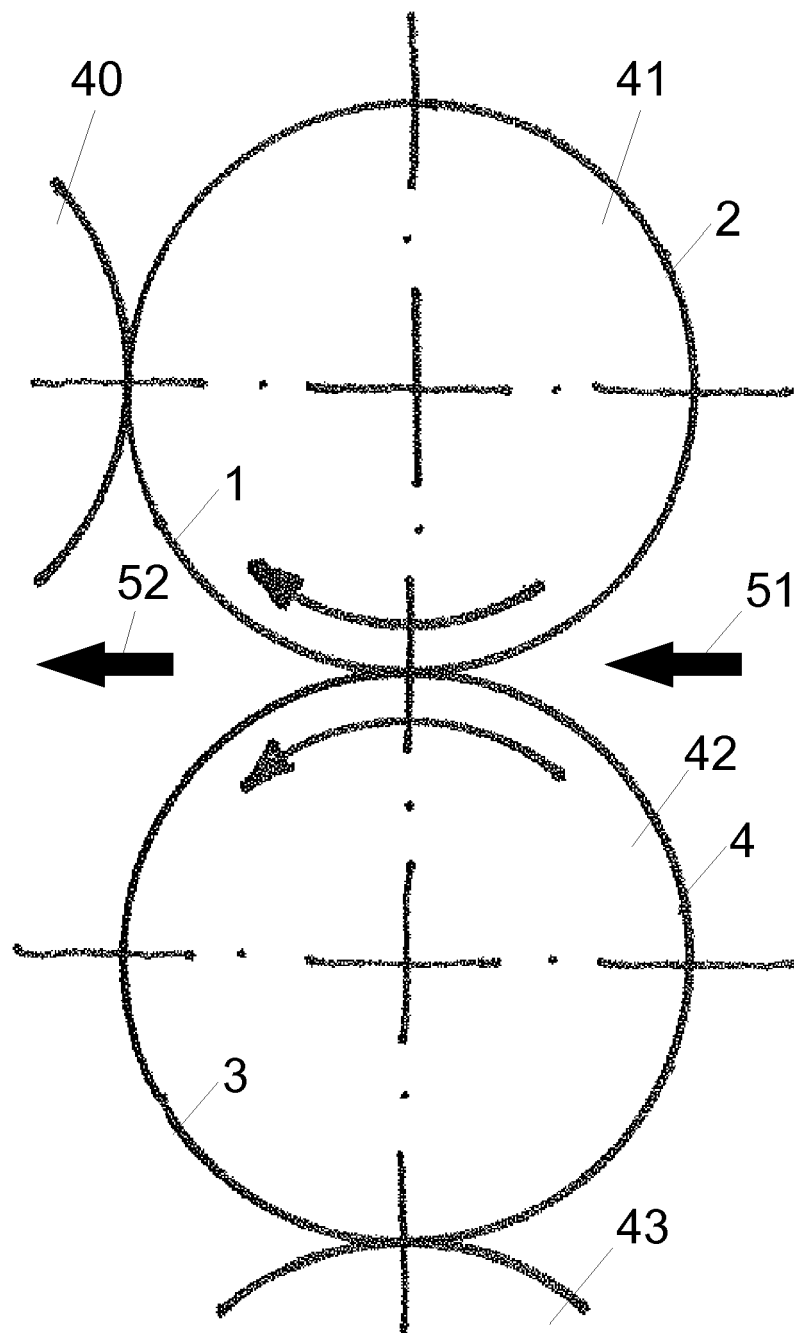


Fig. 4

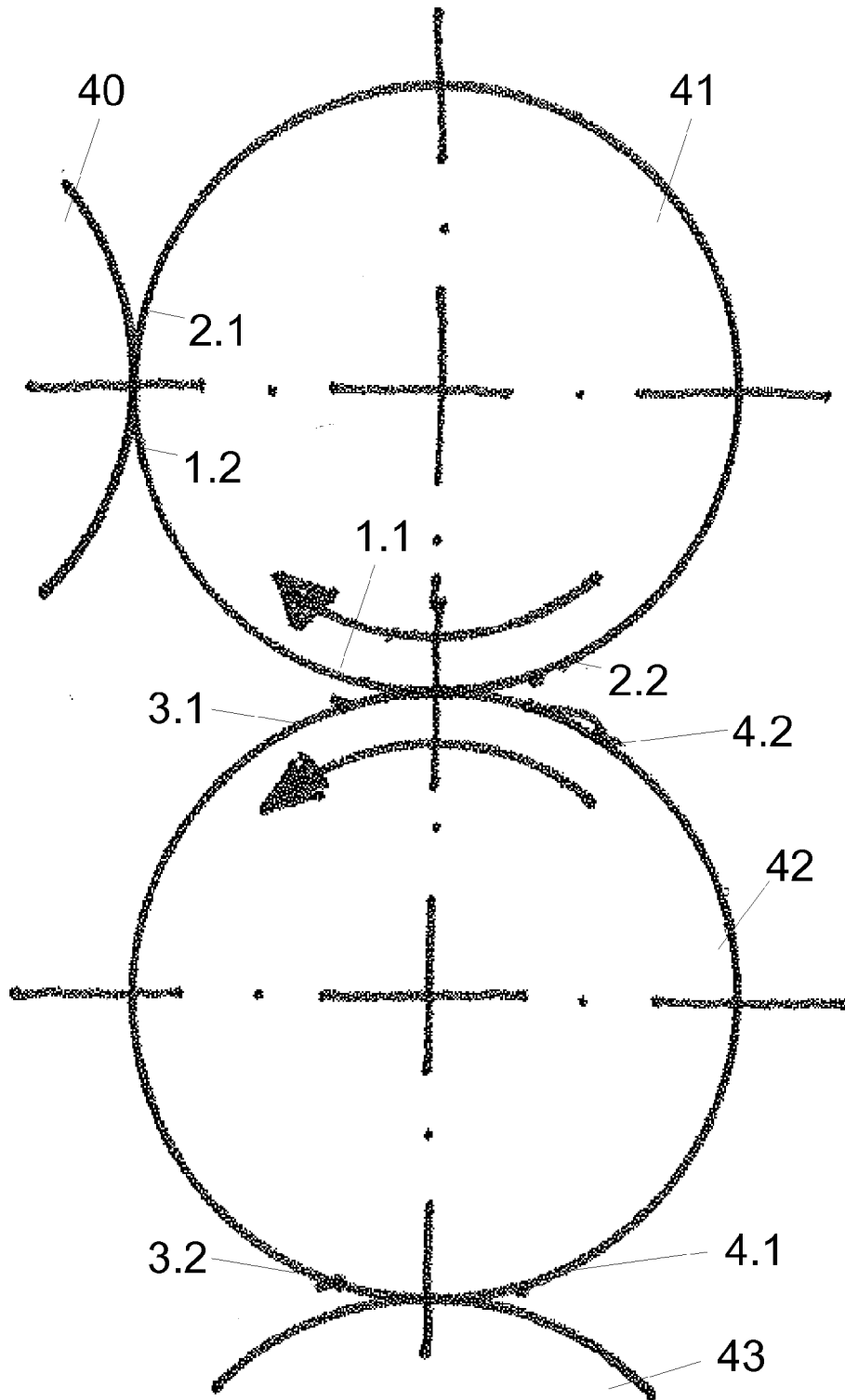


Fig. 5

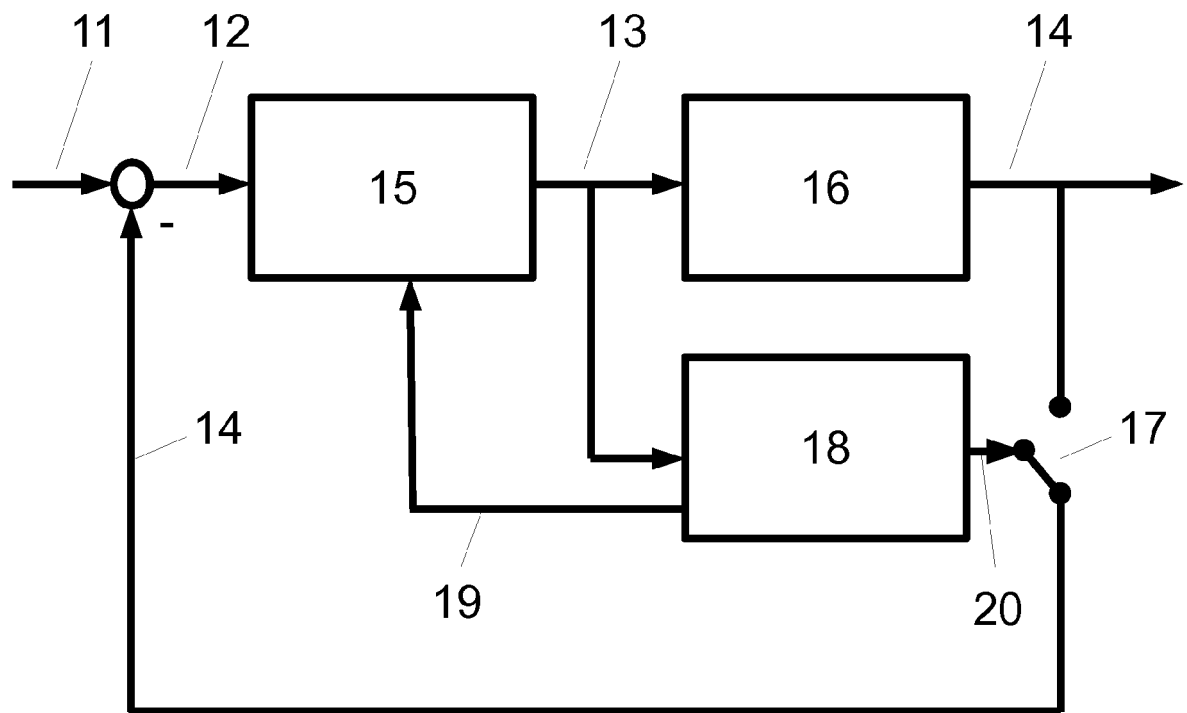
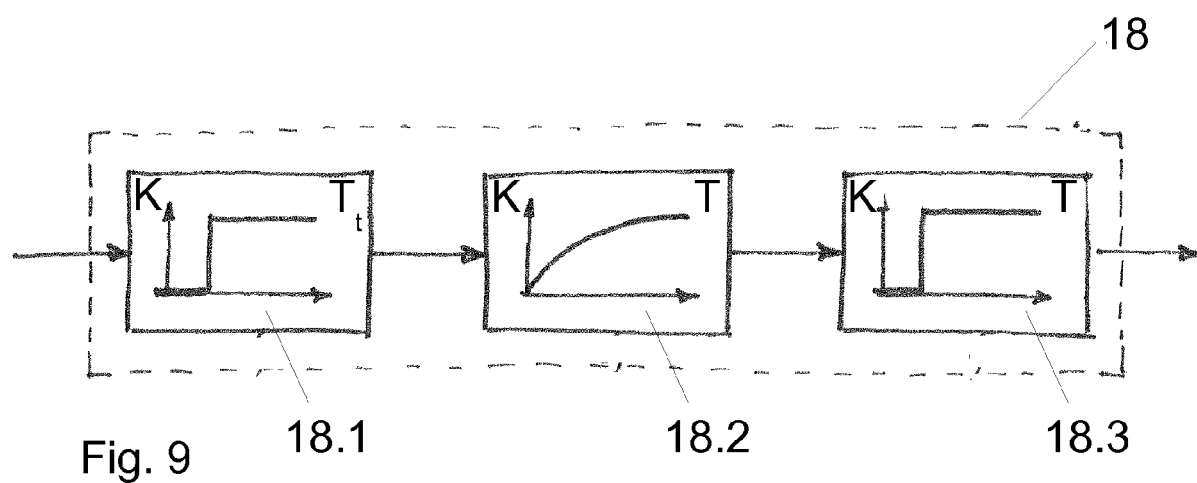
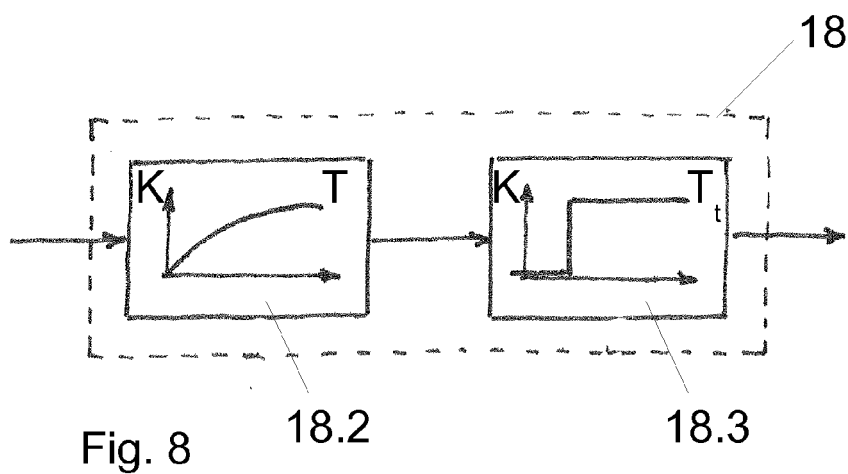
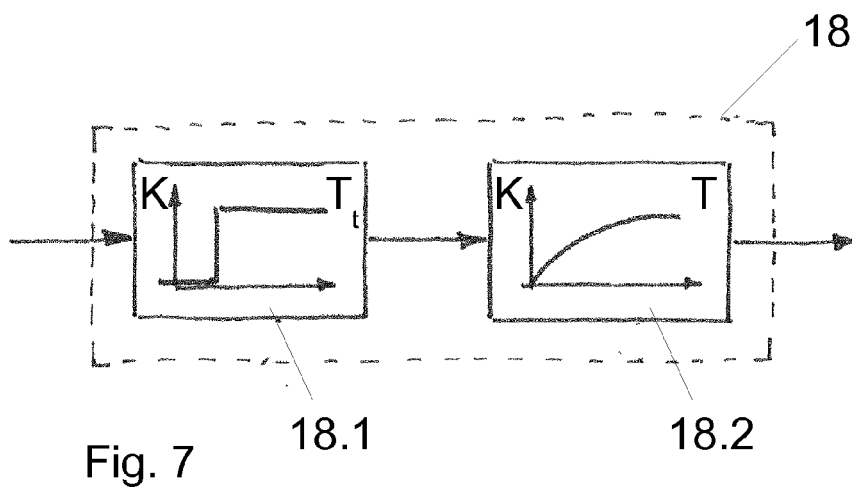


Fig. 6



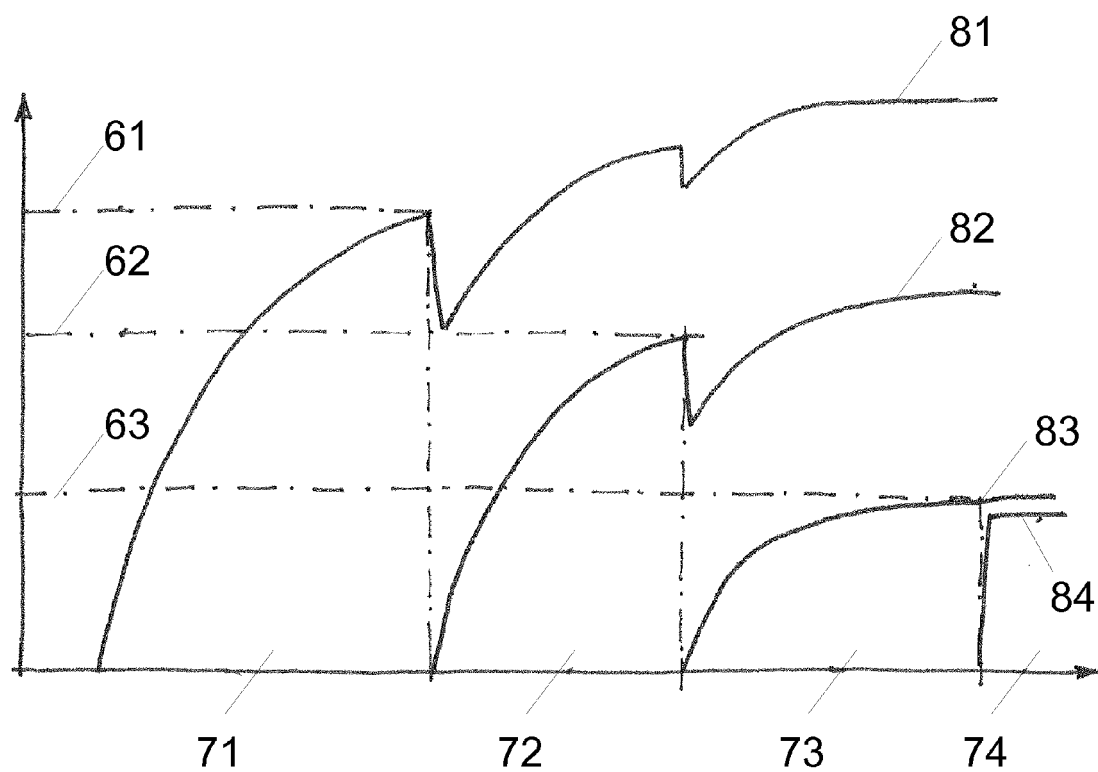
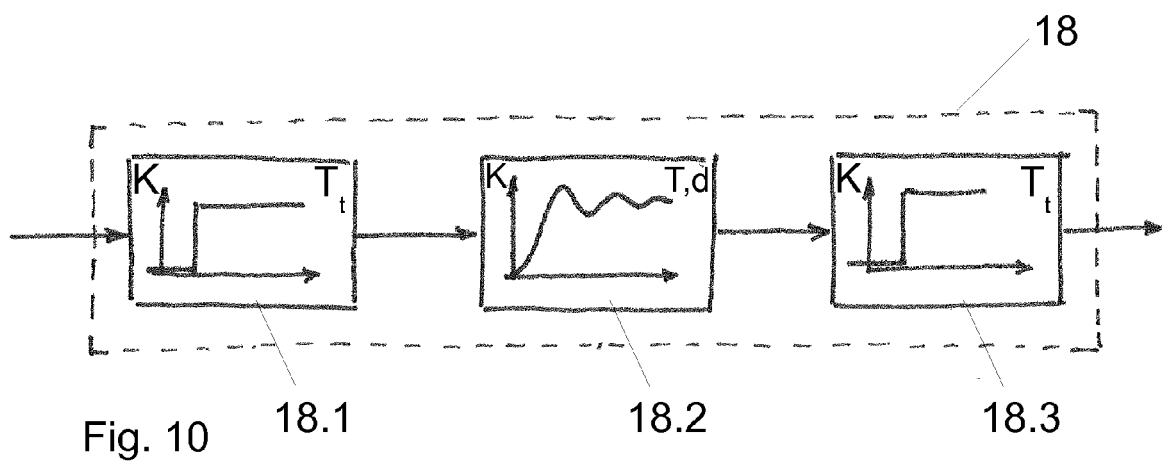


Fig. 11

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 69810385 [0008]
- DE 10358172 [0015]
- DE 69823631 [0015]
- DE 102008034943 [0015]
- DE 69716515 [0015]
- DE 102005013634 [0016]
- EP 1232862 A [0016]
- EP 1671789 A [0018]
- EP 0881076 A [0034] [0035]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Der Rollenoffsetdruck. **WOLFGANG WALENSKI**.
Der Rollenoffsetdruck. Fachschriften-Verlag GmbH
& Co. KG, 1995 [0006]