



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



EP 1 905 894 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.2008 Patentblatt 2008/14

(51) Int Cl.:
D21G 9/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07116542.7**

(22) Anmeldetag: **17.09.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Voith Patent GmbH
89522 Heidenheim (DE)**

(72) Erfinder: **Münch, Rudolf
89551 Königsbronn (DE)**

(30) Priorität: **26.09.2006 DE 102006045786**

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn

(57) Es werden ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, während deren Herstellung beschrieben. Dabei wird mittels eines Messsystems das betreffende Qualitätsmerkmal bei laufender Materialbahn wiederholt über die gesamte Breite der Materialbahn gemessen. Mittels einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit wird die Variabilität des Qualitätsmerkmals durch eine Vari-

anzkomponentenanalyse bestimmt, die auf der Basis der Profilmesswerte eines vorzugsweise mehrere in Maschinenlängsrichtung aufeinanderfolgende CD-Profile umfassenden Messwertsatzes durchgeführt wird, der jeweils während eines vorgebbaren zurückliegenden Zeitfensters aufgenommen wurde. Das Ergebnis dieser Varianzkomponentenanalyse wird zur Regelung des Qualitätsmerkmals heranzogen.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, während deren Herstellung. Bei der Faserstoffbahn kann es sich insbesondere um eine Papier- oder Kartonbahn handeln.

[0002] Qualitätsregelungen an einer Papierbahn beruhen auf zweidimensional erfassten Qualitätsdaten (Profilmesswerte). Die Datenerfassung erfolgt mittels eines Qualitätsmesssystems (QMS) durch Scanner, das heißt traversierende Messsysteme oder durch eine gleichzeitige Erfassung von Qualitätsdaten an vielen Messorten in Querrichtung der Bahn.

[0003] Die erhaltenen Daten werden zunächst in geeigneter Form für eine Regelung in Maschinenlängsrichtung (MD) oder eine Regelung in Maschinenquerrichtung (CD) aufbereitet.

[0004] Bei den bisher bekannten Regelverfahren und -vorrichtungen dient die MD-Regelung der Regelung der mittleren Qualität über die Bahnbreite durch Stelleingriffe im Bereich der Papiermaschine einschließlich des Kalanders oder Coaters oder im Bereich der Nasspartie, das heißt im Bereich der Stoffzuführung der Papiermaschine. Zur MD-Regelung wird also zu jedem Regelzeitpunkt die aktuelle mittlere Papierqualität aus den zurückliegenden Messwerten berechnet, und zwar durch eine Mittelwertbildung sämtlicher Messwerte in Querrichtung zur Bahn. Diese Berechnung der aktuellen mittleren Papierqualität aus den zurückliegenden Messwerten kann durch einen zusätzlichen Einsatz von Filterungen, Extrapolationen, Schätzfunktionen oder ähnlichem noch etwas verbessert werden. Die so erzeugten Daten für die MD-Regelung werden als MD-Profil bezeichnet.

[0005] Die CD-Regelung dient der Regelung der Abweichungen der Papierqualität in CD-Richtung der Papierbahn. Für die CD-Regelung wird also zu jedem Regelzeitpunkt das aktuelle Querprofil der Papierbahn aus den zurückliegenden Messungen berechnet, und zwar durch eine Mittelwertbildung von Messwerten in Längsrichtung der Bahn. Diese Berechnung kann ebenfalls durch einen zusätzlichen Einsatz von Filterungen, Extrapolationen, Schätzfunktionen oder ähnlichem verbessert werden. Die so erzeugten Daten für die CD-Regelung werden auch als CD-Profil bezeichnet.

[0006] Eine MD- oder CD-Regelung beinhaltet Parameter wie zum Beispiel Verstärkungsfaktoren oder Filterparameter zur Messwert-Vorverarbeitung. Fortgeschrittene Regelverfahren berechnen auch die Variabilität des MD- oder CD-Profils und verwenden diese Information zur Optimierung der Regelungsparameter, um, soweit möglich, beispielsweise aggressiver zu regeln. Eine besondere Art dieser Regelungen beinhaltet ein Kalmanfilter, das eine Kovarianzmatrix berechnet, wobei die Varianzwerte Einfluss auf die Filterkonstanten und Regelungsparameter besitzen.

[0007] Aus dem MD- oder CD-Profil lässt sich die Variabilität der Papierqualität nun aber nur unvollständig oder langsam bestimmen. Durch die Berechnung der MD- und CD-Profile unter Verwendung von beispielsweise Mittelwertbildungen wurde die Original-Datenmenge bereits so stark reduziert, dass Information für statistische Aussagen verlorengegangen ist.

[0008] Umfasst beispielsweise eine traversierende Querprofilmessung 200 Profildatenwerte über die Bahnbreite und wird zudem beispielsweise angenommen, dass die Zeitdauer einer Profilmessung 20 Sekunden beträgt und MD-Profilwerte durch Interpolationstechniken alle 5 Sekunden aus den Messdaten des traversierenden Messsystems rechnerisch ermittelt werden, so bedeutet dies, dass aus fünf Traversierungen des Messgerätes in 100 Sekunden nur 20 MD-Profilwerte bestimmt werden. Für statistische Aussagen ist diese Anzahl an MD-Profilwerten nicht sehr groß. Genauere statistische Aussagen erfordern bei einem solchen Vorgehen ein relativ großes zurückreichendes Zeitfenster.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren sowie eine verbesserte Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei denen die erwähnten Probleme beseitigt sind. Dabei soll insbesondere eine aussagekräftigere und schnellere Beurteilung der Variabilität der Bahnqualität möglich sein.

[0010] Eine schnellere und genauere Bestimmung der Variabilität erlaubt es, Regelungssysteme schneller optimal einzustellen, wenn sich die statistische Charakteristik der Profilmesswerte ändert.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, während deren Herstellung, bei dem mittels eines Messsystems das betreffende Qualitätsmerkmal bei laufender Materialbahn wiederholt über die gesamte Breite der Materialbahn gemessen, um Profilmesswerte in Längsrichtung (MD) und Querrichtung (CD) der Bahn zu erhalten.

mittels einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit die Variabilität des Qualitätsmerkmals durch eine Varianzkomponentenanalyse bestimmt wird, die auf der Basis der Profilmesswerte eines vorzugsweise mehrere in Maschinenlängsrichtung aufeinander folgende CD-Profile umfassenden Messwertsatzes durchgeführt wird, der jeweils während eines vorgebbaren zurückliegenden Zeitfensters aufgenommen wurde, und das Ergebnis dieser Varianzkomponentenanalyse zur Regelung des Qualitätsmerkmals mit herangezogen wird.

[0012] Indem sämtliche in einem zurückliegenden Zeitfenster von der Materialbahn erhaltenen einzelnen Messdaten simultan beurteilt und Informationsverluste entsprechend vermieden werden, lässt sich die Variabilität der Materialbahn wesentlich aussagekräftiger beurteilen. So wird nunmehr beispielsweise die MD-Variabilität in einem jeweiligen zurückliegenden Zeitfenster auf der Basis einer sehr hohen Anzahl von Einzelmesswerten anstatt wie bisher lediglich auf der Basis weniger Werte beurteilt. Ändern sich die statistischen Eigenschaften der Materialbahn, so erlaubt die entsprechend

schnellere und präzisere Kenntnis der Variabilität der Bahnqualität eine schnellere Änderung der entsprechenden Parameter der Regelsysteme und Filterungen. Störungen des Produktionsprozesses aufgrund zu großer Regeleingriffe werden auf ein Minimum reduziert. Entsprechende Störungen können auftreten, wenn die Regelung aufgrund zufälliger oder nicht regelbarer Störungen trotzdem stark reagiert und damit unnötige Prozesseingriffe durchführt. Solche Störungen sind also erfindungsgemäß praktisch ausgeschlossen.

[0013] Eine bevorzugte praktische Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass die Variabilität des Qualitätsmerkmals mittels der Varianzkomponentenanalyse von Profilmesswerten in eine CD-Variabilitätskomponente in Maschinenquerrichtung (CD), in eine MD-Variabilitätskomponente in Maschinenlängsrichtung (MD) und in eine Residual-Variabilitätskomponente aufgeteilt wird und/oder aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet werden und dass die Variabilitätskomponenten bzw. Konfidenzintervalle zur Regelung des Qualitätsmerkmals mit herangezogen werden.

[0014] Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn die einzelnen Profilmesswerte eines jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatzes mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinheit in einer Matrix angeordnet werden, in deren Zeilen oder Spalten jeweils CD-Profilmesswerte und in deren Spalten bzw. Zeilen jeweils MD-Profilmesswerte enthalten sind.

[0015] Vorteilhafterweise werden die in einem jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatz enthaltenen Profilmesswerte bezüglich ihres Beitrages zu der zu bestimmenden Variabilität des Qualitätsmerkmals zumindest teilweise in Abhängigkeit davon, wie weit sie gegenüber dem aktuellen Zeitpunkt der Variabilitätsbestimmung zeitlich zurückliegen, unterschiedlich gewichtet. Dabei werden zeitlich relativ weiter zurückliegende Profilmesswerte bevorzugt relativ geringer gewichtet.

[0016] Zweckmäßigerweise wird die Varianzkomponentenanalyse jeweils dann wiederholt, wenn mittels des Messsystems eine vorgebbare Anzahl neuer Profilmesswerte gemessen wurde.

[0017] Das Ergebnis einer jeweiligen Varianzkomponentenanalyse kann mit Vorteil beispielsweise zur entsprechenden Änderung des Verhaltens wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems herangezogen werden.

[0018] Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn wenigstens ein Regelungsparameter und/oder wenigstens ein Filterparameter wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems in Abhängigkeit vom Ergebnis einer jeweiligen Varianzanalyse variabel einstellbar ist.

[0019] Die Varianzkomponentenanalyse kann vorteilhafterweise auf wenigstens einem der folgenden Algorithmen beruhen: TAPPI TIP 1101, TAPPI T585, Exakte Varianzanalyse DAHLIN. Die Exakte Varianzanalyse wird weiter unten noch näher beschrieben. Diese Algorithmen sind im Einzelnen in den folgenden Veröffentlichungen beschrieben:

Dahlin, E.B., "Computational Methods in a Dedicated Computer System for Measurement and Control on Paper Machines", Tappi Journal, 53, No. 6: 1100-1105, 1970;

Tappi T585 om-93, "Cross-machine grammage profile measurement (gravimetric method)", 1993;

Tappi TIP1101-01, "Calculation and partitioning of variance using paper machine scanning sensor measurements", Issued 1996, Corrected 1997.

[0020] Bei manchen Algorithmen zur Varianzkomponentenanalyse werden die Residual-Variabilitätskomponente als die sogenannten kurzzeitigen "Short-Term"-Abweichungen gedeutet bzw. bezeichnet. Im Übrigen kann der betreffende Algorithmus beispielsweise zumindest im Wesentlichen einen der zuvor genannten Algorithmen entsprechen.

[0021] Z.B. sind auch rekursive Formen der Varianzkomponentenanalyse denkbar. Bei einem rekursiven Algorithmus werden neu erfasste Messdaten mit dem letzten Ergebnis der Varianzkomponentenanalyse so verknüpft, dass man als Ergebnis eine aktualisierte Varianzkomponentenanalyse erhält.

[0022] Die CD-Variabilitätskomponente und die MD-Variabilitätskomponente können vorteilhafterweise durch Wellenlängenanalyse jeweils in einen regelbaren Anteil und einen nicht regelbaren Anteil aufgeteilt werden.

[0023] Eine im Vergleich zu den aktuellen CD- und MD-Variabilitätskomponenten bzw. regelbaren CD- und MD-Anteilen relativ große Residual-Variabilitätskomponente wird mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinheit bevorzugt so verwendet, dass wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem relativ langsamer und/oder relativ schwächer auf den Herstellungsprozess einwirkt.

[0024] Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn eine im Vergleich zu den aktuellen CD- und MD-Variabilitätskomponenten bzw. regelbaren CD- und MD-Anteilen relativ große Residual-Variabilitätskomponente so berücksichtigt wird, dass vor der Berechnung der jeweiligen Stellgröße für wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem die Messdaten relativ stärker gefiltert werden.

[0025] Eine weitere bevorzugte praktische Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet werden und anhand dieser Konfidenzintervalle Unterschieden wird zwischen einer jeweiligen auf einer real vorhandenen Ursache beruhenden Profilabweichung und einer zumindest im

Wesentlichen nur auf einer Residual-Variabilitätskomponente beruhenden Abweichung.

[0026] Dabei wird bevorzugt mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem dann für einen Eingriff in den Herstellungsprozess aktiviert, wenn anhand wenigstens eines Konfidenzintervalls festgestellt wurde, dass die betreffende Abweichung auf einer real vorhandenen Ursache beruht.

[0027] Vorteilhafterweise wird mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem dann, wenn anhand wenigstens eines Konfidenzintervalls festgestellt wurde, dass die betreffende Abweichung zumindest im Wesentlichen nur auf einer Residual-Variabilitätskomponente beruht, so angesteuert, dass es relativ schwächer oder gar nicht in den Herstellungsprozess eingreift.

Beispiele:

[0028]

- 15 K_w : wirksame Regelungsverstärkung
- K_0 : Regelungsparameter
- VarRES: Residualvarianz
- VarCD: CD-Varianz
- VarCD_R: Regelbarer Anteil der CD-Varianz

[0029] Erfnungsgemäß könnten also beispielhaft folgende Formeln verwendet werden, um eine wirksame Regelungsverstärkung zu bestimmen:

a)

$$K_w = K_0 \cdot \frac{1}{\text{VarRES}}$$

b)

$$K_w = K_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{\text{VarRes}}}$$

c)

$$K_w = K_0 \cdot \frac{\text{VarCD}_R}{\text{VarRES}}$$

d)

$$K_w = K_0 \cdot \sqrt{\frac{\text{VarCD}}{\text{VarRES}}}$$

[0030] Natürlich können auch Variationen verwendet werden, z.B. durch Addition von Konstanten, Multiplikation mit

weiteren Parametern, komplexere Funktionen, Berücksichtigung von Begrenzungen etc.

[0031] Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle bei der Beurteilung der Güte eines in der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung als Software hinterlegten, der Qualitätsregelung dienenden Prozessmodells herangezogen werden.

5 [0032] Zweckmäßigerweise wird dabei mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung eine jeweilige Abweichung der Ausgangswerte des Prozessmodells von den aufgenommenen Profilmesswerten ermittelt und eine jeweilige ermittelte Abweichung bei einer relativ höheren Variabilität des Qualitätsmerkmals und/oder einer relativ geringeren Konfidenz relativ geringer gewichtet und/oder vor einer weiteren Verwendung relativ stärker gefiltert.

10 [0033] Die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle können bei einer Veränderung des in der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung als Software hinterlegten, der Qualitätsregelung dienenden Prozessmodells mit berücksichtigt werden. Dabei werden die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle bevorzugt in Form von Adoptionsparametern mit berücksichtigt, die das Verhalten des Modells ändern.

15 [0034] Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung das Prozessmodell bei einer relativ höheren Variabilität des Qualitätsmerkmals und/oder einer relativ geringeren Konfidenz dem über die Profilmesswerte gemessenen Prozess relativ langsamer nachgeführt wird.

[0035] Bei dem oder den zu regelnden Qualitätsmerkmalen der Materialbahn, insbesondere Papier- oder Kartonbahn kann es sich beispielsweise um das Flächengewicht, den Feuchtegehalt, die Bahndicke usw. handeln.

20 [0036] Die weiter oben angegebene Aufgabe wird erfundungsgemäß zudem gelöst durch eine Vorrichtung zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, während deren Herstellung, insbesondere zur Durchführung des erfundungsgemäßigen Verfahrens, mit

einem Messsystem zur wiederholten Messung des betreffenden Qualitätsmerkmals bei laufender Materialbahn über die gesamte Breite der Materialbahn und

25 einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit zur Bestimmung der Variabilität des Qualitätsmerkmals durch eine Varianzkomponentenanalyse auf der Basis der einzelnen Profilmesswerte eines vorzugsweise mehrere in Maschinenlängsrichtung aufeinander folgende CD-Profilen umfassenden Messwertsatzes, der jeweils während eines vorgebbaren zurückliegenden Zeitfensters aufgenommen wurde,

30 wobei die elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit so ausgelegt ist, dass die Regelung des Qualitätsmerkmals in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Varianzkomponentenanalyse mehr oder weniger stark in den Prozess eingreift.

[0037] Dabei ist die elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinheit bevorzugt so ausgelegt, dass die Variabilität des Qualitätsmerkmals mittels der Varianzkomponentenanalyse in eine CD-Variabilitätskomponente in Maschinenquerrichtung (CD), in eine MD-Variabilitätskomponente in Maschinenlängsrichtung (MD) und in eine Residual-Variabilitätskomponente aufgeteilt wird und/oder aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet werden und dass die Regelung des Qualitätsmerkmals in Abhängigkeit von den Variabilitätskomponenten bzw. Konfidenzintervallen erfolgt.

[0038] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

40 [0039] Die einzige Figur der Zeichnung zeigt eine vereinfachte schematische Prinzipdarstellung einer Vorrichtung zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, während deren Herstellung. Im vorliegenden Fall ist diese Vorrichtung eine Nasspartie (Wet End) sowie eine Papiermaschine (bzw. Coater, Kalander) umfassenden Anlage zur Herstellung einer Papier- oder Kartonbahn zugeordnet. Die Vorrichtung dient hier also beispielsweise der Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer Papier- oder Kartonbahn.

45 [0040] Die Regelungsvorrichtung umfasst ein Messsystem 10 zur wiederholten Messung des betreffenden Qualitätsmerkmals bei laufender Material- bzw. Papierbahn über die gesamte Breite der Materialbahn. Wie anhand der Figur 1 zu erkennen ist, ist dieses Messsystem 10 typischerweise am Ende der Papiermaschine 12 (bzw. Coater, Kalander) angeordnet.

50 [0041] Zudem umfasst die Regelungsvorrichtung eine elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinheit 14 zur Bestimmung der Variabilität des Qualitätsmerkmals durch eine Varianzkomponentenanalyse auf der Basis der aufgenommenen Profilmesswerte eines vorzugsweise mehrere in Maschinenlängsrichtung aufeinanderfolgende CD-Profilen umfassenden Messwertsatzes, der jeweils während eines vorgebbaren zurückliegenden Zeitfensters aufgenommen wurde.

[0042] Dabei ist die elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinheit 14 so ausgelegt, dass die Regelung des Qualitätsmerkmals in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Varianzkomponentenanalyse erfolgt.

55 [0043] Die Variabilität des Qualitätsmerkmals kann mittels der Varianzkomponentenanalyse in eine CD-Variabilitätskomponente in Maschinenquerrichtung (CD, cross direction), in eine MD-Variabilitätskomponente in Maschinenlängsrichtung (MD, machine direction) und in eine Residual-Variabilitätskomponente aufgeteilt werden. Alternativ oder zusätzlich können aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet

werden. Die berechneten Variabilitätskomponenten bzw. Konfidenzintervalle werden zur Regelung des Qualitätsmerkmals herangezogen.

[0044] Die einzelnen CD- und MD-Profilmesswerte eines jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatzes können mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinheit insbesondere in einer Matrix angeordnet werden, in deren Zeilen oder Spalten jeweils CD-Profilmesswerte und in deren Spalten bzw. Zeilen jeweils MD-Profilmesswerte enthalten sind.

[0045] Die in einem jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatz enthaltenen Profilmesswerte können bezüglich ihres Beitrages zu der zu bestimmenden Variabilität des Qualitätsmerkmals zumindest teilweise in Abhängigkeit davon, wie weit sie gegenüber dem aktuellen Zeitpunkt der Variabilitätsbestimmung zeitlich zurückliegen, unterschiedlich gewichtet werden. Dabei können zeitlich relativ weiter zurückliegende Profilmesswerte insbesondere relativ geringer gewichtet werden.

[0046] Die Varianzkomponentenanalyse kann jeweils dann wiederholt werden, wenn mittels des Messsystems 10 eine vorgebbare Anzahl neuer Profilmesswerte gemessen wurde.

[0047] Das Ergebnis einer jeweiligen Varianzkomponentenanalyse kann zur entsprechenden Änderung des Verhaltens wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems herangezogen werden.

[0048] Es kann beispielsweise wenigstens ein Regelungsparameter und/oder wenigstens ein Filterparameter wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems in Abhängigkeit vom Ergebnis einer jeweiligen Varianzkomponentenanalyse variabel einstellbar sein.

[0049] Die Varianzkomponentenanalyse kann beispielsweise auf wenigstens einem der folgenden Algorithmen beruhen: TAPPI TIP 1101, TAPPI T585, DAHLIN Exakte Varianzanalyse (siehe die oben angegebene Literatur). Die Exakte Varianzanalyse wird auch weiter unten nochmals näher erläutert.

[0050] Die Aufteilung in eine CD-Variabilitätskomponente, eine MD-Variabilitätskomponente und eine Residual-Variabilitätskomponente muss hinreichend exakt sein, um für die betreffende Regelung die richtigen Schlussfolgerungen ziehen zu können. Eine unterschätzte Größe bei der Beurteilung eines jeweiligen Papierqualitätsmerkmals ist das Restprofil, auch Residual genannt. Der Residual-Anteil der Bahnabweichung ist dadurch bestimmt, dass er weder der Maschinenlängsrichtung (MD) noch der Maschinenquerrichtung (CD) zugeordnet werden kann. Er kennzeichnet also zufällige Qualitätsstörungen. Der Residual-Anteil wird vom Papiermacher als "lebende" Querprofile wahrgenommen: Das Querprofil ist schlecht und ändert sich laufend; die Spitzen im Querprofil sind nicht ortsfest und kehren sich manchmal um.

[0051] Dennoch kommt der Papiermacher häufig zu dem Ergebnis, dass das Querprofil schlecht ist, was auf eine falsche Fährte führt. So ist diese Art von Störungen nämlich auch durch eine verbesserte Querprofilregelung zum Beispiel mit mehr Stellgliedern nicht beherrschbar.

[0052] Die Varianzkomponentenanalyse dient nun dazu, die Verhältnisse gerade zu rücken und deutlich zu unterscheiden, welcher Anteil der angezeigten Profilstörungen stabile Querprofilabweichungen (CD) als Ursache hat, welcher Anteil aus zeitlichen Produktionsstörungen kommt (MD) und wie groß der zufällige Anteil der Abweichungen ist.

[0053] Die Variabilität der Papierbahn entsteht also aus der Überbelagerung von drei Ursachen:

- zeitlich stabile Querprofilabweichung (CD)
- Längsprofilabweichung (MD), die die gesamte Bahnbreite gleichmäßig betrifft
- Residual-Abweichung (RES), die örtlich und zeitlich zufällig entsteht.

[0054] Es hat sich gezeigt, dass diese drei Ursachen für Qualitätsabweichungen als statistisch voneinander unabhängig betrachtet werden dürfen, was eine wichtige Voraussetzung für die Varianzkomponentenanalyse ist.

[0055] Der Grundgedanke beispielsweise der Exakten Varianzanalyse besteht nun darin, einen Algorithmus zu finden, der aus den Messwerten der Papierbahn die Amplituden der drei genannten Ursachen korrekt ermittelt. Der Algorithmus für diese Exakte Varianzanalyse ist weiter unten dargestellt. Er erfüllt folgende Anforderungen:

- Die Gesamtvarianz (TOTAL, TOT) wird entsprechend den allgemeinen Gesetzen der Statistik aus der Varianz aller einzelnen Profilmesswerte in MD- und CD-Richtung berechnet (Mittlere quadratische Abweichung vom Mittelwert).
- Die Amplituden der MD-, CD- und RES-Abweichungen werden korrekt ermittelt.
- Die Summe der Varianzen von MD, CD und RES ergibt im Erwartungswert die Gesamtvarianz (TOT).

[0056] Im Folgenden werden die betreffenden Beziehungen für die Exakte Varianzanalyse wiedergegeben:

Formel-Buchstaben:

- X: Matrix mit Messdaten (jede Spalte ist ein Querprofil)
 M, N: Anzahl Messdaten in MD- und CD-Richtung
 I, k: Zähler für die Summenbildung

EP 1 905 894 A1

Mittleres Längs- und Querprofil:

$$5 \quad MD_k = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_{i,k}$$

$$10 \quad CD_i = \frac{1}{M} \cdot \sum_{k=1}^M x_{i,k}$$

15 Mittelwert aller Datenwerte:

$$20 \quad m(X) = \frac{1}{M \cdot N} \cdot \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N x_{i,k}$$

Zwischengrößen zur Berechnung der CD- und MD-Varianz:

$$25 \quad VarResMD = \frac{1}{(N-1) \cdot M} \cdot \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N (x_{i,k} - CD_i)^2$$

$$30 \quad VarResCD = \frac{1}{(M-1) \cdot N} \cdot \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N (x_{i,k} - MD_k)^2$$

Varianz-Anteile (Ergebnis der Varianzanalyse):

$$40 \quad VarTOT = \frac{1}{N \cdot M - 1} \cdot \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N (x_{i,k} - m(x))^2$$

$$45 \quad VarRES = \frac{1}{(M-1) \cdot (N-1)} \cdot \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N (x_{i,k} - CD_i - MD_k + m(x))^2$$

$$50 \quad VarMD = \frac{N}{(N-1) \cdot M} \cdot \left[\sum_{k=1}^M (MD_k - m(x))^2 \right] - \frac{1}{N} \cdot VarResMD$$

$$\text{VarCD} = \frac{M}{(M-1) \cdot N} \cdot \left[\sum_{i=1}^M (CD_i - m(x))^2 \right] - \frac{1}{M} \cdot \text{Var ResCD}$$

5

[0057] Die Kenntnis der Streuung der Varianz kann verwendet werden, um Konfidenzintervalle (Vertrauensbereiche) der Varianzanalyse anzugeben. Je kleiner die Stichprobe ist, desto größer ist die statistische Unsicherheit der Analyse und desto größer sind die Vertrauensbereiche.

[0058] Die Angabe von Konfidenzintervallen hilft den Wert der statistischen Aussagen anhand von Stichproben zu relativieren.

[0059] Für ein Regelungssystem kann es zweckmäßig sein, die Varianzanteile basierend auf einer relativ kleinen Anzahl von Profilen zu berechnen. In Verbindung mit den Konfidenzintervallen lassen sich so zufällige Profilschwankungen von regelbaren Schwankungen mit realer Ursache unterscheiden.

[0060] Es hat sich gezeigt, dass die Variabilität der Papierbahn wesentlich aussagekräftiger beurteilt werden kann, wenn man alle einzelnen Messdaten der Papierbahn in einem zurückliegenden Zeitfenster simultan beurteilt. So lässt sich bei dem eingangs erwähnten Beispiel zum Beispiel die MD-Variabilität der Papierbahn in den letzten 100 Sekunden beurteilen auf der Basis von 500 Einzelmesswerten, anstatt auf typischerweise 20 MD-Werten, wie sie bisher üblicherweise verwendet wurden. Die schnelle und präzise Kenntnis der Variabilität erlaubt eine schnelle Änderung der entsprechenden Parameter der Regelungen und Filterungen, falls sich die statistischen Eigenschaften der Papierbahn ändern. Störungen des Produktionsprozesses durch zu große Regeleingriffe werden auf ein Minimum reduziert. Solche Störungen können auftreten, wenn die Regelung aufgrund zufälliger oder nicht regelbarer Störungen trotzdem stark reagiert und damit unnötige Prozesseingriffe durchführt.

[0061] Die in einem jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatz enthaltenen Profilmesswerte können bezüglich ihres Beitrages zu der zu bestimmenden Variabilität des Qualitätsmerkmals zumindest teilweise in Abhängigkeit davon, wie weit sie gegenüber dem aktuellen Zeitpunkt der Variabilitätsbestimmung zeitlich zurückliegen, unterschiedlich gewichtet werden. Dabei können zeitlich relativ weiter zurückliegende Profilmesswerte insbesondere geringer gewichtet werden.

[0062] Die Varianzkomponentenanalyse kann jeweils dann wiederholt werden, wenn mittels des Messsystems eine vorgebbare Anzahl neuer Profilmesswerte gemessen wurde.

[0063] Das Ergebnis einer jeweiligen Varianzkomponentenanalyse kann zur entsprechenden Änderung des Verhaltens wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems herangezogen werden.

[0064] Es kann beispielsweise wenigstens ein Regelungsparameter und/oder wenigstens ein Filterparameter wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems in Abhängigkeit vom Ergebnis einer jeweiligen Varianzanalyse variabel einstellbar sein.

[0065] Außer auf der soeben beschriebenen Exakten Varianzanalyse kann die Varianzkomponentenanalyse beispielsweise auch auf wenigstens einen der folgenden Algorithmen beruhen: TAPPI TIP 1101, TAPPI T585, DAHLIN Exakte Varianzanalyse.

[0066] Bei dem der Varianzkomponentenanalyse zugrunde liegenden Algorithmus können beispielsweise "Short-Term"-Abweichungen berechnet werden, die in etwa auch als Residualkomponente gedeutet werden können.

[0067] Die CD-Variabilitätskomponente und die MD-Variabilitätskomponente können jeweils in einen regelbaren Anteil und einen nicht regelbaren Anteil aufgeteilt werden.

[0068] Eine im Vergleich zu den aktuellen CD- und MD-Variabilitätskomponenten bzw. regelbaren CD- und MD-Anteilen relativ große Residual-Variabilitätskomponente kann mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinheit 14 insbesondere so verwendet werden, dass wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem relativ langsamer und/oder relativ schwächer auf dem Herstellungsprozess einwirkt.

[0069] Grundsätzlich ist es auch möglich, dass eine im Vergleich zu den aktuellen CD- und MD-Variabilitätskomponenten bzw. regelbaren CD- und MD-Anteilen relativ große Residual-Variabilitätskomponente so berücksichtigt wird, dass vor der Berechnung der jeweiligen Stellgröße für wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem die Messdaten relativ stärker gefiltert werden.

[0070] Wie bereits erwähnt, können mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet werden, und es kann anhand dieser Konfidenzintervalle unterschieden werden zwischen einer jeweiligen auf einer real vorhandenen Ursache beruhenden Profilabweichung und einer zumindest im Wesentlichen nur auf einer Residual-Variabilitätskomponente beruhenden Abweichung.

[0071] Dabei kann mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem dann für einen Eingriff in den Herstellungsprozess aktiviert werden, wenn

anhand wenigstens eines Konfidenzintervalls festgestellt wurde, dass die betreffende Abweichung aus einer real vorhandenen Ursache beruht.

[0072] Denkbar ist insbesondere auch, dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem dann, wenn anhand wenigstens eines Konfidenzintervalls festgestellt wurde, dass die betreffende Abweichung zumindest im Wesentlichen nur auf einer Residual-Variabilitätskomponente beruht, so angesteuert werden, dass es relativ schwächer oder gar nicht in den Herstellungsprozess eingreift.

[0073] Die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle können auch bei der Beurteilung der Güte eines in der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 als Software hinterlegten, der Qualitätsregelung dienenden Prozessmodells herangezogen werden. Dabei kann mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 eine jeweilige Abweichung der Ausgangswerte des Prozessmodells von den aufgenommenen Profilmesswerten ermittelt und eine jeweilige ermittelte Abweichung bei einer relativ höheren Variabilität des Qualitätsmerkmals und/oder einer relativ geringeren Konfidenz relativer geringer gewichtet und/oder vor einer weiteren Verwendung relativ stärker gefiltert werden.

[0074] Die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle können insbesondere auch bei einer Veränderung des in der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 als Software hinterlegten, der Qualitätsregelung dienenden Prozessmodells mit berücksichtigt werden. Dabei können die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle beispielsweise durch Adoptionsparameter mit berücksichtigt werden.

[0075] Denkbar ist insbesondere auch, dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung 14 das Prozessmodell bei einer relativ höheren Variabilität des Qualitätsmerkmals und/oder einer relativ geringeren Konfidenz dem insbesondere über die Profilmesswerte gemessenen Prozess relativ langsamer nachgeführt wird.

Bezugszeichenliste

[0076]

- 10 Messsystem
- 12 Papiermaschine
- 14 elektrische Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faserstoffbahn, während deren Herstellung, bei dem

mittels eines Messsystems (10) das betreffende Qualitätsmerkmal bei laufender Materialbahn wiederholt über die gesamte Breite der Materialbahn gemessen wird,
mittels einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit (14) die Variabilität des Qualitätsmerkmals durch eine Varianzkomponentenanalyse bestimmt wird, die auf der Basis der Profilmesswerte eines vorzugsweise mehrere in Maschinenlängsrichtung aufeinander folgende CD-Profile umfassenden Messwertsatzes durchgeführt wird, der jeweils während eines vorgebbaren zurückliegenden Zeitfensters aufgenommen wurde, und das Ergebnis dieser Varianzkomponentenanalyse zur Regelung des Qualitätsmerkmals mit herangezogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Variabilität des Qualitätsmerkmals mittels der Varianzkomponentenanalyse in eine CD-Variabilitätskomponente in Maschinenquerrichtung (CD), in eine MD-Variabilitätskomponente in Maschinenlängsrichtung (MD) und in eine Residual-Variabilitätskomponente aufgeteilt wird und/oder aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet werden und dass die Variabilitätskomponenten bzw. Konfidenzintervalle zur Regelung des Qualitätsmerkmals mit herangezogen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Profilmesswerte eines jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatzes mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinheit (14) in einer Matrix angeordnet werden, in deren Zeilen oder Spalten jeweils CD-Profilmesswerte und in deren Spalten bzw. Zeilen jeweils MD-Profilmesswerte enthalten sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die in einem jeweiligen einer Varianzkomponentenanalyse zu unterziehenden Messwertsatz enthaltenen Profilmesswerte bezüglich ihres Beitrages zu der zu bestimmenden Variabilität des Qualitätsmerkmals zumindest teilweise in Abhängigkeit davon, wie weit sie gegenüber dem aktuellen Zeitpunkt der Variabilitätsbestimmung zeitlich zurückliegen, unterschiedlich gewichtet werden.

5 **5.** Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass zeitlich relativ weiter zurückliegende Profilmesswerte relativ geringer gewichtet werden.

10 **6.** Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

die Berechnung der Varianzkomponentenanalyse rekursiv erfolgt.

15 **7.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Varianzkomponentenanalyse jeweils dann wiederholt wird, wenn mittels des Messsystems (10) eine vorhbare Anzahl neuer Profilmesswerte gemessen wurde.

20 **8.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Ergebnis einer jeweiligen Varianzkomponentenanalyse zur entsprechenden Änderung des Verhaltens wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems herangezogen wird.

25 **9.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass wenigstens ein Regelungsparameter und/oder wenigstens ein Filterparameter wenigstens eines zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenen Regelungssystems in Abhängigkeit vom Ergebnis einer jeweiligen Varianzanalyse variabel einstellbar ist.

30 **10.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Varianzkomponentenanalyse auf wenigstens einem der folgenden Algorithmen beruht: TAPPI TIP 1101, TAPPI T585, DAHLIN Exakte Varianzanalyse oder ein im Wesentlichen ähnlicher Algorithmus.

35 **11.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass bei dem der Varianzkomponentenanalyse zugrunde liegenden Algorithmus "Short-Term"-Abweichungen berechnet werden, die in etwa auch als Residualkomponente gedeutet werden können.

40 **12.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die CD-Variabilitätskomponente und die MD-Variabilitätskomponente jeweils in einen regelbaren Anteil und einen nicht regelbaren Anteil aufgeteilt werden.

45 **13.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine im Vergleich zu den aktuellen CD- und MD-Variabilitätskomponenten bzw. regelbaren CD- und MD-Anteilen relativ große Residual-Variabilitätskomponente mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinheit (14) so verwendet wird, dass wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem relativ langsamer und/oder relativ schwächer auf den Herstellungsprozess einwirkt.

55 **14.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine im Vergleich zu den aktuellen CD- und MD-Variabilitätskomponenten bzw. regelbaren CD- und MD-Anteilen relativ große Residual-Variabilitätskomponente vor der Berechnung der jeweiligen Stellgröße für wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem die Messdaten relativ stärker gefiltert werden.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das MD-Profil berechnet werden und anhand dieser Konfidenzintervalle unterschieden wird zwischen einer jeweiligen auf einer real vorhandenen Ursache beruhenden Profilabweichung und einer zumindest im Wesentlichen nur auf einer Residual-Variabilitätskomponente beruhenden Abweichung.
- 5
16. Verfahren nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem dann für einen Eingriff in den Herstellungsprozess aktiviert wird, wenn anhand wenigstens eines Konfidenzintervalls festgestellt wurde, dass die betreffende Abweichung auf einer real vorhandenen Ursache beruht.
- 10
- 15 17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) wenigstens ein zur Regelung des Qualitätsmerkmals vorgesehenes Regelungssystem dann, wenn anhand wenigstens eines Konfidenzintervalls festgestellt wurde, dass die betreffende Abweichung zumindest im Wesentlichen nur auf einer Residual-Variabilitätskomponente beruht, so angesteuert wird, dass es relativ schwächer oder gar nicht in den Herstellungsprozess eingreift.
- 20
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle bei der Beurteilung der Güte eines in der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung als Software hinterlegten, der Qualitätsregelung dienenden Prozessmodells herangezogen werden.
- 25
19. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) eine jeweilige Abweichung der Ausgangswerte des Prozessmodells von den aufgenommenen Profilmesswerten ermittelt und eine jeweilige ermittelte Abweichung bei einer relativ höheren Variabilität des Qualitätsmerkmals und/oder einer relativ geringeren Konfidenz relativ geringer gewichtet und/oder vor einer weiteren Verwendung relativ stärker gefiltert wird.
- 30
- 35 20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle bei einer Veränderung eines in der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) als Software hinterlegten, der Qualitätsregelung dienenden Prozessmodells mit berücksichtigt werden.
- 40
21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass die berechneten Variabilitätskomponenten und/oder Konfidenzintervalle durch Adoptionsparameter mit berücksichtigt werden.
- 45
22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels der Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (14) das Prozessmodell bei einer relativ höheren Variabilität des Qualitätsmerkmals und/oder einer relativ geringeren Konfidenz dem insbesondere über die Profilmesswerte gemessenen Prozess relativ langsamer nachgeführt wird.
- 50
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet ,
dass bei der Varianzkomponentenanalyse entweder die MD-Varianz oder die CD-Varianz nicht explizit bestimmt wird.
- 55
24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass das gemessene Qualitätsmerkmal die Feuchte, Dicke, die flächenbezogene Masse oder der Füllstoffgehalt ist.

25. Vorrichtung zur Regelung wenigstens eines Qualitätsmerkmals einer laufenden Materialbahn, insbesondere Faser-
stoffbahn, während deren Herstellung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherge-
henden Ansprüche, mit

5 einem Messsystem (10) zur wiederholten Messung des betreffenden Qualitätsmerkmals bei laufender Materi-
albahn über die gesamte Breite der Materialbahn und
10 einer elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit (14) zur Bestimmung der Variabilität des Qualitätsmerk-
mals durch eine Varianzkomponentenanalyse auf der Basis der Profilmesswerte eines vorzugsweise mehrere
in Maschinenlängsrichtung aufeinander folgende CD-Profiles umfassenden Messwertsatzes, der jeweils wäh-
rend eines vorgebbaren zurückliegenden Zeitfensters aufgenommenen wurde,

15 wobei die elektronischen Steuer- und/oder Auswerteeinheit (14) so ausgelegt ist, dass die Regelung des Qualitäts-
merkmals in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Varianzkomponentenanalyse mehr oder weniger stark in den
Prozess eingreift.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25,

dadurch gekennzeichnet,

20 **dass** die elektronische Steuer- und/oder Auswerteeinheit (14) so ausgelegt ist, dass die Variabilität des Qualitäts-
merkmals mittels der Varianzkomponentenanalyse in eine CD-Variabilitätskomponente in Maschinenquer-richtung
(CD), in eine MD-Variabilitätskomponente in Maschinenlängsrichtung (MD) und in eine Residual-Variabilitätskom-
ponente aufgeteilt wird und/oder aus ermittelten Varianzwerten Konfidenzintervalle für das CD-Profil und/oder das
25 MD-Profil berechnet werden und dass die Regelung des Qualitätsmerkmals in Abhängigkeit von den Variabilitäts-
komponenten bzw. Konfidenzintervallen erfolgt.

27. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

30 **dass** bei der Varianzkomponentenanalyse entweder die MD-Varianz oder die CD-Varianz nicht explizit bestimmt
wird.

28. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

35 **dass** das gemessene Qualitätsmerkmal die Feuchte, Dicke, die flächenbezogene Masse oder der Füllstoffgehalt ist.

35

40

45

50

55

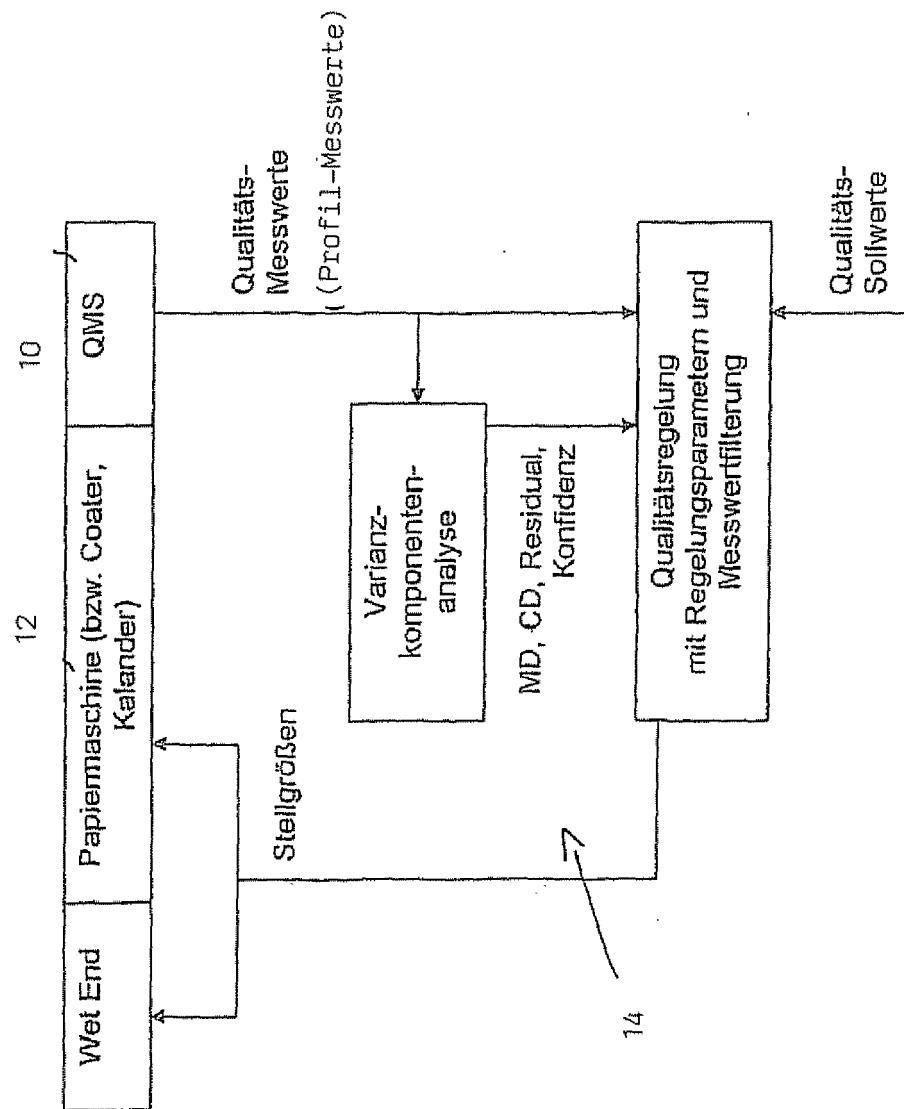


Fig. 1



| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE | | | |
|---|---|--|------------------------------------|
| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betreift Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| A | US 2003/014147 A1 (IGNAGNI MARIO [US] ET AL) 16. Januar 2003 (2003-01-16) * das ganze Dokument * ----- | 1,25 | INV. D21G9/00 |
| D,A | DAHLIN E B: "COMPUTATIONAL METHODS IN A DEDICATED COMPUTER SYSTEM FOR MEASUREMENT AND CONTROL ON PAPER MACHINES" TAPPI, TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP & PAPER INDUSTRY. ATLANTA, US, Bd. 53, Nr. 6, Juni 1970 (1970-06), Seiten 1100-1105, XP009092665 * das ganze Dokument * ----- | 1,25 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC) |
| | | | D21G |
| 1 | Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | |
| EPOFORM 1503 03.82 (P04C03) | Recherchenort München | Abschlußdatum der Recherche 18. Dezember 2007 | Prüfer Helpiö, Tomi |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE | | | |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze | | |
| Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie | E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist | | |
| A : technologischer Hintergrund | D : in der Anmeldung angeführtes Dokument | | |
| O : nichtschriftliche Offenbarung | L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument | | |
| P : Zwischenliteratur | & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument | | |

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 11 6542

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-12-2007

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2003014147 A1 | 16-01-2003 | KEINE | ----- |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 Nicht-Patentliteratur

- **DAHLIN, E.B.** Computational Methods in a Dedicated Computer System for Measurement and Control on Paper Machines. *Tappi Journal*, 1970, vol. 53 (6), 1100-1105 [0019]