



(11) **EP 4 491 793 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.01.2025 Patentblatt 2025/03

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
D21F 3/00 ^(2006.01) **D21F 5/06** ^(2006.01)
D21F 7/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24186474.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
D21F 3/00; D21F 5/06; D21F 7/00

(22) Anmeldetag: **04.07.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

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

(72) Erfinder:
• **Haag Dr., Jens**
89518 Heidenheim (DE)
• **KOLHAGEN, Tobias**
88212 Ravensburg (DE)

(30) Priorität: **13.07.2023 DE 102023118517**

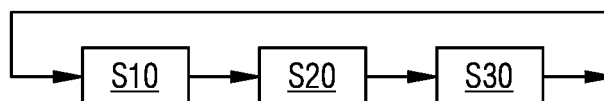
(74) Vertreter: **Voith Patent GmbH - Patentabteilung**
St. Pöltener Straße 43
89522 Heidenheim (DE)

(54) **STEUERN WENIGSTENS EINER KOMPONENTE EINER PRESSEN- UND/ODER TROCKENPARTIE EINER PAPIERMASCHINE**

(57) Ein Verfahren zum Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Papiermaschine umfasst die mehrfach wiederholten Schritte: Variieren (S10) einer ersten Steuergröße einer ersten Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine, Ermitteln (S20) von Werten eines Güte-

kriteriums für dabei angefahrne Arbeitspunkte, Ermitteln (S30) einer ersten Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums, und Verschieben (S10) der ersten Steuergröße in der ersten Richtung.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Steuerung zum Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Maschine zur Herstellung von Papier, Karton, Pappe oder dergleichen ("Papiermaschine"), eine solche Papiermaschine sowie ein Computerprogramm bzw.

[0002] Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines hier beschriebenen Verfahrens.

[0003] Eine Aufgabe einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es, den Betrieb einer Papiermaschine und/oder ein von dieser hergestelltes Produkt zu verbessern.

[0004] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. 8 gelöst. Ansprüche 9-11 stellen eine Steuerung bzw. Papiermaschine bzw. Computerprogramm bzw. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines hier beschriebenen Verfahrens unter Schutz. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

[0005] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist eine Papiermaschine, unter der vorliegend eine Maschine, insbesondere Anlage, verstanden wird, die zur Herstellung von Faserstoffbahnen aus Papier, Karton, Pappe oder dergleichen eingerichtet ist bzw. verwendet wird, eine Einrichtung bzw. Baugruppe auf, die ihrerseits

- eine Pressenpartie, die die Faserstoffbahn unter mechanischer Druckbeaufschlagung entwässert bzw. hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird und (hierzu vorzugsweise einen oder mehrere Pressnips aufweist; und/oder
- eine, vorzugsweise einer bzw. der Pressenpartie nachgelagerte, Trockenpartie, die thermisch (weiteres) Wasser aus der Faserstoffbahn entfernt bzw. hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird und hierzu vorzugsweise einen oder mehrere Trockenzylinder aufweist;

aufweist und daher vorliegend als "Pressen- und/oder Trockenpartie" bezeichnet wird. Entsprechend kann eine Pressen- und/oder Trockenpartie im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere eine solche Pressenpartie oder eine solche Trockenpartie oder eine Kombination einer solchen Pressenpartie und einer solchen Trockenpartie sein. Zusätzlich kann die Papiermaschine in an sich bekannter Weise eine der Pressen- und/oder Trockenpartie vorgelagerte Siebpartie und/oder einen der Pressen- und/oder Trockenpartie oder gegebenenfalls Siebpartie vorgelagerten Stoffauflauf und/oder einen der Pressen- und/oder Trockenpartie oder gegebenenfalls Siebpartie oder gegebenenfalls dem Stoffauflauf vorgelagerten sogenannten Konstantteil zum Bereitstellen, Reinigen und/oder Verdünnen eines Ausgangswerkstoffes für die Papiermaschine, vorzugsweise einer Faserstoffsuspension, und/oder eine der Pressen- und/oder

Trockenpartie nachgelagerte Bearbeitungssektion aufweisen, die vorzugsweise eine Aufrollung aufweist, insbesondere sein kann,

[0006] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist die Papiermaschine eine Steuerung auf, welche wenigstens eine Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie, die vorliegend als erste Komponente bezeichnet wird, steuert bzw. hierzu eingerichtet ist bzw. verwendet wird. Die Bezeichnungen "erste", "zweite" und dergleichen stellen vorliegend keine Beschränkung der Allgemeinheit, insbesondere keine Indizierung einer Position, Priorität oder dergleichen, dar.

[0007] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist ein Verfahren zum Steuern einer oder mehrerer Komponenten der Pressen- und/oder Trockenpartie der Papiermaschine die mehrfach, in einer Ausführung fortlaufend, wiederholten Schritte auf:

- Variieren einer (ersten) Steuergröße der ersten Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie zum Anfahren verschiedener Arbeits- bzw. Betriebspunkte der Papiermaschine;
- Ermitteln von Werten eines Gütekriteriums für dabei angefahrte Arbeitspunkte;
- Ermitteln einer (ersten) Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, in einer Ausführung eines Gradienten des Gütekriteriums, eines Vorzeichens der Verschiebung oder dergleichen, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
- Verschieben der ersten Steuergröße in der ersten Richtung.

[0008] Einer Ausführung der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis, dass eine modellbasierte Regelung einer Komponente einer Trockenpartie und ganz besonders einer Pressenpartie einer Papiermaschine aufgrund des schwierig zu modellierenden und sich ständig, insbesondere mit variierenden und schwer erfassbaren Umgebungsbedingungen, Ausgangswerkstoffen, mechanischen Abnutzungen und dergleichen, ändernden Prozesses schwierig ist, und die Idee zugrunde, durch Variieren des Arbeitspunkts der Papiermaschine (durch Variieren der ersten Steuergröße) ein Kennlinienfeld eines Gütekriteriums (kontinuierlich, quasikontinuierlich oder zeitdiskret) abzutasten. Dies ermöglicht es, eine (erste) Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße zu ermitteln, insbesondere abzuschätzen bzw. zu berechnen, in der sich das Gütekriterium voraussichtlich verbessert, in einer Ausführung einen Gradienten des Gütekriteriums, ein Vorzeichen der Verschiebung oder dergleichen zu ermitteln, insbesondere abzuschätzen bzw. zu berechnen. Dann wird der Arbeitspunkt der Papiermaschine (durch entsprechende Verschiebung der ersten Steuergröße) in dieser ersten Richtung verschoben, wodurch sich das Gütekriterium in der Regel verbessern sollte. In einer Ausführung wird bei diesem Verschieben

des Arbeitspunkts bzw. dem entsprechenden Verschieben der ersten Steuergröße, insbesondere diesem Verschieben überlagert und/oder gegenüber diesem Verschieben kleinskaliger, und/oder in dem (dadurch angefahrenen) neuen Arbeitspunkt bzw. bei dem entsprechenden neuen Wert der ersten Steuergröße der Arbeitspunkt der Papiermaschine (durch weiteres bzw. erneutes Variieren der ersten Steuergröße) weiter bzw. erneut variiert. Dadurch kann das Kennlinienfeld erneut bzw. in dem jeweils aktuellen Arbeitspunkt abgetastet werden. Nun wird wieder eine (neue erste) Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße ermittelt. Dann wird der Arbeitspunkt der Papiermaschine (durch entsprechendes Verschieben der ersten Steuergröße) in dieser (neuen ersten) Richtung verschoben. In einer Ausführung werden diese Schritte in einem Normal- bzw. Produktionsbetrieb mehrfach, vorzugsweise fortlaufend, wiederholt, vorzugsweise auch in einem quasistationären Arbeitspunkt, so dass bei einer Veränderung der Bedingungen ein einmal angefahrener temporär optimaler Arbeitspunkt in einen bzw. Richtung eines neuen (dann optimalen) Arbeitspunkt(s) verschoben wird. Auf diese Weise kann in einer Ausführung ohne Modell des Prozesses die Steuerung der ersten Komponente fortlaufend an den realen Prozess angepasst werden und diesen verbessern.

[0009] In einer besonders einfachen Ausführung kann die erste Richtung zum Beispiel auf Basis eines Vergleichs von wenigstens zwei ermittelten Werten des Gütekriteriums J und den entsprechenden Werten der ersten Steuergröße S_1 ermittelt werden: weist dabei das Gütekriterium für einen Wert $S_1(t_1)$ der Steuergröße S_1 einen Wert $J(t_1)$ und für einen anderen Wert $S_1(t_2)$ der Steuergröße S_1 einen gegenüber $J(t_1)$ besseren Wert $J(t_2)$ auf, kann die erste Richtung eine Richtung von dem Wert $S_1(t_1)$ weg zu dem Wert $S_1(t_2)$ hin sein. Weist umgekehrt das Gütekriterium für den Wert $S_1(t_1)$ der Steuergröße S_1 einen Wert $J(t_1)$ und für den anderen Wert $S_1(t_2)$ der Steuergröße S_1 einen gegenüber $J(t_1)$ schlechteren Wert $J(t_2)$ auf, kann die erste Richtung eine Richtung von dem Wert $S_1(t_2)$ weg zu dem Wert $S_1(t_1)$ hin sein. Sofern das Gütekriterium für beide Werte $S_1(t_1)$, $S_1(t_2)$ der Steuergröße (im Rahmen einer vorgegebenen Toleranz) denselben Wert aufweist, kann die erste Richtung gleich Null bzw. beliebig sein und ein Verschieben der ersten Steuergröße (entsprechend) unterbleiben, bis wieder eine Verbesserung festgestellt wird. Allgemein unterbleibt in einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ein Verschieben der ersten Steuergröße in der ersten Richtung bzw. gegebenenfalls eine Überlagerung des - weiterhin durchgeführten - Variierens mit einem solchen Verschieben der ersten Steuergröße in der ersten Richtung, falls bzw. solange (im Rahmen einer vorgegebenen Toleranz) zwischen den angefahrenen Arbeitspunkten, für die das Gütekriterium ermittelt wird, keine Verbesserung festgestellt wird, bzw. wird solange nur noch das Variieren weitergeführt.

[0010] Die Erfindung ist ausdrücklich in keiner Weise

auf dieses einfache Beispiel beschränkt, sondern kann auch in verschiedenen anderen Arten implementiert sein. So werden in einer besonders bevorzugten Ausführung die Werte des Gütekriteriums, vorzugsweise nach einem Hochpassfilter, demoduliert, bevorzugt durch Multiplikation mit einer periodischen Funktion, beispielsweise einer Sinusfunktion, das Ergebnis, vorzugsweise nach einem Tiefpassfilter und/oder einer Verstärkung, bevorzugt Multiplikation mit einem Verstärkungsfaktor, integriert, und das Ergebnis, anschließend wieder moduliert, bevorzugt durch Addition einer entsprechenden periodischen Funktion, beispielsweise einer Sinusfunktion, mit gleicher Periodizität wie bei der Demodulation, zu dem aktuellen Wert der Steuergröße. Dies führt dazu, dass eine Verbesserung des Gütekriteriums infolge einer Variation der Steuergröße in einer Richtung von selbst zu einer weiteren Verschiebung der Steuergröße in dieser Richtung führt. Allgemein wird in einer besonders bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung die erste Komponente auf Basis einer Extremwertregelung ("extremum seeking control"), vorzugsweise durch einen Extremwertregler, gesteuert bzw. die erste Steuergröße mithilfe einer Extremwertregelung variiert und verschoben bzw. ermittelt und/oder eingestellt. Wie insbesondere hieraus klar wird, kann ein Steuern einer Komponente mittels (Verschieben) einer Steuergröße umfassen, dass diese Steuergröße durch eine Regelung ermittelt wird. Entsprechend wird "Steuern" bzw. "Steuerung" vorliegend nicht als Gegensatz bzw. Unterschied zu "Regeln" bzw. "Regelung" verstanden, sondern kann im Gegenteil ein(e) solche(s) "Regeln" bzw. "Regelung" umfassen bzw. das "Control" in "Feedback Control" bezeichnen. Ein Verschieben im Sinne der vorliegenden Erfindung ist in einer Ausführung ein, vorzugsweise gegenüber dem Variieren größerskaliges, Verlagerung bzw. ein sogenanntes "shiften". Eine Verbesserung eines Gütekriteriums im Sinne der vorliegenden Erfindung kann, wie allgemein üblich, insbesondere ein Vergrößern eines Wertes eines Gütekriteriums sein, wenn größere Werte vorteilhaft(er) bzw. erwünscht(er) sind, oder ein Verkleinern eines Wertes eines Gütekriteriums sein, wenn kleinere Werte vorteilhaft(er) bzw. erwünscht(er) sind, entsprechend kann ein Extremwert einer Extremwertregelung insbesondere ein, insbesondere wenigstens lokales, Maximum oder Minimum sein. Ist beispielsweise das Gütekriterium als Betrag einer Linienlast definiert und deren Verkleinerung gewünscht, da diese den Energieverbrauch und die mechanische Belastung reduziert, kann eine Verbesserung eines solchen Gütekriteriums eine Reduzierung, vorzugsweise Minimierung, umfassen, insbesondere sein. Ist, wiederum rein exemplarisch, das Gütekriterium als Kehrwert oder negativer Betrag einer Linienlast oder dergleichen definiert, kann eine Verbesserung eines solchen Gütekriteriums entsprechend eine Vergrößerung, vorzugsweise Maximierung, umfassen, insbesondere sein.

[0011] In einer Ausführung weist die erste Komponen-

te einen oder mehrere Pressnips der Pressenpartie (der Pressen- und/oder Trockenpartie), vorzugsweise ein oder mehrere Presswalzenpaare, besonders bevorzugt eine oder mehrere Schuhpressen, auf, kann insbesondere hieraus bestehen. Insbesondere aufgrund des großen Einflusses der Pressnips auf den Betrieb, insbesondere den Energieverbrauch, und die Faserstoffbahn, insbesondere deren mechanische Beanspruchung, und aufgrund der Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeit des Prozesses auf Änderungen des Drucks der Pressnips, ist die vorliegende Erfindung für die Steuerung eines oder mehrerer Pressnips besonders vorteilhaft.

[0012] In einer Ausführung weist die erste Komponente eine Filzkonditioniereinrichtung der der Pressenpartie oder Trockenpartie (der Pressen- und/oder Trockenpartie), in einer Weiterbildung wenigstens einen Filzsauger zum Absaugen eines Filzes, der umlaufend und zusammen mit der Faserstoffbahn durch die Pressen- bzw. Trockenpartie geführt wird, und/oder wenigstens ein Spritzrohr zum Säubern und/oder Befeuchten des Filzes und/oder wenigstens eine Spannwalze auf, kann insbesondere hieraus bestehen. Insbesondere aufgrund des direkten Kontakts des Filzes mit der Faserstoffbahn, die mechanische Beanspruchung und die Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeit des Prozesses auf Änderungen der Filzkonditionierung, ist die vorliegende Erfindung auch für die Steuerung (auch) einer Filzkonditioniereinrichtung der Pressenpartie besonders geeignet.

[0013] In einer Ausführung weist die erste Komponente wenigstens einen Dampfblaskasten der Pressen- und/oder Trockenpartie zum Beaufschlagen der Faserstoffbahn mit Dampf auf, kann insbesondere hieraus bestehen. Insbesondere aufgrund der hochkomplexen Prozessdynamik bzw. Wechselwirkung mit anderen Komponenten ist die vorliegende Erfindung auch für die Steuerung (auch) wenigstens eines Dampfblaskastens der Pressenpartie besonders vorteilhaft.

[0014] In einer Ausführung weist die erste Komponente einen oder mehrere Trockenzylinder der Trockenpartie (der Pressen- und/oder Trockenpartie), vorzugsweise einen oder mehrere mit Dampf beheizte Trockenzylinder, auf, kann insbesondere hieraus bestehen. Insbesondere aufgrund des großen Einflusses der Trockenzylinder auf den Betrieb, insbesondere den Energieverbrauch, und die Faserstoffbahn, und aufgrund der Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeit des Prozesses auf Änderungen des Arbeitspunkts eines oder mehrerer Trockenzylinder und dessen bzw. deren Wechselwirkung mit anderen Komponenten, ist die vorliegende Erfindung besonders für die Steuerung (auch) eines oder mehrerer Trockenzylinder der Trockenpartie besonders vorteilhaft.

[0015] In einer Ausführung weist die erste Komponente ein oder mehrere Entwässerungselemente der Pressen- und/oder Trockenpartie auf, vorzugsweise:

- ein oder mehrere Entwässerungselemente zum Re-

duzieren eines Wassergehalts ("Entwässern") eines Filzes, der umlaufend und zusammen mit der Faserstoffbahn durch die Pressen- bzw. Trockenpartie geführt wird ("Filzentwässerungselement"), wobei ein solches Filzentwässerungselement insbesondere einen Rohrsauger oder dergleichen und/oder die bzw. eine der Filzkonditioniereinrichtung(en) umfassen, insbesondere sein kann; und/oder

- ein oder mehrere Entwässerungselemente zum Entwässern bzw. Reduzieren eines Wassergehalts einer bzw. der Faserstoffbahn, die durch die Pressen- bzw. Trockenpartie geführt wird ("Faserstoffbahn-entwässerungselement"),

15 kann insbesondere aus diesem bzw. diesen Element(en) bestehen. Insbesondere aufgrund hochkomplexer Prozessdynamik bzw. Wechselwirkung mit anderen Komponenten ist die vorliegende Erfindung auch für die Steuerung (auch) wenigstens eines Entwässerungselementes besonders vorteilhaft.

[0016] Mit besonderem Vorteil können zwei oder mehr Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie erfindungsgemäß gesteuert werden. Zusätzlich oder alternativ können - zusätzlich zu der ersten Komponente und gegebenenfalls einer oder mehreren anderen Komponenten der Pressen- und/oder Trockenpartie - eine oder mehrere andere, der Pressenpartie vorgelagerte Komponenten der Papiermaschine und/oder eine oder mehrere andere, der Trockenpartie nachgelagerte Komponenten der Papiermaschine erfindungsgemäß bzw. in der hier beschriebenen Weise gesteuert werden. Eine oder mehrere solche Komponenten werden vorliegend ohne Beschränkung der Allgemeinheit (jeweils) als "zweite Komponente" bezeichnet. Wie bereits erläutert, ist in einer besonders bevorzugten Ausführung die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) jeweils ebenfalls eine Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie. Die erfindungsgemäße Steuerung ist, insbesondere aufgrund ihres Einflusses auf den Prozess und/oder aufgrund ihres Ansprechverhaltens, besonders zur Steuerung von Komponenten der Pressen- und/oder Trockenpartie vorteilhaft. In einer ebenfalls besonders vorteilhaften Ausführung ist alternativ die zweite Komponente bzw. zusätzlich oder alternativ wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) jeweils eine der Pressenpartie vor- oder der Trockenpartie nachgelagerte Komponente. Hierdurch kann in einer Ausführung der Gesamtprozess besonders vorteilhaft gesteuert werden. Somit kann ein "Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Papiermaschine" im Sinne der vorliegenden Erfindung ausdrücklich ein "Steuern von wenigstens zwei Komponenten einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Papiermaschine" und/oder ein "Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Papiermaschine und (auch) wenigstens einer der Pressenpartie der Papiermaschine vorgelagerten Komponente und/oder wenigstens einer der Trockenpartie der Papier-

maschine nachgelagerten Komponente" umfassen, insbesondere sein.

[0017] Entsprechend umfasst das Verfahren in einer Ausführung für eine oder mehrere zweite Komponenten der Papiermaschine, insbesondere der Pressen- und/oder Trockenpartie, (jeweils) die Schritte:

- Variieren einer zweiten Steuergröße der (jeweiligen) zweiten Komponente zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine;
- Ermitteln von Werten des Gütekriteriums für dabei angefahrte Arbeitspunkte;
- Ermitteln einer zweiten Richtung einer Verschiebung dieser zweiten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
- Verschieben dieser zweiten Steuergröße in dieser zweiten Richtung.

[0018] Entsprechend geltend nachfolgende Erläuterungen zu (einer) der zweiten Komponente(n) jeweils sowohl zu der Pressepartie vorgelagerten als auch zu der Trockenpartie nachgelagerten Komponenten und insbesondere zu zweiten Komponenten der Pressen- und/oder Trockenpartie selber, insbesondere auch, wenn nur letztere genannt wird.

[0019] In einer Ausführung wird bei dem Verschieben der (jeweiligen) zweiten Steuergröße, insbesondere diesem Verschieben überlagert und/oder gegenüber diesem Verschieben kleinskaliger, und/oder in dem durch das Verschieben angefahrenen neuen Arbeitspunkt bzw. bei dem entsprechenden neuen Wert der (jeweiligen) zweiten Steuergröße der Arbeitspunkt der Papiermaschine (durch weiteres bzw. erneutes Variieren der zweiten Steuergröße) weiter bzw. erneut variiert wie vorstehend mit Bezug auf die erste Steuergröße beschrieben. Allgemein wird/werden in einer besonders bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung die bzw. eine oder mehrere der zweiten Komponente(n) auf Basis einer Extremwertregelung, vorzugsweise durch einen Extremwertregler, gesteuert, vorzugsweise gemeinsam mit der ersten Komponente in einer bzw. der(selben) Extremwertregelung bzw. durch denselben Extremwertregler oder auch in einer hiervon getrennten bzw. eigenen Extremwertregelung bzw. durch einen getrennten bzw. eigenen Extremwertregler, bzw. die bzw. eine oder mehrere der zweiten Steuergröße(n) mithilfe einer, vorzugsweise derselben oder eigenen, Extremwertregelung variiert und verschoben bzw. ermittelt und/oder eingestellt.

[0020] In einer Ausführung ist die erste Komponente eine Komponente der Pressenpartie und die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine andere Komponente der Pressenpartie (der Pressen- und/oder Trockenpartie), in einer Weiterbildung weist die erste Komponente einen oder mehrere Pressnips der Pressepartie und die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) einen oder mehrere anderer Pressnips oder

eine Filzkonditioniereinrichtung oder wenigstens einen Dampfblaskasten der Pressenpartie auf, in einer Ausführung weist die erste Komponente einen oder mehrere Pressnips der Pressenpartie, wenigstens eine der zweiten Komponenten einen oder mehrere andere Pressnips und wenigstens eine andere der zweiten Komponenten eine Filzkonditioniereinrichtung oder wenigstens einen Dampfblaskasten der Pressenpartie auf. Insbesondere aufgrund des großen Anteils der Komponenten, insbesondere Pressnips, der Pressenpartie auf den Betrieb, insbesondere den Energieverbrauch, und die Faserstoffbahn, insbesondere deren mechanische Beanspruchung, und aufgrund der Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeit und entsprechende Wechselwirkungen, ist die vorliegende Erfindung besonders für die Steuerung von wenigstens zwei Komponenten, insbesondere Pressnips, der Pressenpartie besonders vorteilhaft.

[0021] In einer Ausführung ist die erste Komponente eine Komponente der Trockenpartie und die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine andere Komponente der Trockenpartie (der Pressen- und/oder Trockenpartie), in einer Weiterbildung weist die erste Komponente einen oder mehrere Trockenzyylinder der Trockenpartie und die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) einen oder mehrere andere Trockenzyylinder der Trockenpartie auf. Insbesondere aufgrund des großen Anteils der Komponenten, insbesondere Trockenzyylinder, der Trockenpartie auf den Betrieb, insbesondere den Energieverbrauch, und die Faserstoffbahn, und die Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeit und entsprechende Wechselwirkungen, ist die vorliegende Erfindung besonders für die Steuerung von wenigstens zwei Komponenten, insbesondere Trockenzyklindern, der Trockenpartie besonders vorteilhaft.

[0022] In einer Ausführung ist die erste Komponente eine Komponente der Pressenpartie und die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine Komponente der Trockenpartie (der Pressen- und/oder Trockenpartie). Für eine gemeinsame Regelung von Komponenten der Pressenpartie und der Trockenpartie kann die vorliegende Erfindung, insbesondere aufgrund der Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeiten und Wechselwirkungen, besonders vorteilhaft sein.

[0023] In einer Ausführung ist die erste Komponente eine Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie und die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine der Pressenpartie vorgelagerte oder der Trockenpartie nachgelagerte Komponente, in einer Weiterbildung ist

- die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine Komponente einer, der Pressenpartie vorgelagerten, Siebpartie; und/oder
- die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine Komponente eines, der Pressenpartie oder gegebenenfalls Siebpartie, vorgelagerten Stoffauflaufs; und/oder
- die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponenten-

te(n) eine Komponente eines, der Pressenpartie oder gegebenenfalls Siebpartie oder gegebenenfalls dem Stoffauflauf vorgelagerten, sogenannten Konstantteil zum Bereitstellen, Reinigen und/oder Verdünnen eines Ausgangswerkstoffs für die Papiermaschine, vorzugsweise einer Faserstoffsuspension; und/oder

- die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n) eine Komponente einer der Trockenpartie nachgelagerte Bearbeitungssektion bzw. Formpartie, welche vorzugsweise eine Aufrollung aufweist.

[0024] Für eine gemeinsame Regelung von einer oder mehreren Komponenten der Pressen- und/oder Trockenpartie zusammen mit einer oder mehreren der Pressenpartie vorgelagerten Komponenten und/oder einer oder mehreren der Trockenpartie nachgelagerten Komponenten kann die vorliegende Erfindung, insbesondere aufgrund der Prozessdynamik, insbesondere Reaktionszeiten und Wechselwirkungen, besonders vorteilhaft sein. In einer besonders vorteilhaften Ausführung weist die bzw. wenigstens eine der zweite(n) Komponente(n jeweils) ein oder mehrere der Pressenpartie vorgelagerte Entwässerungselemente, vorzugsweise der Siebpartie, auf, vorzugsweise ein oder mehrere Entwässerungselemente zum Entwässern bzw. Reduzieren eines Wassergehalts eines Faserstoffs, aus dem die Faserstoffbahn hergestellt wird, ("Faserstoffentwässerungselement"), vorzugsweise wenigstens einen Vakuumkasten oder dergleichen, kann insbesondere aus diesem bzw. diesen Element(en) bestehen. Insbesondere aufgrund hochkomplexen Prozessdynamik bzw. Wechselwirkung mit anderen Komponenten ist die vorliegende Erfindung auch für die Steuerung (auch) wenigstens eines Entwässerungselementes besonders vorteilhaft.

[0025] In einer Ausführung wird bei dem Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine infolge des Variierens der ersten Steuergröße bzw. zum Ermitteln der ersten Richtung und/oder bei dem Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine infolge des Variierens der bzw. einer der zweiten Steuergrößen bzw. zum Ermitteln der bzw. einer der zweiten Richtungen wenigstens eine weitere Komponente der Papiermaschine durch einen separaten, insbesondere von dem Verschieben der ersten und gegebenenfalls zweiten Steuergröße separaten, Regler auf Basis eines Messsignals eines Sensors oder mehrerer Sensoren der Papiermaschine gesteuert. Dabei wird in einer Ausführung dem Regler das Messsignal des Sensors bzw. die Messsignale der Sensoren und/oder hierauf basierende, berechnete, Werte zugeführt. Auf Messsignalen basierende, insbesondere berechnete, Werte können insbesondere durch Signalverarbeitung wie zum Beispiel Filterung, Mittelwertbildung, Extremwertbestimmung, Skalierung, Addition bzw. Subtraktion, Multiplikation bzw. Division, Faltung oder dergleichen ermittelt werden bzw. sein. Auch Werte von einem modellbasierten Beobachter, der eine Simulation basierend auf Messsigna-

len durchführt, können dem Regler als auf Messsignalen von Sensoren basierende Werte zugeführt werden. So kann in einer besonders vorteilhaften Ausführung wenigstens ein, vorzugsweise stromabwärtiger, Pressnip, durch einen separaten Regler auf Basis eines Messsignals wenigstens eines Sensors der Papiermaschine, vorzugsweise eines für einen Trockengehalt, eine Geschwindigkeit und/oder ein Gewicht, der Faserstoffbahn indikativen Messsignals, gesteuert werden und eine oder mehrere, vorzugsweise stromaufwärtige(re), Pressnips und/oder ein Dampfblaskasten der Pressenpartie auf Basis des Gütekriteriums bzw. zur Verbesserung des Gütekriteriums bzw. in Richtung einer Verbesserung des Gütekriteriums. Hierdurch kann in einer Ausführung der separate Regler vorteilhaft rasch, robust und/oder zuverlässig die weitere Komponente der Papiermaschine steuern und die erste und gegebenenfalls zweite(n) Komponente(n) hierauf reagieren und dadurch in einer Ausführung die Papiermaschine bzw. den Prozess besonders sensibel und/oder robust steuern bzw. regeln bzw. führen.

[0026] Das Gütekriterium kann ein- oder mehrdimensional sein. In einer Ausführung ist das Gütekriterium J ein gemischtes Gütekriterium, das mehrere Teilgütekriterien J_i umfasst bzw. gleichzeitig berücksichtigt, in einer Weiterbildung in Form einer gewichteten Summe, Paretooptimalität oder dergleichen, zum Beispiel in der Form $J = \sum w_i \cdot J_i$ oder dergleichen. In einer Ausführung wird der Wert des Gütekriteriums

- auf Basis eines Messsignals eines Sensors oder der Messsignale mehrerer Sensoren der Papiermaschine; und/oder
- auf Basis eines Parameters oder mehrerer Parameter einer Faserstoffbahn, die in der Papiermaschine hergestellt wird; und/oder
- auf Basis eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der ersten Komponente indikativen Parameters, besonders bevorzugt auf Basis
 - einer Antriebslast, vorzugsweise eines Hydraulikdrucks, wenigstens eines Pressnips; und/oder
 - einer Dampfmenge und/oder Temperatur, insbesondere Dampftemperatur, und/oder eines Dampfdrucks eines Dampfblaskastens; und/oder
 - eines Saug(unter)drucks der Filzkonditionierereinrichtung; und/oder
 - einer Beheizung und/oder Temperatur, insbesondere einer Dampfmenge und/oder -temperatur/oder eines Dampfdrucks, wenigstens eines Trockenzyllinders;
- der ersten Komponente; und/oder
- auf Basis eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der bzw. wenigstens einer der zweiten Komponente(n) indikativen Parameters, beson-

ders bevorzugt auf Basis

- einer Antriebslast, vorzugsweise eines Hydraulikdrucks, wenigstens eines Pressnips; und/oder
- einer Dampfmenge und/oder Temperatur, insbesondere Dampftemperatur, und/oder eines Dampfdrucks eines Dampfblaskastens; und/oder
- eines Saug(unter)drucks der Filzkonditionierereinrichtung bzw. des Vakuumpkastens oder eines anderen Entwässerungselements; und/oder
- einer Beheizung und/oder Temperatur, insbesondere einer Dampfmenge und/oder -temperatur/oder eines Dampfdrucks, wenigstens eines Trockenzylinders;

dieser zweiten Komponente; und/oder

- auf Basis eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der bzw. wenigstens einer der weiteren Komponente(n), die mithilfe des bzw. eines der separaten Regler(s) gesteuert wird, indikativen Parameters, besonders bevorzugt auf Basis

- einer Antriebslast, vorzugsweise eines Hydraulikdrucks, wenigstens eines Pressnips; und/oder
- einer Dampfmenge und/oder Temperatur, insbesondere Dampftemperatur, und/oder eines Dampfdrucks eines Dampfblaskastens; und/oder
- eines Saug(unter)drucks der Filzkonditionierereinrichtung; und/oder
- einer Beheizung und/oder Temperatur, insbesondere einer Dampfmenge und/oder -temperatur/oder eines Dampfdrucks, wenigstens eines Trockenzylinders;

dieser weiteren Komponente; und/oder

- auf Basis wenigstens eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß einer anderen Komponente indikativen Parameters, besonders bevorzugt auf Basis

- einer Antriebslast, vorzugsweise eines Hydraulikdrucks, wenigstens eines Pressnips; und/oder
- einer Dampfmenge und/oder Temperatur, insbesondere Dampftemperatur, und/oder eines Dampfdrucks eines Dampfblaskastens; und/oder
- eines Saug(unter)drucks der Filzkonditionierereinrichtung; und/oder
- einer Beheizung und/oder Temperatur, insbesondere einer Dampfmenge und/oder -temperatur/oder eines Dampfdrucks, wenigstens eines Trockenzylinders;

dieser anderen Komponente; und/oder

- auf Basis der ersten und/oder zweiten Steuergröße; und/oder
- auf Basis eines ermittelten Antriebs- oder Walzendruckes, vorzugsweise einer Linienlast, eines oder mehrerer Pressnips; und/oder
- auf Basis wenigstens einer Geschwindigkeit, insbesondere einer Geschwindigkeit wenigstens einer Walze eines Pressnips und/oder eines Filzes und/oder einer Geschwindigkeit der Faserstoffbahn, die in der Papiermaschine hergestellt wird; und/oder
- auf Basis wenigstens einer ermittelten Temperatur, insbesondere wenigstens einer Temperatur der Faserstoffbahn, die in der Papiermaschine hergestellt wird, und/oder einer Temperatur wenigstens eines Pressnips und/oder Filzes der Pressen- und/oder Trockenpartie und/oder einer Temperatur wenigstens eines Trockenzylinders ermittelt.

[0027] Durch ein solches Gütekriterium, insbesondere zwei oder mehr der vorgenannten Teilgütekriterien, kann in einer Ausführung eine Lebensdauer von Komponenten der Papiermaschine, insbesondere Filzen der Pressenpartie, verbessert und/oder die Qualität der hergestellten Faserstoffbahn verbessert und/oder Energie gespart werden. Dabei können (Teil)Gütekriterien auch mehrere der vorstehend genannten Eigenschaften aufweisen.

[0028] In einer Ausführung wird die erste Steuergröße und in einer Weiterbildung auch die bzw. eine oder mehrere der zweiten Steuergrößen (jeweils) unter Berücksichtigung einer vorgegebenen, in einer Weiterbildung, insbesondere durch entsprechende Benutzereingaben oder dergleichen, parametrisierten, Sicherheitsgrenze verschoben. Dies kann vorzugsweise durch eine Berücksichtigung entsprechender Straffunktionen im Gütekriterium, die dieses bei Annäherung an die jeweilige Sicherheitsgrenze verschlechtern, durch entsprechende Randbedingungen und/oder Suchregion(sgrenz)en und/oder eine entsprechende Limitierung bzw. Begrenzung der zum Steuern verwendeten bzw. umgesetzten Steuergröße(n) realisiert werden, ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt ist. Auf diese Weise kann in einer Ausführung eine im Rahmen der Sicherheitsgrenze(n) optimale Steuerung realisiert werden.

[0029] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung wird nach bzw. bei einem Verfahren zum Betreiben der Papiermaschine, die die Pressen- und/oder Trockenpartie aufweist, eine Faserstoffbahn in der Papiermaschine hergestellt und dabei die erste Komponente der Pressen- oder Trockenpartie und gegebenenfalls auch die zweite(n) Komponente(n) und/oder gegebenenfalls auch die weitere Komponente der Papiermaschine nach einem hier beschriebenen Verfahren gesteuert.

[0030] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist eine Steuerung und/oder Papiermaschine, insbesondere hard- und/oder software-, insbesondere programmtechnisch, zur Durchführung eines hier beschrie-

benen Verfahrens eingerichtet.

[0031] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist eine bzw. die Steuerung und/oder Papiermaschine auf:

- Mittel zum Variieren einer ersten Steuergröße einer ersten Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine;
- Mittel zum Ermitteln von Werten eines Gütekriteriums für dabei angefahrte Arbeitspunkte;
- Mittel zum Ermitteln einer ersten Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
- Mittel zum Verschieben der ersten Steuergröße in der ersten Richtung.

[0032] In einer Ausführung weist die Steuerung bzw. Papiermaschine bzw. deren Mittel auf:

- Mittel zum Variieren einer zweiten Steuergröße wenigstens einer zweiten Komponente der Papiermaschine, insbesondere der Pressen- und/oder Trockenpartie, zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine;
- Mittel zum Ermitteln von Werten des Gütekriteriums für dabei angefahrte Arbeitspunkte;
- Mittel zum Ermitteln einer zweiten Richtung einer Verschiebung dieser zweiten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
- Mittel zum Verschieben dieser zweiten Steuergröße in dieser zweiten Richtung.

[0033] In einer Weiterbildung weist die Steuerung bzw. Papiermaschine bzw. deren Mittel wenigstens einen separaten Regler zum Steuern einer weiteren Komponente der Papiermaschine, insbesondere der Pressen- und/oder Trockenpartie, auf Basis eines Messsignals wenigstens eines Sensors der Papiermaschine auf.

[0034] In einer Weiterbildung weist die Steuerung bzw. Papiermaschine bzw. deren Mittel auf:

- Mittel zum Ermitteln des Gütekriteriums auf Basis
 - eines Messsignals wenigstens eines Sensors der Papiermaschine; und/oder
 - wenigstens eines Parameters einer Faserstoffbahn, die in der Papiermaschine hergestellt wird; und/oder
 - eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der ersten Komponente indikativen Parameters; und/oder
 - eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der zweiten Komponente indikativen Parameters; und/oder

- eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der weiteren Komponente indikativen Parameters; und/oder
- wenigstens eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß einer anderen Komponente der Papiermaschine indikativen Parameters; und/oder
- der ersten und/oder zweiten Steuergröße; und/oder
- eines ermittelten Antriebs- oder Walzendruckes wenigstens eines Pressnips der Pressenpartie; und/oder
- wenigstens einer Geschwindigkeit; und/oder
- wenigstens einer ermittelten Temperatur; und/oder
- Mittel zum Verschieben der ersten Steuergröße unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Sicherheitsgrenze.

[0035] Ein Mittel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann hard- und/oder softwaretechnisch ausgebildet sein, insbesondere wenigstens eine, vorzugsweise mit einem Speicher- und/oder Bussystem daten- bzw. signalverbundene, insbesondere digitale, Verarbeitungs-, insbesondere Mikroprozessoreinheit (CPU), Graphikkarte (GPU) oder dergleichen, und/oder ein oder mehrere Programme oder Programmmodule aufweisen. Die Verarbeitungseinheit kann dazu ausgebildet sein, Befehle, die als ein in einem Speichersystem abgelegtes Programm implementiert sind, abzuarbeiten, Eingangssignale von einem Datenbus zu erfassen und/oder Ausgangssignale an einen Datenbus abzugeben. Ein Speichersystem kann ein oder mehrere, insbesondere verschiedene, Speichermedien, insbesondere optische, magnetische, Festkörper- und/oder andere nicht-flüchtige Medien aufweisen. Das Programm kann derart beschaffen sein, dass es die hier beschriebenen Verfahren verkörpert bzw. auszuführen imstande ist, sodass die Verarbeitungseinheit die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit insbesondere die Papiermaschine bzw. Komponente(n) steuern bzw. betreiben kann. Ein Computerprogrammprodukt kann in einer Ausführung ein, insbesondere computerlesbares und/oder nicht-flüchtiges, Speichermedium zum Speichern eines Programms bzw. von Anweisungen bzw. mit einem darauf gespeicherten Programm bzw. mit darauf gespeicherten Anweisungen aufweisen, insbesondere sein. In einer Ausführung veranlasst ein Ausführen dieses Programms bzw. dieser Anweisungen durch ein System bzw. eine Steuerung, insbesondere einen Computer oder eine Anordnung von mehreren Computern, das System bzw. die Steuerung, insbesondere den bzw. die Computer, dazu, ein hier beschriebenes Verfahren bzw. einen oder mehrere seiner Schritte auszuführen, bzw. sind das Programm bzw. die Anweisungen hierzu eingerichtet.

[0036] In einer Ausführung sind ein oder mehrere, insbesondere alle, Schritte des Verfahrens vollständig

oder teilweise computerimplementiert bzw. werden ein oder mehrere, insbesondere alle, Schritte des Verfahrens vollständig oder teilweise automatisiert durchgeführt, insbesondere durch die Steuerung bzw. Papiermaschine bzw. deren Mittel.

[0037] Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1A: eine Papiermaschine mit einer Steuerung zum Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie der Papiermaschine nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1B: eine Papiermaschine mit einer Steuerung zum Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie der Papiermaschine nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2: ein Verfahren zum Steuern der wenigstens einen Komponente einer Pressen- oder Trockenpartie der Papiermaschine der Fig. 1A oder 1B;

Fig. 3: ein Blockschaltbild eines Teils der Steuerung;

Fig. 4A, 4B: eine Gütekriterium in Abhängigkeit von einer ersten Steuergröße; und

Fig. 5: eine Gütekriterium in Abhängigkeit von einer ersten und zweiten Steuergröße.

[0038] Fig. 1A zeigt eine Papiermaschine mit einer Pressenpartie 10, einer Trockenpartie 20 und einer Steuerung 30.

[0039] Die Pressenpartie 10 weist mehrere Pressnips, von denen exemplarisch zwei Pressnips 11, 12 angedeutet sind, eine Filzkonditioniereinrichtung 13 zum Konditionieren eines Filzes (nicht dargestellt) und einen Dampfblaskasten 14 auf. Die Trockenpartie 20 weist mehrere mittels über eine Dampfsteuereinrichtung 2 zugeführten Dampf D beheizbare bzw. beheizte Trockenzylinder auf, von denen exemplarisch zwei Trockenzylinder 21, 22 angedeutet sind.

[0040] Die Papiermaschine weist einen oder mehrere Sensoren 41 zum Erfassen eines Trockengehalts x_p , einer Geschwindigkeit v und/oder eines Trockengewichts w einer in der Papiermaschine hergestellten Faserstoffbahn 5 zwischen Pressenpartie und Trockenpartie, einen oder mehrere Sensoren 42 zum Erfassen eines Trockengehalts x'_p , einer Geschwindigkeit v' und/oder eines Trockengewichts w' der Faserstoffbahn nach der Trockenpartie sowie einen oder mehrere Sensoren 43 zum Erfassen eines Dampfdrucks zum Beheizen der Trockenzylinder auf.

[0041] Die Steuerung erhält Sensorsignale von diesen Sensoren. Einer oder mehrere der Sensoren können

auch entfallen und/oder es können ein oder mehrere andere Sensoren vorgesehen sein bzw. verwendet werden.

[0042] In einer Ausführung weist die Steuerung einen separaten Regler 31, der einen Druck des Pressnips 12, in einer Ausführung eine Linienlast P_{12} , auf Basis des Trockengehalts x_p zwischen Pressenpartie und Trockenpartie bzw. des entsprechenden Messsignals regelt, und einen weiteren separaten Regler 32 auf, der einen Dampf zum Beheizen der Trockenzylinder 21, 22 auf Basis des Trockengehalts x'_p nach der Trockenpartie bzw. des entsprechenden Messsignals regelt.

[0043] Zusätzlich ermittelt die Steuerung 30 bzw. ein hierzu eingerichtetes Mittel 33 der Steuerung 30, beispielsweise ein Programm(modul) oder ein, vorzugsweise hierdurch implementierter, Extremwertregler, ein Gütekriterium J in Form einer, gegebenenfalls gewichteten, Summe einer Funktion f_1 der Linienlast P_{12} und der Geschwindigkeit v ($f_1 = f_1(P_{12}, v)$), und einer Funktion f_2 einer entsprechenden Linienlast P_{11} des Pressnips 11 und der Geschwindigkeit v ($f_2 = f_2(P_{12}, v)$; $J = f_1 + f_2$). Die Funktionen f_1, f_2 können beispielsweise jeweils das Produkt der entsprechenden Linienlast und Geschwindigkeit oder dergleichen sein und so eine Belastung der Faserstoffbahn widerspiegeln. Gleichmaßen kann beispielsweise die Geschwindigkeit auch (jeweils) entfallen.

[0044] Wie in Fig. 3 angedeutet, variiert die Steuerung bzw. das Mittel 33 im (normalen bzw. Produktions)Betrieb fortwährend eine erste Steuergröße in Form der Linienlast P_{11} des Pressnips 11 (Fig. 2: Schritt S10) und hierdurch einen Arbeitspunkt der Papiermaschine, in einer Ausführung periodisch über der Zeit t durch Addition einer Sinusfunktion $b \cdot \sin(\omega t)$.

[0045] Dadurch variiert entsprechend auch der Wert des Gütekriteriums J , der in Schritt S20 ermittelt wird. Die Steuerung bzw. das Mittel 33 demoduliert diese Werte durch Hochpassfilterung 110 und anschließende Multiplikation des Ergebnisses mit einer Sinusfunktion $a \cdot \sin(\omega t)$ gleicher Periodizität. Anschließend wird das Ergebnis der Demodulation durch einen Tiefpassfilterung 120 tiefpassgefiltert, mit einem Verstärkungsfaktor k multipliziert und durch einen Integrator 130 zum neuen Wert der ersten Steuergröße integriert. Mit diesem aktualisierten Steuergrößenwert wird dann der Pressnip 11 gesteuert, wobei die Variation durch die Sinusfunktion $b \cdot \sin(\omega t)$ überlagert wird (vgl. Fig. 3).

[0046] Wie Fig. 4A, 4B veranschaulichen, wird dadurch fortwährend eine erste Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße P_{11} , in der sich das Gütekriterium J voraussichtlich verbessert, ermittelt (Fig. 2: Schritt S30), wobei in Schritt S10 die erste Steuergröße unter Überlagerung des vorstehend erläuterten sinusartigen Variierens in der ersten Richtung verschoben wird, um das Gütekriterium zu verbessern: wenn eine Vergrößerung der Linienlast P_{11} eine Verbesserung des Gütekriteriums J und eine Reduzierung der Linienlast P_{11} eine Verschlechterung des Gütekriteriums J bewirkt, wird aufgrund der oben beschriebenen Demodulation die

Linienlast P_{11} vergrößert (Fig. 4A). Bewirkt hingegen eine Vergrößerung der Linienlast P_{11} eine Verschlechterung des Gütekriteriums J und eine Reduzierung der Linienlast P_{11} eine Verbesserung des Gütekriteriums J , wird die Linienlast P_{11} reduziert (Fig. 4B). Somit stellt in Fig. 3 die Modulation bzw. Addition der Sinusfunktion $b \cdot \sin(\omega t)$ ein Variieren der ersten Steuergröße und die Demodulation mit anschließender Aktualisierung durch die Verstärkung und Integration ein Ermitteln der ersten Richtung und Verschieben der ersten Steuergröße in der ersten Richtung dar, wobei, wie insbesondere aus diesem Ausführungsbeispiel klar wird, das Variieren und Verschieben der ersten bzw. zweiten Steuergröße auch zusammenfallen bzw. dem Verschieben ein (weiteres) Variieren überlagert sein kann. Natürlich kann diese Steuerung auch auf andere Weise implementiert sein.

[0047] In einer in Fig. 1A zur Verdeutlichung bereits eingezzeichneten Abwandlung ermittelt die Steuerung 30 bzw. das Mittel 33 der Steuerung 30 ein Gütekriterium J in Form einer, gegebenenfalls gewichteten, Summe der Funktionen f_1, f_2 sowie einer Funktionen f_3 eines Dampfdrucks p_{14} im Dampfblaskasten ($f_3 = f_3(p_{14})$) und einer Funktionen f_4 eines Dampfdrucks p_{20} zum Beheizen der Trockenzyylinder ($f_4 = f_4(p_{20})$; $J = f_1 + f_2 + f_3 + f_4$). Somit können die entsprechenden Signalwege des Dampfdrucks p_{14} und/oder Dampfdrucks p_{20} in Fig. 1A auch entfallen und das Mittel 33 der Steuerung 30 beispielsweise nur die Linienlasten P_{11}, P_{12} als Teilgütekriterien verwenden ($J = P_{11} + P_{12}$).

[0048] In eine Abwandlung variiert die Steuerung bzw. das Mittel 33 im (normalen bzw. Produktions)Betrieb auch fortwährend eine zweite Steuergröße in Form des Dampfdrucks p_{14} in vorstehend beschriebener Weise und verschiebt auch diese Steuergrößen in vorstehend beschriebener Weise fortwährend, um das Gütekriterium zu verbessern.

[0049] Zusätzlich oder alternativ hierzu kann in einer Abwandlung die Filzkonditioniereinrichtung 13 in vorstehend beschriebener Weise gesteuert und/oder ein für deren Energieverbrauch indikativer Parameter im Gütekriterium berücksichtigt werden.

[0050] Diese Abwandlungen sind in Fig. 1A bereits durch entsprechende bidirektionale Signalwege zwischen dem Mittel 33 und der Filzkonditioniereinrichtung 12 bzw. dem Dampfblaskasten 14 angedeutet. Somit können die entsprechenden Signalweg von und/oder zu der Filzkonditioniereinrichtung und/oder von und/oder zu dem Dampfblaskasten auch entfallen.

[0051] Fig. 1B zeigt eine weitere Ausführung der vorliegenden Erfindung. Einander entsprechende Merkmale sind durch identische Bezugszeichen identifiziert, so dass auf die vorhergehende Beschreibung Bezug genommen und nachfolgend nur auf Unterschiede eingegangen wird.

[0052] In der Ausführung der Fig. 1B wird der Pressnip 12 statt durch den separaten Regler 31 auch durch das Mittel 33 der Steuerung 30 auf Basis des Gütekriteriums J gesteuert, das hierzu als Teilgütekriterium beispielsweise

se den Trockengehalt der Faserstoffbahn 5 zwischen Pressenpartie und Trockenpartie und/oder nach der Trockenpartie enthalten kann, so dass ein - durch die Gewichtung der Teilgütekriterien bestimmtes - Optimum aus Trockengehalt, Energieverbrauch (der maßgeblich durch die Linienlasten und Dampfdrücke bestimmt wird), und mechanischer Belastung (der maßgeblich durch die Linienlasten und Geschwindigkeiten bestimmt wird) angefahren wird, wobei durch das fortwährende Variieren der Steuergrößen selbst nach Erreichen eines temporären Optimums bei einer Veränderung der Bedingungen die Steuerung hierauf reagiert und den Arbeitspunkt der Papiermaschine entsprechend nachführt. Wie vorstehend mit Bezug auf Fig. 1A erläutert, kann auch hier die Steuerung der Filzkonditioniereinrichtung und/oder des Dampfblaskastens und/oder die Berücksichtigung des Dampfdrucks p_{14} und/oder des Dampfdrucks p_{20} und/oder des Energieverbrauch der Filzkonditioniereinrichtung im Gütekriterium entfallen.

[0053] Fig. 5 veranschaulicht hierzu eine entsprechende Gradientensuche für das Gütekriterium J (welches in Fig. 5 durch mehrere konzentrische Kennlinien konstanter Werte für J angedeutet ist) in Abhängigkeit von zwei Steuergrößen in Form der beiden Linienlasten P_{11}, P_{12} . Durch eine Variation der Steuergrößen kann ein (in Fig. 5 gestrichelt angedeuteter) Gradient des Gütekriterium(kennlinienfeld)s ermittelt bzw. abgeschätzt und die Steuergrößen in Richtung dieses Gradienten verschoben werden (vgl. in Fig. 5 die Folge der Arbeitspunkte "A" -> "B" -> "C"). Mit "R" ist zudem eine Suchregion angedeutet, innerhalb der diese Gradientensuche ("Gradient descent line search") erfolgt.

[0054] In der vorliegenden Offenbarung impliziert "weist ein X auf" allgemein keine abschließende Aufzählung, sondern ist eine Kurzform von "weist wenigstens ein X auf" und umfasst auch "weist zwei oder mehr X auf" sowie "weist außer X auch Y auf".

[0055] Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist.

[0056] So kann insbesondere zusätzlich oder alternativ auch ein Vakuumkasten oder ein anderes Entwässerungselement einer Siebpartie (nicht dargestellt) in vorstehend beschriebener Weise (mit)gesteuert werden.

[0057] Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

[0058]

2	Dampfsteuereinrichtung
5	Faserstoffbahn
10	Pressenpartie
11, 12	Pressnip
13	Filzkonditioniereinrichtung
14	Dampfblaskasten
20	Trockenpartie
21, 22	Trockenzylinder
30	Steuerung
31, 32	separate Regler
33	Programm(modul)/Extremwertregler (Mittel der Steuerung)
41, 42, 43	Sensoren
110	Hochpassfilterung
120	Tiefpassfilterung
130	Integrator
A, B, C	Arbeitspunkt
D	Dampf
k	Verstärkungsfaktor
P ₁₁ , P ₁₂	Linienlast
R	Suchregion
p ₁₄	Dampfblaskastendruck
p ₂₀	Trockenzylinder/-partie-Dampfdruck
v; v'	Geschwindigkeit
w; w'	Trockengewicht
x _p ; x' _p	Trockengehalt

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Papiermaschine, mit den mehrfach wiederholten Schritten:

- Variieren (S10) einer ersten Steuergröße einer ersten Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine;
- Ermitteln (S20) von Werten eines Gütekriteriums für dabei angefahrne Arbeitspunkte;
- Ermitteln (S30) einer ersten Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
- Verschieben (S10) der ersten Steuergröße in der ersten Richtung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Komponente

- wenigstens einen Pressnip; und/oder
- eine Filzkonditioniereinrichtung; und/oder

- wenigstens einen Dampfblaskasten; und/oder
- wenigstens einen Trockenzylinder; und/oder
- wenigstens ein Entwässerungselement

aufweist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Variieren einer zweiten Steuergröße wenigstens einer zweiten Komponente der Papiermaschine, insbesondere der Pressen- und/oder Trockenpartie, zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine;
- Ermitteln von Werten des Gütekriteriums für dabei angefahrne Arbeitspunkte;
- Ermitteln einer zweiten Richtung einer Verschiebung dieser zweiten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
- Verschieben dieser zweiten Steuergröße in dieser zweiten Richtung.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Komponente

- wenigstens einen Pressnip; und/oder
- eine Filzkonditioniereinrichtung; und/oder
- wenigstens einen Dampfblaskasten; und/oder
- wenigstens einen Trockenzylinder; und/oder
- wenigstens ein Entwässerungselement

aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei dem Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine wenigstens eine weitere Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie mithilfe eines separaten Reglers auf Basis eines Messsignals wenigstens eines Sensors der Papiermaschine gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert des Gütekriteriums auf Basis

- eines Messsignals wenigstens eines Sensors der Papiermaschine; und/oder
- wenigstens eines Parameters einer Faserstoffbahn, die in der Papiermaschine hergestellt wird; und/oder
- eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der ersten Komponente indikativen Parameters; und/oder
- eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der zweiten Komponente indikativen

Parameters; und/oder

- eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß der weiteren Komponente indikativen Parameters; und/oder
- wenigstens eines für einen Energieverbrauch und/oder Verschleiß einer anderen Komponente der Papiermaschine indikativen Parameters; und/oder
- der ersten und/oder zweiten Steuergröße; und/oder
- eines ermittelten Antriebs- oder Walzendruckes wenigstens eines Pressnips der Pressepartie; und/oder
- wenigstens einer Geschwindigkeit; und/oder
- wenigstens einer ermittelten Temperatur

5

10

15

ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Steuergröße unter Berücksichtigung einer vorgegebenen Sicherheitsgrenze verschoben wird. 20
8. Verfahren zum Betreiben einer Papiermaschine, die eine Pressen- und/oder Trockenpartie aufweist, wobei eine Faserstoffbahn in der Papiermaschine hergestellt und dabei wenigstens eine Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie nach einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche gesteuert wird. 25
30
9. Steuerung zum Steuern wenigstens einer Komponente einer Pressen- und/oder Trockenpartie einer Papiermaschine, wobei die Steuerung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist und/oder aufweist: 35
 - Mittel zum Variieren einer ersten Steuergröße einer ersten Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie zum Anfahren verschiedener Arbeitspunkte der Papiermaschine; 40
 - Mittel zum Ermitteln von Werten eines Gütekriteriums für dabei angefahrte Arbeitspunkte; 45
 - Mittel zum Ermitteln einer ersten Richtung einer Verschiebung der ersten Steuergröße, in der sich das Gütekriteriums voraussichtlich verbessert, auf Basis dieser ermittelten Werte des Gütekriteriums; und
 - Mittel zum Verschieben der ersten Steuergröße in der ersten Richtung. 50
10. Papiermaschine, die eine Pressen- und/oder Trockenpartie und eine Steuerung zum Steuern wenigstens einer Komponente der Pressen- und/oder Trockenpartie nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist. 55

11. Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, wobei das Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, insbesondere auf einem computerlesbaren und/oder nicht-flüchtigen Speichermedium gespeicherte, Anweisungen enthält, die bei der Ausführung durch einen oder mehrere Computer oder eine Steuerung oder Papiermaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche den oder die Computer oder die Steuerung oder Papiermaschine dazu veranlassen, ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

Fig. 1A

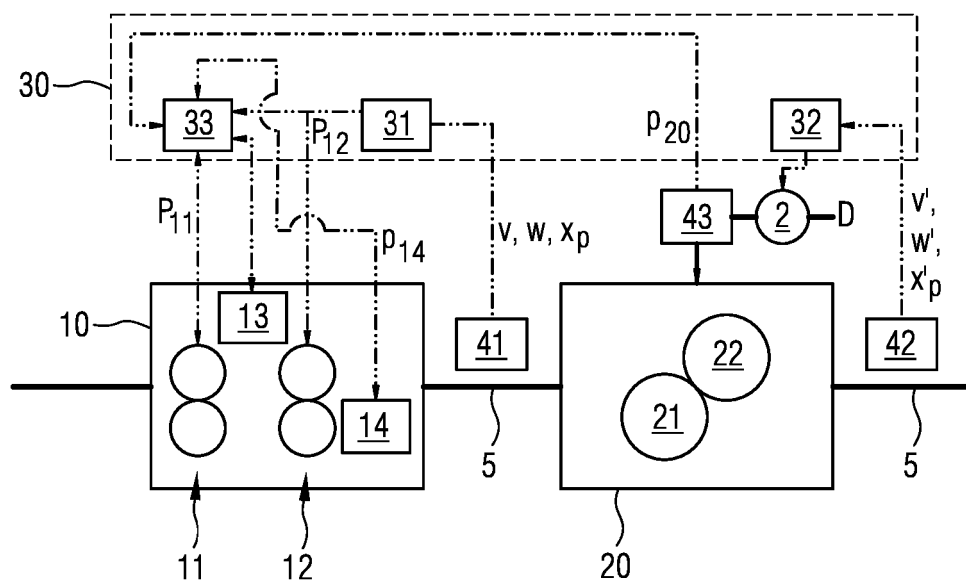


Fig. 1B

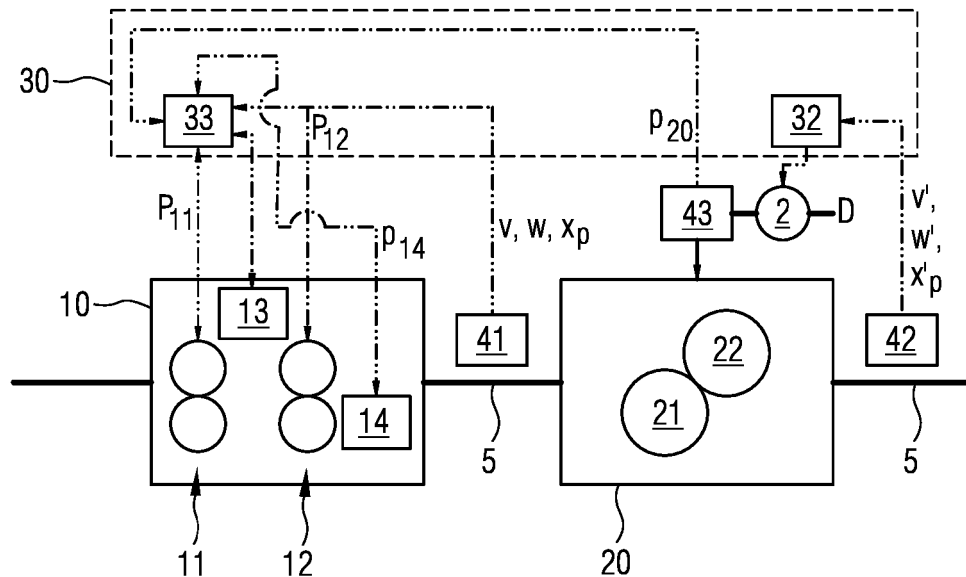


Fig. 2

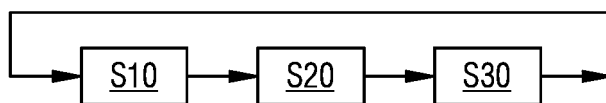


Fig. 3

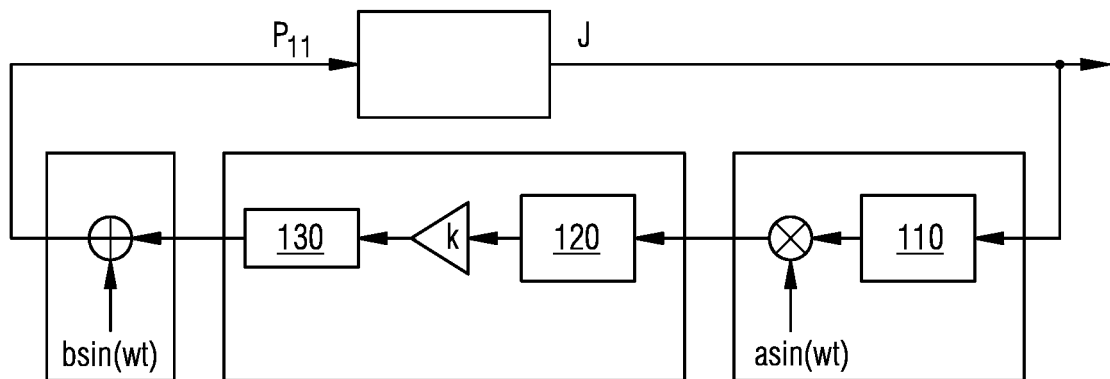


Fig. 4A

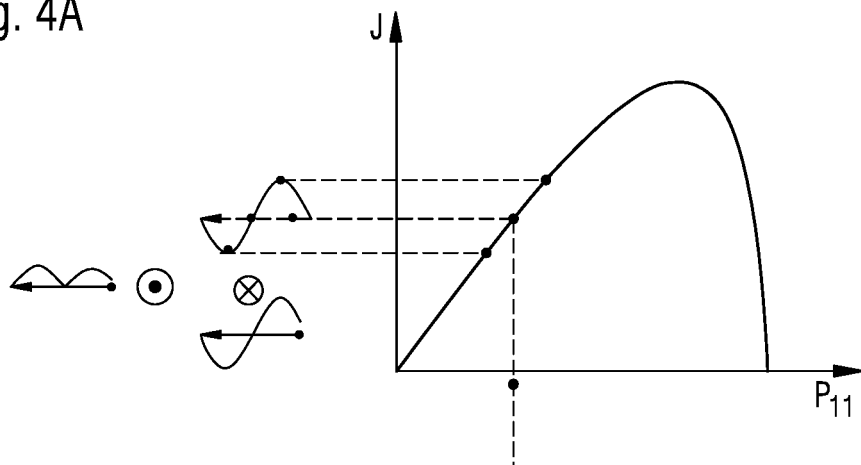


Fig. 4B

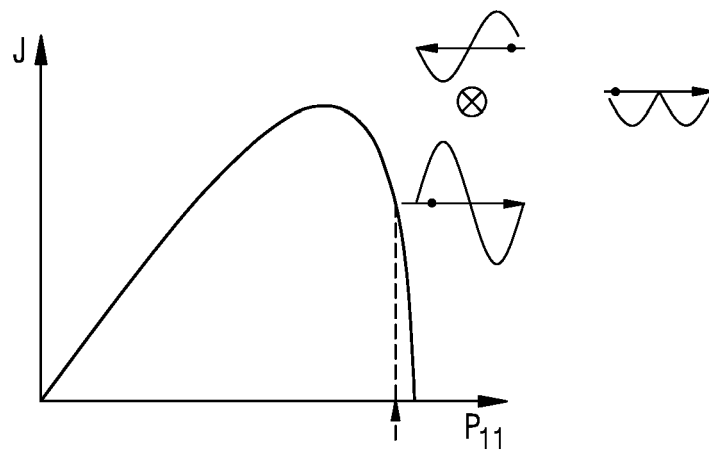


Fig. 5

