

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
08. März 2018 (08.03.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/041581 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
D21G 9/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/070267

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. August 2017 (10.08.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 216 387.6
31. August 2016 (31.08.2016) DE

(71) Anmelder: VOITH PATENT GMBH [DE/DE]; St. Pöl-
tener Str. 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder: FLITSCH, Julius; Wilhelm-Hale-Str. 15, 80639
München (DE). HAAG, Jens; Carl-Zeiss-Str. 27, 89518

Heidenheim (DE). KENDEL, Friedrich; Soldatenstr. 11,
89077 Ulm (DE).

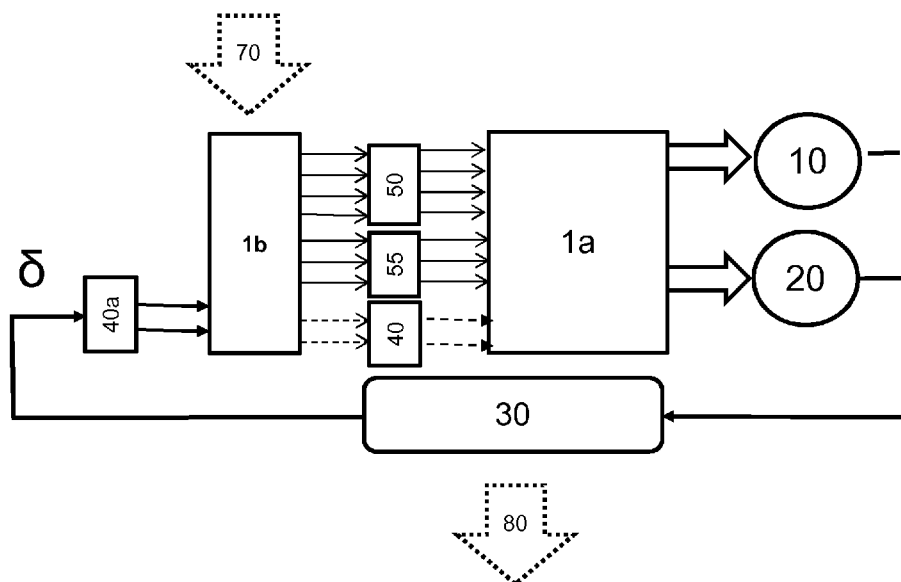
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A FIBROUS WEB PRODUCTION MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINER FASERSTOFFBAHNHERSTELLUNGSMASCHINE

Figur 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a machine for producing a fibrous web, comprising a controlled variable, at least two correcting variables, at least one further variable, and a cost functional. The at least two correcting variables are set such that the cost functional is optimised while at the same time the controlled variable remains within a predefined target interval. According to the invention, both the controlled variable and the cost functional are calculated from the at least two correcting variables and the at least one further variable by means of a common model.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Maschine zur Herstellung einer Faserstoffbahn, umfassend eine Regelgröße, zumindest zwei Stellgrößen, zumindest eine weitere Größe, sowie ein Kostenfunktional, wobei die zumindest



WO 2018/041581 A1



RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

zwei Stellgrößen so eingestellt werden, dass das Kostenfunktional optimiert wird, während gleichzeitig die Regelgröße innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalles verbleibt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass sowohl die Regelgröße als auch das Kostenfunktional mittels eines gemeinsamen Modells aus den zumindest zwei Stellgrößen und der zumindest einen weiteren Größe berechnet werden.

Verfahren zur Steuerung einer Faserstoffbahnherstellungsmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Maschine zur Herstellung einer Faserstoffbahn gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

5

Die Herstellung einer Faserstoffbahn wie beispielsweise einer Papier-, Karton oder Tissuebahn, ist ein sehr komplexer Prozess, der aus einer Mehrzahl aufeinanderfolgender Einzelverfahrensstufen besteht, in denen regelbare chemische und/oder physikalische Abläufe bzw. Prozessschritte stattfinden. Üblicherweise sollen
10 die einzelnen Prozessschritte so geregelt werden, dass ein sicherer Betrieb der Anlage gewährleistet ist, und dass gleichzeitig die Qualität des Endprodukts, also der Faserstoffbahn, den vorgegebenen Anforderungen genügt.

Jedoch wird der Papierhersteller bei einer derartigen Regelung stets darauf achten, dass durch die gewählte Fahrweise der Anlage die Kosten für die Herstellung des
15 Endprodukts beispielsweise durch Zugabe einer zu großen Menge an Chemikalien oder Hilfsstoffen, nicht zu hoch werden.

Häufig tritt hierbei bei der Regelung einer Papiermaschine das Problem auf, dass eine zu regelnde Größe nicht als online Messwert zur Verfügung steht. Viele Größen,
20 wie beispielsweise die Festigkeitswerte der Faserstoffbahn lassen sich heute nur durch zerstörende Messungen im Labor messen.

Im Stand der Technik, beispielsweise der DE 10 2005 054 825 wurde deshalb vorgeschlagen, eine solche zu regelnde Größe indirekt zu ermitteln. Hierzu wird in der
25 DE 10 2005 054 825 vorgeschlagen, die zu regelnde Größe mittels eines geeigneten Modells aus direkt messbaren Größen zu berechnen. Nachteilig an dieser Lösung ist es, dass hierbei der ökonomische Aspekt, also eine kosten-optimierte Regelung gar nicht betrachtet wird.

30 Die DE 10 2012 217 729 schlägt eine Regelung vor, bei der die Stellgrößen in Abhängigkeit von einem Kostenfunktional gebildet werden, wobei die Zielgröße als Messwert online zur Verfügung steht.

- 2 -

Die vorliegende Erfindung hat sich demgegenüber die Aufgabe gestellt, eine verbesserte, kostenoptimierte Steuerung für einer Faserstoffherstellungsmaschine vorzuschlagen, wobei die zu steuernde Zielgröße nicht als online-Messwert zur
5 Verfügung steht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Steuerung einer Maschine zur Herstellung einer Faserstoffbahn. Das Verfahren umfasst eine Regelgröße, zumindest zwei Stellgrößen, zumindest eine weitere Größe, sowie ein
10 Kostenfunktional. Bei der Steuerung werden die zumindest zwei Stellgrößen so eingestellt werden, dass das Kostenfunktional optimiert wird, während gleichzeitig die Regelgröße innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalls verbleibt. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Regelgröße als auch das Kostenfunktional mittels eines gemeinsamen Modells aus
15 den zumindest zwei Stellgrößen und der zumindest einen weiteren Größe berechnet werden.

Unter einem Kostenfunktional soll im Rahmen dieser Anmeldung ein funktionaler Zusammenhang verstanden werden, der eine ökonomische Bewertung der aktuellen Fahrweise der Faserstoffherstellungsmaschine erlaubt. Insbesondere soll es ein
20 solches Kostenfunktional ermöglichen, verschiedene Einstellungen der zumindest zwei Stellgrößen hinsichtlich der daraus entstehenden Kosten miteinander zu vergleichen.

Dadurch, dass erfindungsgemäß aus einem gemeinsamen Modell sowohl die zu steuernde Zielgröße, als auch ein relevantes Kostenfunktional berechnet wird,
25 ergeben sich daraus mehrere Vorteile.

Zum einen steht nun die Zielgröße online zur Verfügung. Das Modell dient also einerseits als eine Art virtueller Sensor. Dieser ermittelte Wert der Zielgröße kann außer zu der erfindungsgemäßen Steuerung auch noch in weiteren Regelungen, zur Dokumentation oder andern Zwecken verwendet werden.

30 Zum anderen gibt das modellierte Kostenfunktional sofort eine Information darüber, welche Kosten mit dem aktuellen Wert der Zielgröße verbunden sind. Da zumindest zwei Stellgrößen vorgesehen sind, welche die Zielgröße beeinflussen, kann ein

- 3 -

vorgegebenes Zielintervall für die Zielgröße häufig auf durch verschiedene Kombinationen der Stellgrößen erreicht werden. Mittels des Kostenfunktional können diese Kombinationen nun bezüglich ihrer ökonomischen Auswirkungen miteinander verglichen werden.

- 5 Die erfindungsgemäße Optimierung des Kostenfunktional soll dabei derart weit gefasst zu verstehen sein, dass sie neben dem Finden eines globalen oder lokalen Optimums des Kostenfunktional auch z.B. die Möglichkeit umfasst, von mehreren möglichen Fahrweisen der Faserstoffbahnherstellungsmaschine die günstigste auszuwählen, auch wenn diese möglicherweise kein Optimum im mathematischen
10 Sinne darstellt.

Die gemeinsame Modellierung von Zielgröße und Kostenfunktional ist unter anderem deshalb vorteilhaft, da der Aufwand für eine solche gemeinsame Modellierung nur unwesentlich größer ist, als die reine Modellierung der Zielgröße im Rahmen eines
15 virtuellen Sensor, jedoch wie oben beschrieben einen deutlich größeren Nutzen für den Anwender hat.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, ein solches gemeinsames Modell als Basis für ein mathematischen Optimierungsverfahrens zu nehmen, mit dem das Kostenfunktional minimiert wird, während gleichzeitig die Zielgröße in einem vorgegebenen
20 Zielintervall verbleibt.

Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in den Unteransprüchen beschrieben.

- 25 Prinzipiell können die Verfahren gemäß der Erfindung für beliebige Regelgrößen angewendet werden. In einer vorteilhaften Ausführung des Verfahrens kann die Regelgröße eine solche sein, welche im Herstellungsprozess mittels eines Sensors gemessen wird.

In einer anderen vorteilhaften Ausführung kann die Regelgröße eine solche sein,
30 welche im Herstellungsprozess nicht direkt gemessen wird, sondern aus anderen Messwerten berechnet wird (Virtueller Sensor). In einem solchen Fall können

insbesondere die Modelle des virtuellen Sensors und des erfindungsgemäßen gemeinsamen Modells gleich oder unterschiedlich sein.

In einer vorteilhaften Ausführung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass
5 zumindest eine der zumindest einen weitere Größe eine abhängige weitere Größe darstellt, welche sich in Abhängigkeit von einer oder mehrerer Stellgrößen verändert. Das Verfahren kann dabei einen Schritt umfassen, in dem die zumindest eine abhängige Größe bei einer Veränderung einer oder mehrerer Stellgrößen neu berechnet bzw. angepasst wird. Wird zum Beispiel an einer Papiermaschine das
10 Flächengewicht der Bahn als Stellgröße gezielt verändert, so ändert sich dadurch auch als abhängige weitere Größe beispielsweise die Konsistenz der verschiedenen Siebwässer.

Diese Neuberechnung bzw. Anpassung der abhängigen weiteren Größen kann mittels vorher festgelegten Modellen erfolgen, die dem gemeinsamen Modell
15 vorgelagert sind.

Der Vorteil einer solchen Anpassung von abhängigen weiteren Größen besteht in der größeren Genauigkeit der von dem gemeinsamen Modell ermittelten Werte. Insbesondere wenn ein Optimum gesucht werden soll, welches sich nicht in unmittelbarer Nähe eines Ist-Datenpunktes befindet. Dann werden häufig die großen
20 Änderungen in den Stellgrößen auch große Änderungen in den abhängigen weiteren Größen nach sich ziehen.

Ein weiterer Vorteil einer solchen Ausführung ist es, dass man bei der Wahl des gemeinsamen Modells eine größere Freiheit hat. Häufig sind gerade nichtlineare mathematische Modelle wie z.B. Neuronale Netze, Selforganizing Maps (SOM, eine
25 Methode des unüberwachten Lernens) oder die „Support Vector Regression“ (eine Methode des überwachten Lernens) besonders genau. Hier hat man aber häufig keine Kontrolle darüber, ob auf die Modellierung der Regelgröße die eigentlichen Stellgrößen oder abhängigen weiteren Größen den größten Einfluss haben. Durch eine vorgelagerte Modellierung dieser abhängigen weiteren Größen kann man
30 trotzdem eine hohe Güte des modellierten Ergebnisses gewährleisten.

In häufigen Ausführungen werden mehr als eine abhängige Größe auftreten, beispielsweise 3, 5, 10 oder mehr.

So kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass das Verfahren eine mathematische Optimierung umfasst, mittels derer Werte für die zumindest zwei Stellgrößen ermittelt werden, bei denen das Kostenfunktional minimiert wird, unter der Nebenbedingung,
5 dass gleichzeitig die Regelgröße innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalles verbleibt.

Vorteilhaft hierfür ist es, wenn bekannte Zusammenhänge zwischen Änderung der Stellgrößen und deren Auswirkung auf die Regelgröße hinterlegt sind und für die Optimierung zur Verfügung stehen.

10 In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann vorgesehen sein, dass die Optimierung des Kostenfunktionals unter zumindest einer weiteren Nebenbedingung erfolgt. So kann es beispielsweise möglich sein, dass sich durch die Änderungen der zumindest zwei Stellgrößen außer der Zielgröße auch noch andere Eigenschaften der
15 Faserstoffbahn ändern. Mittels einer weiteren Nebenbedingung bei der Optimierung kann dann beispielsweise erreicht werden, dass auch diese andere Eigenschaft innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalles verbleibt.

Gegebenenfalls kann es vorteilhaft sein, diese andere Eigenschaft im Rahmen des gemeinsamen Modelles zusammen mit der Regelgröße und dem Kostenfunktional mit
20 zu modellieren.

Bei einer weiteren, vorteilhaften Ausführung des Verfahrens kann es sich bei der Regelgröße um eine Festigkeitseigenschaft der Faserstoffbahn handeln. Für die Beschreibung der Festigkeit der Faserstoffbahn gibt es eine Vielzahl von
25 Kenngrößen, wie z.B. die Reißfestigkeit, Spaltfestigkeit, Berstfestigkeit, aber die die Dehnbarkeit oder Steifigkeit der Faserstoffbahn. All diese Kenngrößen können direkt nur im Labor ermittelt werden. Die meisten davon auch nur im Rahmen einer zerstörenden Messung.

In weiteren vorteilhaften Ausführungen kann es sich bei der Regelgröße aber auch
30 andere um Qualitätsparameter wie Planlage, Porosität, oder ähnliche handeln.

- 6 -

Mittels im Labor gemessener Werte für die Regelgröße kann das gemeinsame Modell kontinuierlich überprüft werden, wie gut die Regelgröße durch das Modell vorhergesagt wird.

- 5 Bei den zumindest zwei Stellgrößen kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass zumindest eine, insbesondere beide Stellgrößen ausgewählt sind aus der Gruppe Flächengewicht der Faserstoffbahn, Stärkeauftrag, Menge der Massestärke, Strahl-Sieb Verhältnis, Füllstoffmenge, Art und/oder Menge des verwendeten Fasermaterials, insbesondere auch Art und/oder Menge des eingesetzten
10 Ausschusses.

Insbesondere in Bezug auf die oben erwähnten Festigkeitseigenschaften haben diese Größen einen großen Einfluss, so dass sie als Stellgrößen besonders vorteilhaft sind.

- In besonders vorteilhaften Ausführungen kann vorgesehen sein, dass das Verfahren
15 mehr als eine weitere Größe, bevorzugt mehr als 5, besonders bevorzugt mehr als 10 weitere Größen umfasst. Durch Hinzunahmen dieser weiteren Größen zu dem gemeinsamen Modell lässt sich häufig die Modellgüte massiv verbessern und z.B. die Genauigkeit der Ermittlung der Regelgröße deutlich erhöhen. Gerade bei statistischen Modellen wird es häufig vorkommen, dass sogar mehr als 20 oder mehr als 30
20 weitere Größen verwendet werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann das Verfahren im Rahmen eines geschlossenen Regelkreises verwendet werden.

- 25 Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das gemeinsame Modell und/oder das vorgegebene Zielintervall in Abhängigkeit von der produzierten Sorte der Faserstoffbahn gewählt werden.

- 30 Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Figur noch weiter erläutert.
Die Figur 1 zeigt schematisch das Prinzip einer Regelung nach einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

- 7 -

Die Figur 2 zeigt schematisch das Prinzip einer Regelung nach einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung.

Kernstück ist das gemeinsame Modell 1, welches sowohl einen Wert für die
5 Regelgröße 10 liefert, als auch für das Kostenfunktional 20. Als Eingangsgrößen in
das gemeinsame Modell 1 sind hier sowohl zwei oder mehr Stellgrößen 40
vorgesehen, als auch eine oder mehrere weitere Größen 50, 55. Bei der Regelgröße
10 kann es sich beispielsweise um einen Parameter handeln, der die Festigkeit der
Materialbahn an einer bestimmten Stelle beschreibt. Das Kostenfunktional 20 kann
10 beispielsweise angeben, welche Kosten für den Betreiber durch die aktuellen Werte
der Stellgrößen 40 und/oder auch der weiteren Größen 40 entstehen.
Am folgenden Beispiel soll dies noch einmal näher erläutert werden. So kann in einer
vorteilhaften Ausführung die Regelgröße 10 beispielsweise eine Festigkeit
beschreiben, welche durch die Stellgrößen 40 Stärkemenge und Faserstoffmenge
15 beeinflusst werden kann. Die beiden Stellgrößen 40 haben einen unterschiedlich
großen Einfluss auf die Festigkeit, und führen zu unterschiedlichen Kosten. Sind in
dem gemeinsamen Modell 1 Werte für die Kosten dieser Stellgrößen 40 hinterlegt
oder können sie von diesem über eine Datenverbindung bezogen werden, so ermittelt
das gemeinsame Modell 1 die Kosten, die durch die aktuelle Einstellung der
20 Stellgrößen 40 entstehen. Diese können dann mit den ebenfalls durch das
gemeinsame Modell 1 berechneten Festigkeitswerten in Verbindung gesetzt werden.

In der in Figur 1 gezeigten Ausführung umfasst das Verfahren weiterhin eine
mathematische Optimierung 30. Durch die erfindungsgemäße Verwendung eines
25 gemeinsamen Modells 1 ist dies sehr leicht möglich. In diesem Verfahrensschritt wird
mittels eines geeigneten Verfahrens zur mathematischen Optimierung eine
Einstellung der Stellgrößen 40 berechnet, bei der ein vorgegebener Wert der
Regelgröße mit der günstigsten Einstellung der Stellgrößen ermittelt wird. Vorteilhaft
hierfür ist es, wenn bekannte Zusammenhänge zwischen Änderung der Stellgrößen
30 40 und deren Auswirkung auf die Regelgröße 10 hinterlegt sind und für die
Optimierung 30 zur Verfügung stehen.

Vorteilhafterweise ist diese Optimierung 30 eine Optimierung 30 unter einer oder mehreren Nebenbedingungen. So sollte einerseits die Nebenbedingung erfüllt sein, dass die Regelgröße in einem gewissen Zielintervall liegt. Zusätzlich können aber auch noch weitere Nebenbedingungen in Betracht gezogen werden. Mittels einer weiteren

5 Nebenbedingung bei der Optimierung 30 kann dann beispielsweise erreicht werden, dass eine weitere Qualitätseigenschaft innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalles verbleibt.

Gegebenenfalls kann es vorteilhaft sein, diese weitere Qualitätseigenschaft im Rahmen des gemeinsamen Modelles 1 zusammen mit der Regelgröße 40 und dem

10 Kostenfunktional 20 mit zu modellieren.

Das Ergebnis dieser Optimierung 30 kann beispielsweise auf einem Bildschirm angezeigt, oder dem Betreiber der Anlage auf anderen Wegen zugänglich gemacht werden, und ihm als Entscheidungshilfe dienen. Alternativ oder zusätzlich kann mit

15 das beschriebene Verfahren aber in einem geschlossenen Regelkreis verwendet wird. In diesem Fall werden die Ergebnisse der Optimierung 30 direkt verwendet, um die Stellgrößen 40 auf ihre als optimal befundenen Werte einzustellen.

Üblicherweise wird dieses beschriebene Verfahren kontinuierlich ablaufen. Änderungen der Stellgrößen 40 sowie der weiteren Größe 50,55 führen dann zu einer

20 neuen Berechnung des gemeinsamen Modells 1, und damit zu neuen Werten für die Regelgröße 10 und das Kostenfunktional 20.

Um die Qualität der durch das gemeinsame Modell 1 gewonnenen Werte zu beurteilen und gegebenenfalls durch Adaption des gemeinsamen Modells 1 verbessern zu können ist es vorteilhaft, zumindest die durch das gemeinsame Modell

25 1 berechneten Regelgrößen mittels Labormessungen 60 zu überprüfen, bzw. das gemeinsame Modell 1 auf diese Messungen zu kalibrieren.

Hier ist es auch wieder von Vorteil, dass erfindungsgemäß ein gemeinsames Modell 1 zur Modellierung der Regelgrößen 10 und des Kostenfunktionals 20 vorgesehen ist, da bei einer solche modellbasierten Regelung üblicherweise ein gewisser Wartungs-

30 und Pflegeaufwand anfällt (z.B. zur Kalibrierung), der bei einem solchen gemeinsamen Modell 1 einfacher und besser durchgeführt werden kann, als im Falle einer separaten Modellierung in verschiedenen Modellen.

In Figur 2 ist eine sehr vorteilhafte Ausführung der Erfindung schematisch angegeben.

- 5 Von der Maschine, beispielsweise einer Papiermaschine, wird ein Ist-Datensatz 70 an die Steuerung übergeben. Dieser Ist-Datensatz umfasst vorteilhafterweise die zumindest zwei Stellgrößen 40 sowie die zumindest eine weitere Größe 50, 55. Er kann jedoch auch beliebig viele weitere Größen umfassen. Insbesondere sollte der Ist-Datensatz 70 alle Parameter umfassen, welche später in dem Model 1a benötigt werden,
- 10 Mittels der zumindest einen weiteren Größe 50, 55, und üblicherweise aber nicht zwingend mittels der zumindest zwei Stellgrößen, wird mittels eines gemeinsamen Modells 1a die Regelgröße 10 sowie das Kostenfunktional 20 ermittelt.
- Das Modell 1a zur Ermittlung der Regelgröße kann dabei ein lineares, aber auch ein
- 15 nichtlineares Modell sein. Vorteilhaft ist hier ein Modell, das die Regelgröße mit möglichst hoher Genauigkeit vorhersagt.
- Bei der Modellierung des Kostenfunktionals 20 kann beispielsweise so vorgegangen werden, dass alle oder einige der weiteren Größen 50, 55 und der Stellgrößen 40 mit Kostenwerten versehen werden (Preis pro Tonne eingesetzter Stärke etc.). Zusätzlich
- 20 kann auch die Regelgröße 10 mit einem Kostenwert versehen werden. In dem Fall, dass die Regelgröße 10 ein Qualitätsparameter des Papiers ist (wie z.B. ein Festigkeitswert) spiegelt dies den Fall wieder, dass Papier mangelnder Qualität nur mit einem Preisabschlag verkauft werden kann.
- In einem Optimierungsalgorithmus 30 kann nun eine vorteilhafte Änderung δ der
- 25 Stellgrößen 40 ermittelt werden. Diese geänderten Stellgrößen 40a gehen in ein vorgelagertes Modell 1b ein. Dieses vorgelagerte Modell 1b trägt der Tatsache Rechnung, dass sich durch die veränderten Stellgrößen 40a auch zumindest eine weitere Größe 50 ändert. Diese stellt eine abhängige weitere Größe 50 dar. Wird zum Beispiel an einer Papiermaschine das Flächengewicht der Bahn als Stellgröße 40,
- 30 40a gezielt verändert, so ändert sich dadurch auch als abhängige weitere Größe 50 die Konsistenz der verschiedenen Siebwässer. Diese Konsistenz kann

- 10 -

gegebenenfalls von dem gemeinsamen Modell 1a zur Berechnung der Regelgröße 10 oder des Kostenfunktional 20 verwendet werden.

Würde man für diese oder andere abhängige weitere Größen 50, welche sich in Abhängigkeit der gezielten Änderung einer Regelgröße 40 auch verändern, weiterhin mit den Werten des Ist-Datensatzes arbeiten, würde das zu einer geringeren Qualität des durch das gemeinsame Modell 1a ermittelten Kostenfunktional 20 und/oder der Regelgröße führen.

Daher ermittelt das vorgelagerte Modell 1b mittels der geänderten Stellgrößen 40a zumindest eine, häufig jedoch mehrere, geänderte abhängige weitere Größe 50.

Danach übermittelt das vorgelagerte Modell die zumindest eine geänderte abhängige weitere Größe 50 sowie gegebenenfalls eine oder mehrere unveränderte weitere Größen 55 an das gemeinsame Modell 1a. Auch die geänderten Stellgrößen 40a können als Stellgrößen 40 an das gemeinsame Modell übermittelt werden. Mit diesen Eingangsdaten ermittelt das gemeinsame Modell 1a wieder einen Wert für das Kostenfunktional 20, sowie die Regelgröße 10.

Dieses Verfahren kann nun z.B. im Rahmen eines iterativen Verfahrens, einer mathematischen Optimierung oder anderer geeigneter Algorithmen dazu verwendet werden, eine Empfehlung für geänderte Stellgrößen 40, 40a zu ermitteln. Diese können dann als Soll-Daten 80 an die Maschinensteuerung zurück übermittelt werden.

Zum weiteren Verständnis soll der Prozess sowie das vorgelagerte Modell 1b und das gemeinsame Modell 1a an einem einfachen, exemplarischen Beispiel noch einmal verdeutlicht werden.

Seien mit u die Stellgrößen 40 und mit x die abhängigen weiteren Größen 50 bezeichnet.

Aus dem Ist-Datensatz 70 können Startwerte u_0 und x_0 gewonnen werden. Hieraus kann das gemeinsame Modell 1a –zusammen mit ggf. (unabhängigen) weiteren Größen 55 Startwerte R_0 für die Regelgröße 10 und K_0 für das Kostenfunktional 20 ermitteln.

Will man nun die Auswirkung einer Verstellung δu ermitteln, so kann diese als Eingabe in das vorgelagerte Modell 1b übergeben werden. Diese vorgelagerte Modell 1b ermittelt daraus üblicherweise den geänderten Wert der Stellgrößen $u_1 = u_0 + \delta u$, sowie die sich daraus ergebenden Änderungen der abhängigen weiteren Größen 50 $x_1 = g(x_0, u_0, \delta u)$ bzw. $x_1 = g(x_0, \delta u)$. In einer ganz einfachen Ausführung können diese Änderungen linear modelliert werden: $x_1 = g(x_0, \delta u) = x_0 + G \delta u$, mit einem vorher hinterlegten Proportionalitätsfaktor G .

Diese angepassten Werte u_1 und x_1 können dann an der gemeinsame Modell 1a übermittelt werden. Dort werden damit neue Werte R_1 für die Regelgröße 10 sowie K_1 für das Kostenfunktional 20 ermittelt, wie sie sich aus der Änderung der Stellgrößen um δu ergeben.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Maschine zur Herstellung einer Faserstoffbahn, umfassend eine Regelgröße, zumindest zwei Stellgrößen, zumindest eine weitere Größe, sowie ein Kostenfunktional, wobei die zumindest zwei Stellgrößen so
10 eingestellt werden, dass das Kostenfunktional optimiert wird, während gleichzeitig die Regelgröße innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalles verbleibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl die Regelgröße als auch das Kostenfunktional mittels eines gemeinsamen Modells aus den zumindest zwei Stellgrößen und der zumindest einen weiteren Größe berechnet werden.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der zumindest einen weiteren Größe eine abhängige weitere Größe darstellt, welche sich in Abhängigkeit von einer oder mehrerer Stellgrößen verändert, und das Verfahren einen Schritt umfasst, in dem die zumindest eine abhängige Größe bei
20 einer Veränderung einer oder mehrerer Stellgrößen neu berechnet bzw. angepasst wird, wobei diese Neuberechnung oder Anpassung insbesondere mittels eines vorgelagerten Modells erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das
25 Verfahren eine mathematische Optimierung umfasst, mittels derer Werte für die zumindest zwei Stellgrößen ermittelt werden, bei denen das Kostenfunktional minimiert wird, unter der Nebenbedingung, dass gleichzeitig die Regelgröße innerhalb eines vorgegebenen Zielintervalles verbleibt.
- 30 4. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Optimierung des Kostenfunktionals unter zumindest einer weiteren Nebenbedingung erfolgt.

- 13 -

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Regelgröße um eine Festigkeitseigenschaft der Faserstoffbahn handelt.

5

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** von den zumindest zwei Stellgrößen zumindest eine ausgewählt ist aus der Gruppe Flächengewicht der Faserstoffbahn, Stärkeauftrag, Menge der Massestärke, Strahl-Sieb Verhältnis, Füllstoffmenge, Art und/oder Menge des verwendeten Fasermaterials.

10

7. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren mehr als eine weitere Größe, bevorzugt mehr als 5, besonders bevorzugt mehr als 10 weitere Größen umfasst.

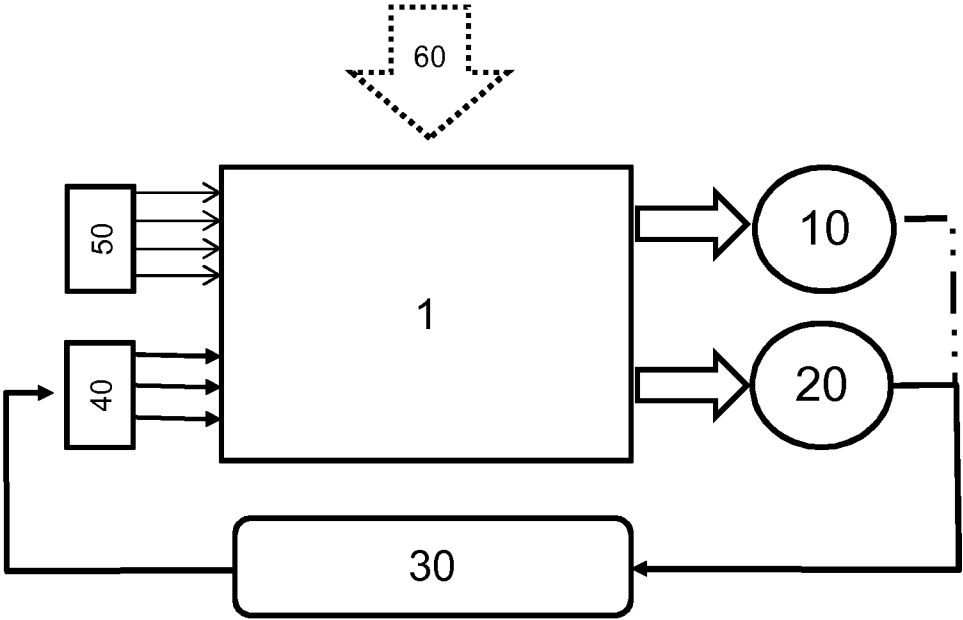
15

8. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren in einem geschlossenen Regelkreis verwendet wird.

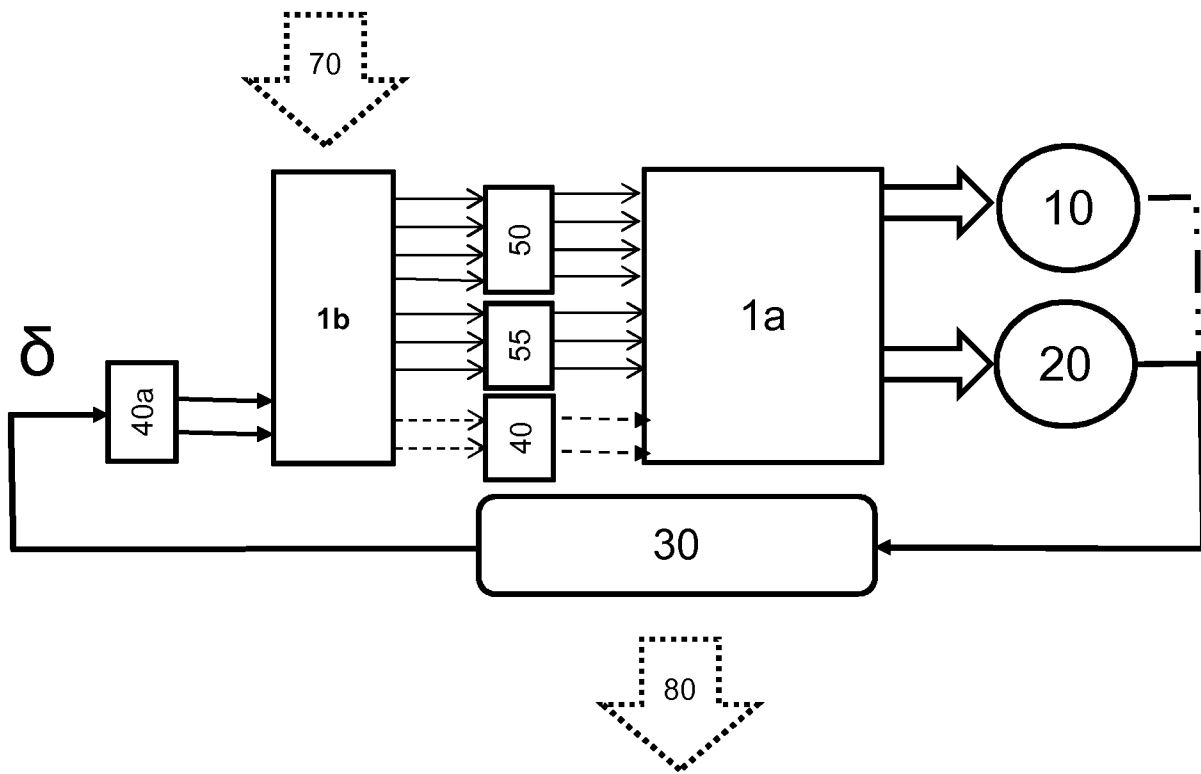
9. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gemeinsame Modell und/oder das vorgegebene Zielintervall in Abhängigkeit von der produzierten Sorte der Faserstoffbahn gewählt werden.

20

Figur 1



Figur 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/070267

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. D21G9/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
D21G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2010/082124 A1 (STEPHENSON BRIAN KENT [US] ET AL) 1 April 2010 (2010-04-01) paragraphs [0024], [0031], [0034]; figures 3,4	1,2,5,6, 8 3,4,7,9
A	----- DE 10 2012 217729 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 17 October 2013 (2013-10-17) cited in the application paragraphs [0014] - [0016], [0018] - [0020]; figure 1	1-9
A	----- EP 1 785 526 A2 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 16 May 2007 (2007-05-16) paragraphs [0007], [0015] - [0018]; figures	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2017

Date of mailing of the international search report

26/10/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pregetter, Mario

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/070267

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010082124 A1	01-04-2010	US 2010082124 A1	01-04-2010
		US 2012023061 A1	26-01-2012

DE 102012217729 A1	17-10-2013	CN 104704168 A	10-06-2015
		DE 102012217729 A1	17-10-2013
		EP 2900868 A1	05-08-2015
		US 2015292158 A1	15-10-2015
		WO 2014048811 A1	03-04-2014

EP 1785526 A2	16-05-2007	DE 102005054825 A1	24-05-2007
		EP 1785526 A2	16-05-2007
		EP 1785527 A2	16-05-2007
		US 2007107867 A1	17-05-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. D21G9/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
D21G

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2010/082124 A1 (STEPHENSON BRIAN KENT [US] ET AL) 1. April 2010 (2010-04-01) Absätze [0024], [0031], [0034]; Abbildungen 3,4	1,2,5,6, 8 3,4,7,9
A	----- DE 10 2012 217729 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 17. Oktober 2013 (2013-10-17) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0014] - [0016], [0018] - [0020]; Abbildung 1	1-9
A	----- EP 1 785 526 A2 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 16. Mai 2007 (2007-05-16) Absätze [0007], [0015] - [0018]; Abbildungen	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Oktober 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/10/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pregetter, Mario

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/070267

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010082124 A1	01-04-2010	US 2010082124 A1	01-04-2010
		US 2012023061 A1	26-01-2012

DE 102012217729 A1	17-10-2013	CN 104704168 A	10-06-2015
		DE 102012217729 A1	17-10-2013
		EP 2900868 A1	05-08-2015
		US 2015292158 A1	15-10-2015
		WO 2014048811 A1	03-04-2014

EP 1785526 A2	16-05-2007	DE 102005054825 A1	24-05-2007
		EP 1785526 A2	16-05-2007
		EP 1785527 A2	16-05-2007
		US 2007107867 A1	17-05-2007
