

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für eine Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten, typischerweise eine mehrgerüstige Fertigwalzstraße, die von einem Metallband, bspw. einem Stahlband, sequenziell nacheinander durchlaufen werden.

[0002] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einem Steuerprogramm für eine Steuereinrichtung für eine Walzstraße, die mehrere Walzgerüste aufweist, die von einem Metallband sequenziell nacheinander durchlaufen werden, wobei das Steuerprogramm Maschinencode aufweist, der von der Steuereinrichtung abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung die Walzstraße gemäß einem derartigen Betriebsverfahren steuert.

[0003] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für eine Walzstraße, die mehrere Walzgerüste aufweist, die von einem Metallband sequenziell nacheinander durchlaufen werden, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Steuerprogramm programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung die Walzstraße im Betrieb der Walzstraße gemäß einem derartigen Betriebsverfahren steuert.

[0004] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Walzstraße zum Walzen eines Metallbandes,

- wobei die Walzstraße mehrere Walzgerüste aufweist, die von dem Metallband sequenziell nacheinander durchlaufen werden,
- wobei die Walzstraße eine die Walzstraße steuernde Steuereinrichtung aufweist.

Stand der Technik

[0005] Derartige Betriebsverfahren für Walzstraße und die zugehörigen Walzstraßen sind allgemein bekannt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Beim Walzen von Metallbändern besteht einerseits der Wunsch, dass das gewalzte Metallband eine definierte Kontur aufweist, beispielsweise leicht gewölbt ist, so dass es in der Bandmitte etwas dicker als an den Bandkanten ist. Andererseits besteht der Wunsch, dass das gewalzte Metallband möglichst frei von inneren Spannungen ist, das heißt möglichst plan ist. Aus diesem Grund werden im Stand der Technik üblicherweise hinter dem letzten Gerüst einer Walzstraße sowohl das Profil (bzw. allgemeiner die Kontur) als auch die Planheit an einem entsprechenden Messplatz messtechnisch erfasst und geregelt.

[0007] Die Planheitsregelung wirkt im Stand der Tech-

nik auf das dem Messplatz unmittelbar vorgeordnete Walzgerüst, also das letzte Walzgerüst der Walzstraße. Optimal wäre es, wenn auch die Konturregelung auf dieses Walzgerüst wirken könnte. Kontur und Planheit können an einem einzelnen Walzgerüst jedoch nicht unabhängig voneinander eingestellt werden. Denn insbesondere werden beide Zielgrößen ganz wesentlich durch die Form des Walzspaltes des betreffenden Walzgerüsts bestimmt. Die Konturregelung wirkt im Stand der Technik daher meist auf die vorderen Walzgerüste der Walzstraße, insbesondere das erste Walzgerüst der Walzstraße. Dieser Vorgehensweise liegt die Überlegung zugrunde, dass das Metallband in den vorderen Walzgerüsten noch dicker ist und daher ein Materialquerfluss möglich ist.

[0008] Die Vorgehensweise des Standes der Technik führt jedoch dennoch nicht zu einer entkoppelten Einstellung von Kontur und Planheit. Vielmehr kommt es zu niederfrequenten Schwingungen. Die Frequenz der Schwingung ist - bezogen auf den Materialfluss - durch die Menge an Material des Metallbandes bestimmt, die sich zwischen dem hintersten Walzgerüst, das durch die Konturregelung angesteuert wird, und dem Messplatz befindet. Weiterhin ist die Nachführung der Kontur nur sehr langsam möglich, da das gesamte Material, das sich zwischen dem hintersten Walzgerüst, das durch die Konturregelung angesteuert wird, und dem Messplatz befindet, bezüglich seiner Kontur nicht mehr korrigiert werden kann. Weiterhin verfälscht die Planheitsregelung, die mit einer erheblich geringeren Totzeit arbeiten kann, immer wieder das Messsignal für die Konturregelung.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer bei einer mehrgerüstigen Walzstraße Planheit und Kontur unabhängig voneinander eingestellt werden können.

[0010] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 7.

[0011] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet,

- dass eine Steuereinrichtung der Walzstraße sowohl Stellglieder eines hinteren Walzgerüsts als auch Stellglieder eines dem hinteren Walzgerüst vorgeordneten vorderen Walzgerüsts ansteuert,
- dass die Steuereinrichtung Stellgrößen für die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts unter Berücksichtigung einer vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung und zusätzlicher Berücksichtigung einer vorzunehmenden Konturänderung ermittelt und die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts entsprechend ansteuert,
- dass die Steuereinrichtung Stellgrößen für die Stellglieder des hinteren Walzgerüsts unter Berücksichtigung der vorzunehmenden Konturänderung, aber ohne Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ermittelt und die Stellglieder des hinteren Walzgerüsts entsprechend ansteuert,

- dass die Steuereinrichtung die Stellgrößen für die Stellglieder des hinteren Walzgerüsts gegenüber den korrespondierenden Stellgrößen für die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts jedoch um eine hintere Transportzeit verzögert an die Stellglieder des hinteren Walzgerüsts ausgibt und
- dass die hintere Transportzeit diejenige Zeit ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes in dem vorderen Walzgerüst und dem Walzen des Metallbandes in dem hinteren Walzgerüst verstreicht.

[0012] Bei dem hinteren Walzgerüst handelt es sich in der Regel um das letzte Walzgerüst der Walzstraße. Das vordere Walzgerüst ist in der Regel dasjenige Walzgerüst, dass sich unmittelbar vor dem hinteren Walzgerüst befindet.

[0013] Die entkoppelte Einstellung von Planheit und Kontur erfolgt in aller Regel im Rahmen entsprechender Regelungen. In diesem Fall ist das Betriebsverfahren derart ausgestaltet,

- dass die Steuereinrichtung eine hintere Istplanheit und eine hintere Istkontur entgegennimmt, die das Metallband hinter dem hinteren Walzgerüst der Walzstraße aufweist,
- dass die Steuereinrichtung einen hinteren Planheitsregler und einen Konturregler implementiert,
- dass die Steuereinrichtung die vorzunehmende hintere Planheitsänderung mittels des hinteren Planheitsreglers anhand der hinteren Istplanheit und einer hinteren Sollplanheit ermittelt und
- dass die Steuereinrichtung die vorzunehmende Konturänderung mittels des Konturreglers anhand der hinteren Istkontur und einer Sollkontur ermittelt.

[0014] Die Erfassung der Planheit und der Kontur erfolgt mittels entsprechender Messeinrichtungen. Derartige Messeinrichtungen sind an sich bekannt.

[0015] Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung - zusätzlich zur hinteren Istplanheit - eine vordere Istplanheit entgegennimmt, die das Metallband zwischen dem vorderen Walzgerüst und dem hinteren Walzgerüst der Walzstraße aufweist. In diesem Fall kann das Betriebsverfahren dadurch ausgestaltet werden,

- dass die Steuereinrichtung einen vorderen Planheitsregler implementiert,
- dass die Steuereinrichtung mittels des vorderen Planheitsreglers anhand der vorderen Istplanheit und einer vorderen Sollplanheit eine vorzunehmende vordere Planheitsänderung ermittelt,
- dass die Steuereinrichtung zusätzlich auch Stellglieder eines dem vorderen Walzgerüst vorgeordneten weiteren Walzgerüsts ansteuert,
- dass die Steuereinrichtung Stellgrößen für die Stellglieder des weiteren Walzgerüsts unter Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung, der vorzunehmenden Konturänderung und

der vorzunehmenden vorderen Planheitsänderung ermittelt und die Stellglieder des weiteren Walzgerüsts entsprechend ansteuert,

- dass die Steuereinrichtung die Stellgrößen für die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts gegenüber den korrespondierenden Stellgrößen für die Stellglieder des weiteren Walzgerüsts jedoch um eine vordere Transportzeit verzögert an die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts ausgibt und
- dass die vordere Transportzeit diejenige Zeit ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes in dem weiteren Walzgerüst und dem Walzen des Metallbandes in dem vorderen Walzgerüst verstreicht.

[0016] Durch diese Ausgestaltung kann zusätzlich auch die Planheit eingangsseitig des hinteren Walzgerüsts gezielt und unabhängig von der Planheit und der Kontur ausgangsseitig des hinteren Walzgerüsts eingestellt werden.

[0017] Die zuletzt erläuterte Vorgehensweise kann, soweit erforderlich, in analoger Weise auch auf weitere Walzgerüste ausgedehnt werden.

[0018] Es ist möglich,

- dass die Steuereinrichtung dasjenige Walzgerüst selektiert, gegenüber dem die Ansteuerung des diesem Walzgerüst nachfolgenden Walzgerüsts erstmals um die Transportzeit verzögert ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes in dem einen und dem anderen dieser beiden Walzgerüste verstreicht,
- dass die Steuereinrichtung zusätzlich auch Stellglieder mindestens eines dem selektierten Walzgerüst vorgeordneten Walzgerüsts ansteuert und eine Einstellung der Stellglieder des dem selektierten Walzgerüst vorgeordneten Walzgerüsts dadurch entsprechend geändert wird,
- dass die Steuereinrichtung eine Ansteuerung der Stellglieder des dem selektierten Walzgerüst vorgeordneten Walzgerüsts unter Berücksichtigung der Ansteuerung der Stellglieder des selektierten Walzgerüsts ermittelt, welche ihrerseits unter Berücksichtigung einer vorzunehmenden Planheitsänderung und einer vorzunehmenden Konturänderung ermittelt wurde,
- dass die Steuereinrichtung die Stellgrößen für die Stellglieder des dem selektierten Walzgerüst vorgeordneten Walzgerüsts ohne Berücksichtigung von Transportzeiten zwischen Walzgerüsten an die Stellglieder des dem selektierten Walzgerüst vorgeordneten Walzgerüsts ausgibt.

[0019] Diese Ausgestaltung ermöglicht eine verbesserte Einstellung der Kontur bei gleichzeitiger Reduzierung von dadurch bewirkten Änderungen der Planheit vor dem vorderen oder dem weiteren Walzgerüst.

[0020] Noch besser ist es, wenn die Steuereinrichtung bei der Ermittlung der Ansteuerung der Stellglieder des

dem selektierten Walzgerüst vorgeordneten Walzgerüsts die Ansteuerung der Stellglieder des selektierten Walzgerüsts in einem geringeren Umfang berücksichtigt, als sich bei einer Skalierung entsprechend der relativen Dicken des Metallbandes der beteiligten Walzgerüste ergeben würde. Dadurch kann erreicht werden, dass etwaige durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise bewirkte Änderungen der Planheit vor dem selektierten Walzgerüst auf mehrere Zwischengerüstbereiche verteilt werden.

[0021] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen,

- dass die Steuereinrichtung anhand der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung und der vorzunehmenden Konturänderung unter Berücksichtigung von Wirksamkeiten von Stellgliedern des vorderen Walzgerüsts Stellgrößen für die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts ermittelt und die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts entsprechend den ermittelten Stellgrößen ansteuert,
- dass die Steuereinrichtung eine Identifikationseinrichtung implementiert,
- dass die Steuereinrichtung der Identifikationseinrichtung die vorzunehmende hintere Planheitsänderung und/oder der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung zugrundeliegende Größen zuführt,
- dass die Steuereinrichtung der Identifikationseinrichtung eine resultierende Einstellungsänderung des vorderen Walzgerüsts und/oder der resultierenden Einstellungsänderung zugrundeliegende Größen zuführt,
- dass die Identifikationseinrichtung die ihr zugeführten Größen für einen Zeitraum speichert, der mindestens so groß wie die Summe der hinteren Transportzeit und einer zusätzlichen Transportzeit ist,
- dass die zusätzliche Transportzeit diejenige Zeit ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes in dem hinteren Walzgerüst und dem Erreichen eines Messplatzes verstreicht, an dem die hintere Istplanheit messtechnisch erfasst wird,
- dass die Identifikationseinrichtung die Wirksamkeiten der Stellglieder des vorderen Walzgerüsts anhand der zu einem jeweiligen späteren Zeitpunkt vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung, der zu einem jeweiligen früheren Zeitpunkt vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung und der für den früheren Zeitpunkt ermittelten resultierenden Einstellungsänderung nachführt und
- dass die Differenz zwischen dem späteren Zeitpunkt und dem früheren Zeitpunkt gleich der Summe der hinteren Transportzeit und der zusätzlichen Transportzeit ist.

[0022] Dadurch ist es möglich, die auf die einzelnen Stellglieder des vorderen Walzgerüsts wirkenden Stellgrößen an die tatsächlichen Sensitivitäten anzupassen, so dass Regelfehler im Lauf der Zeit immer besser aus-

geregelt werden können.

[0023] Bei den der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung zugrundeliegenden Größen handelt es sich um die hintere Istplanheit und die hintere Sollplanheit oder deren Differenz. Bei den der resultierenden Einstellungsänderung zugrundeliegenden Größen handelt es sich um die vorzunehmende hintere Planheitsänderung und die vorzunehmende Konturänderung.

[0024] Die Steuereinrichtung führt das erfindungsgemäße Betriebsverfahren vorzugsweise in Echtzeit aus. Es erfolgt also eine direkte Einbindung in die Steuerung der Walzstraße.

[0025] Die Aufgabe wird weiterhin durch ein Steuerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Erfindungsgemäß bewirkt die Abarbeitung des Steuerprogramms durch die Steuereinrichtung, dass die Steuereinrichtung die Walzstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren steuert.

[0026] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung mit einem erfindungsgemäßen Steuerprogramm programmiert, so dass die Steuereinrichtung die Walzstraße im Betrieb der Walzstraße gemäß einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren steuert.

[0027] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Walzstraße mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Erfindungsgemäß ist die Steuereinrichtung als erfindungsgemäße Steuereinrichtung ausgebildet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

- FIG 1 eine Walzstraße für ein Metallband,
- FIG 2 ein hinteres und ein vorderes Walzgerüst und zugehörige Komponenten,
- FIG 3 ein hinteres, ein vorderes und ein weiteres Walzgerüst und zugehörige Komponenten,
- FIG 4 ein hinteres, ein vorderes und ein vorgeordnetes Walzgerüst und zugehörige Komponenten,
- FIG 5 eine Ausgestaltung von FIG 2 und
- FIG 6 ein Ablaufdiagramm.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0029] Gemäß FIG 1 wird in einer Walzstraße 1 ein Metallband 2 gewalzt. Das Metallband 2 wird in der Walzstraße 1 in der Regel warmgewalzt. Insbesondere kann die Walzstraße 1 als Fertigstraße ausgebildet sein. In Einzelfällen kann aber auch ein Kaltwalzen erfolgen.

[0030] Die Walzstraße 1 weist mehrere Walzgerüste

3 auf, entsprechend der Darstellung in FIG 1 insgesamt sechs Walzgerüste 3. Die Walzgerüste 3 sind in FIG 1 und auch in den weiteren FIG mit einem kleinen Buchstaben (a bis f) ergänzt, um sie bei Bedarf voneinander unterscheiden zu können. Dementsprechend handelt es sich bei den Walzgerüsten 3 um das erste Walzgerüst 3a, das zweite Walzgerüst 3b usw. bis zum sechsten und letzten Walzgerüst 3f der Walzstraße 1. Die Anzahl an Walzgerüsten 3 könnte aber auch größer oder kleiner sein. Entscheidend ist, dass mindestens zwei Walzgerüste 3 vorhanden sind und dass die Walzgerüste 3 von dem Metallband 2 sequenziell nacheinander durchlaufen werden. Eine zugehörige Transportrichtung ist in FIG 1 mit x bezeichnet. Der Begriff "sequenziell nacheinander durchlaufen werden" bedeutet hierbei nicht, dass das Metallband 2 zunächst in einem der Walzgerüste 3 vollständig gewalzt wird und danach im nächsten der Walzgerüste 3 vollständig gewalzt wird. Vielmehr ist mit dem Begriff gemeint, dass das Metallband 2 als Ganzes gesehen zwar gleichzeitig in mehreren Walzgerüsten 3 gewalzt wird, das aber jeder einzelne Abschnitt des Metallbandes 2 die Walzgerüste 3 sequenziell nacheinander durchläuft. Weiterhin sind in FIG 1 und auch den weiteren FIG stets nur die Arbeitswalzen der Walzgerüste 3 dargestellt. In der Regel weisen die Walzgerüste 3 weitere Walzen auf, insbesondere im Falle einer Ausgestaltung als Quartogerüste Stützwalzen oder im Falle einer Ausgestaltung als Sextogerüste Stützwalzen und Zwischenwalzen.

[0031] Die Walzstraße 1 wird von einer Steuereinrichtung 4 gesteuert. Die Steuereinrichtung 4 ist in der Regel als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet. Die Steuereinrichtung 4 ist mit einem Steuerprogramm 5 programmiert. Das Steuerprogramm 5 weist Maschinencode 6 auf, der von der Steuereinrichtung 4 abarbeitbar ist. Im Betrieb arbeitet die Steuereinrichtung 4 den Maschinencode 6 ab. Die Abarbeitung des Maschinencodes 6 durch die Steuereinrichtung 4 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 4 die Walzstraße 1 gemäß einem Betriebsverfahren steuert, das nachstehend näher erläutert wird. Hierbei wird in Verbindung mit FIG 2 zunächst das Grundprinzip der vorliegenden Erfindung erläutert, sodann ebenfalls in Verbindung mit FIG 2 eine übliche Ausgestaltung und sodann in Verbindung mit den FIG 3 bis 5 weitere Ausgestaltungen.

[0032] FIG 2 zeigt ein vorderes Walzgerüst und ein hinteres Walzgerüst. Das vordere Walzgerüst ist - bezogen auf die beiden in FIG 2 dargestellten Walzgerüste 3 - dasjenige Walzgerüst 3, das von dem Metallband 2 zuerst durchlaufen wird. Dementsprechend ist - wiederum bezogen auf die beiden in FIG 2 dargestellten Walzgerüste 3 - das hintere Walzgerüst dasjenige Walzgerüst 3, das von dem Metallband 2 zuletzt durchlaufen wird. In der Regel handelt es sich entsprechend der Darstellung in FIG 2 bei dem hinteren Walzgerüst um das letzte Walzgerüst 3f der Walzstraße 1 und bei dem vorderen Walzgerüst um das vorletzte Walzgerüst 3e der Walzstraße 1. Aus diesem Grund wird nachstehend für das

hintere Walzgerüst das Bezugszeichen 3f verwendet, für das vordere Walzgerüst das Bezugszeichen 3e. Es muss sich bei dem vorderen und dem hinteren Walzgerüst aber nicht um diese beiden Walzgerüste 3 handeln. Weiterhin folgen das vordere und das hintere Walzgerüst 3e, 3f in der Regel innerhalb der Walzstraße 1 unmittelbar aufeinander.

[0033] Gemäß FIG 2 ist der Steuereinrichtung 4 eine Planheitsänderung $\delta F1$ bekannt. Auf die Ermittlung der Planheitsänderung $\delta F1$ wird später noch eingegangen. Die Planheitsänderung $\delta F1$ wird nachfolgend als hintere Planheitsänderung $\delta F1$ bezeichnet, um sie sprachlich von einer später eingeführten vorderen Planheitsänderung $\delta F2$ unterscheiden zu können. Entsprechend der Planheitsänderung $\delta F1$ soll die Planheit des Metallbandes 2 hinter dem hinteren Walzgerüst 3f geändert werden. Die Planheitsänderung $\delta F1$ wird einem Knotenpunkt 7 zugeführt.

[0034] Gemäß FIG 2 ist der Steuereinrichtung 4 weiterhin eine Konturänderung $\delta C1$ bekannt. Auch auf die Ermittlung der Konturänderung $\delta C1$ wird später noch eingegangen. Die Konturänderung $\delta C1$ wird nachfolgend als hintere Konturänderung $\delta C1$ bezeichnet, weil entsprechend der Konturänderung $\delta C1$ die Kontur des Metallbandes 2 hinter dem hinteren Walzgerüst 3f geändert werden soll. Die Steuereinrichtung 4 führt die hintere Konturänderung $\delta C1$ zunächst einem ersten Anpassungsglied 8 zu. In dem ersten Anpassungsglied 8 erfolgt eine Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens von Stellgliedern 9 des vorderen Walzgerüsts 3e und von hinteren Stellgliedern 10 des hinteren Walzgerüsts 3f, insbesondere eine Berücksichtigung des Verhältnisses dieser beiden dynamischen Verhalten. Das Ausgangssignal des ersten Anpassungsgliedes 8 wird dem Knotenpunkt 7 zugeführt.

[0035] In dem Knotenpunkt 7 werden die beiden dem Knotenpunkt 7 zugeführten Werte durch Addition oder Subtraktion miteinander verknüpft. Das Ausgangssignal wird über ein zweites Anpassungsglied 11 den Stellgliedern 9 des vorderen Walzgerüsts 3e zugeführt. In dem zweiten Anpassungsglied 11 erfolgt insbesondere eine Berücksichtigung des Verhältnisses der Dicke des Metallbandes 2 zwischen dem vorderen und dem hinteren Walzgerüst 3e, 3f zur Dicke des Metallbandes 2 hinter dem hinteren Walzgerüst 3f.

[0036] Die Steuereinrichtung 4 führt die nunmehr resultierende Einstellungsänderung für das vordere Walzgerüst 3e den Stellgliedern 9 des vorderen Walzgerüsts 3e zu. Sie steuert also die Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e entsprechend an. Aufgrund der entsprechenden resultierenden Ansteuerung wird eine Einstellung der Stellglieder 9 entsprechend der resultierenden Einstellungsänderung geändert. Im Ergebnis ermittelt somit die Steuereinrichtung 4 die Stellgrößen für die Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e unter Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung $\delta F1$ und zusätzlicher Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Konturänderung $\delta C1$.

[0037] Die Stellglieder 9 wirken auf den Walzspalt des vorderen Walzgerüsts 3e. Die Stellglieder 9 beeinflussen dadurch sowohl die Planheit als auch die Kontur des aus dem vorderen Walzgerüst 3e auslaufenden Metallbandes 2. Beispielsweise kann es sich bei den Stellgliedern 9 um ein Stellglied für eine asymmetrische Keilanstellung des Walzspaltes, um ein Stellglied für eine Walzenbiegung, um ein Stellglied für eine Walzenverschränkung, um ein Stellglied für eine Axialverschiebung von Walzen, um Stellglieder für eine in Breitenrichtung des Metallbandes 2 ortsabhängige Kühlung oder Heizung von Walzen oder um Stellglieder für eine in Breitenrichtung des Metallbandes 2 ortsabhängige Schmierung von Walzen handeln. Auch andere Stellglieder sind möglich. Ausgenommen ist lediglich die symmetrische, über die Breite des Walzspaltes einheitliche Verstellung des Abstandes der Arbeitswalzen des vorderen Walzgerüsts 3e zueinander, also die Einstellung der (mittleren) Banddicke.

[0038] Weiterhin steuert die Steuereinrichtung 4 entsprechend der Darstellung in FIG 2 auch die Stellglieder 10 des hinteren Walzgerüsts 3f an. Eine Einstellung der Stellglieder 10 wird dadurch entsprechend geändert. Die Steuereinrichtung 4 ermittelt die Stellgrößen für die Stellglieder 10 des hinteren Walzgerüsts 3f jedoch ausschließlich unter Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Konturänderung $\delta C1$. Eine Berücksichtigung der hinteren Planheitsänderung $\delta F1$ erfolgt nicht.

[0039] Weiterhin erfolgt die Ansteuerung der Stellglieder 10 nicht direkt, sofort und unmittelbar, sondern über ein Verzögerungsglied 12. Das Verzögerungsglied 12 verzögert die ihm zugeführten Größen um eine Transportzeit $T1$, nachfolgend hintere Transportzeit genannt. Die hintere Transportzeit $T1$ ist diejenige Zeit, während derer ein bestimmter Abschnitt des Metallbandes 2 vom vorderen Walzgerüst 3e zum hinteren Walzgerüst 3f gefördert wird. Es ist also diejenige Zeit, welche zwischen dem Walzen eines bestimmten Abschnitts des Metallbandes 2 in dem vorderen Walzgerüst 3e und dem Walzen desselben Abschnitts des Metallbandes 2 in dem hinteren Walzgerüst 3f verstreicht. Die Transportzeit $T1$ ist nicht notwendigerweise eine Konstante, sondern kann aufgrund einer Wegverfolgung der Abschnitte des Metallbandes 2 jederzeit dynamisch nachgeführt werden.

[0040] Die Steuereinrichtung 4 gibt also zwar - selbstverständlich - auch zu demjenigen Zeitpunkt Stellgrößen an das hintere Walzgerüst 3f aus, zu dem sie Stellgrößen an das vordere Walzgerüst 3e ausgibt. Die zu diesem Zeitpunkt an das hintere Walzgerüst 3f ausgegebenen Stellgrößen sind jedoch auf an das vordere Walzgerüst 3e ausgegebene Stellgrößen bezogen, welche bereits zu einem früheren Zeitpunkt an das vordere Walzgerüst 3e ausgegeben wurden. Die Zeitdifferenz ist genau die hintere Transportzeit $T1$.

[0041] Die Stellglieder 10 des hinteren Walzgerüsts 3f wirken auf den Walzspalt des hinteren Walzgerüsts 3f. Die Stellglieder 10 beeinflussen dadurch sowohl die Planheit als auch die Kontur des aus dem hinteren Walzgerüst 3f auslaufenden Metallbandes 2. Die Stellglieder

10 können gleichartig zu den Stellgliedern 9 des vorderen Walzgerüsts 3e ausgebildet sein und wirken.

[0042] Üblicherweise ist dem hinteren Walzgerüst 3f eine Messeinrichtung 13 nachgeordnet, mittels derer messtechnisch die Kontur $C1$ erfasst wird, die das Metallband 2 hinter dem hinteren Walzgerüst 3f aufweist. Die Kontur $C1$ wird nachfolgend als hintere Istkontur bezeichnet. Weiterhin ist dem hinteren Walzgerüst 3f eine Messeinrichtung 14 nachgeordnet, mittels derer messtechnisch die Planheit $F1$ erfasst wird, die das Metallband 2 hinter dem hinteren Walzgerüst 3f aufweist. Die Planheit $F1$ wird nachfolgend als hintere Istplanheit bezeichnet. Entsprechende Messeinrichtungen 13, 14 sind Fachleuten allgemein bekannt. Die erfasste hintere Istkontur $C1$ und die erfasste hintere Istplanheit $F1$ werden der Steuereinrichtung 4 zugeführt. Die Steuereinrichtung 4 nimmt diese Größen $C1$, $F1$ entgegen.

[0043] Die Steuereinrichtung 4 implementiert einen Konturregler 15. Die Steuereinrichtung 4 führt dem Konturregler 15 die erfasste hintere Istkontur $C1$ und eine Sollkontur $C1^*$ zu. Mittels des Konturreglers 15 ermittelt die Steuereinrichtung 4 anhand der hinteren Istkontur $C1$ und der Sollkontur $C1^*$ die vorzunehmende hintere Konturänderung $\delta C1$. Die Art und Weise, in welcher der Konturregler 15 die vorzunehmende hintere Konturänderung $\delta C1$ ermittelt, kann nach Bedarf bestimmt sein. Im einfachsten Fall nimmt der Konturregler 15 lediglich eine einfache Profilregelung vor, also eine Regelung auf einen (skalaren) Profilwert. Es ist aber auch möglich, dass der Konturregler 15 eine komplexere Art der Regelung vornimmt. In beiden Fällen kann der Konturregler 15 prinzipiell so ausgebildet sein, wie dies auch im Stand der Technik bekannt ist. Es sind aber auch andere Ausgestaltungen möglich.

[0044] Die Steuereinrichtung 4 implementiert weiterhin einen hinteren Planheitsregler 16. Die Steuereinrichtung 4 führt dem hinteren Planheitsregler 16 die erfasste hintere Istplanheit $F1$ und eine Sollplanheit $F1^*$ zu. Die Sollplanheit $F1^*$ wird nachstehend als hintere Sollplanheit bezeichnet. Mittels des hinteren Planheitsreglers 16 ermittelt die Steuereinrichtung 4 anhand der hinteren Istplanheit $F1$ und der hinteren Sollplanheit $F1^*$ die vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$. Der hintere Planheitsregler 16 kann prinzipiell so ausgebildet sein, wie dies auch im Stand der Technik bekannt ist. Es sind aber auch andere Ausgestaltungen möglich.

[0045] Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 3 eine mögliche Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung erläutert. Diese Ausgestaltung baut auf der Ausgestaltung von FIG 2 auf. Nachstehend werden daher nur die zusätzlichen Elemente näher erläutert.

[0046] Entsprechend der Darstellung in FIG 3 ist zusätzlich eine weitere Messeinrichtung 17 vorhanden. Die weitere Messeinrichtung 17 ist zwischen dem vorderen Walzgerüst 3e und dem hinteren Walzgerüst 3f angeordnet. Mittels der weiteren Messeinrichtung 17 wird messtechnisch die Planheit $F2$ erfasst, die das Metallband 2 zwischen dem vorderen Walzgerüst 3e und dem hinteren

Walzgerüst 3f aufweist. Die Planheit F2 wird nachfolgend zur Unterscheidung von der hinteren Istplanheit F1 als vordere Istplanheit bezeichnet. Die erfasste vordere Istplanheit F2 wird ebenfalls der Steuereinrichtung 4 zugeführt. Die Steuereinrichtung 4 nimmt die vordere Istplanheit F2 entgegen.

[0047] Die Steuereinrichtung 4 implementiert weiterhin einen vorderen Planheitsregler 18. Der vordere Planheitsregler 18 kann analog zum hinteren Planheitsregler 16 ausgebildet sein. Die Steuereinrichtung 4 führt dem vorderen Planheitsregler 18 die erfasste vordere Istplanheit F2 und eine Sollplanheit F2* zu. Die Sollplanheit F2* wird nachstehend zur Unterscheidung von der hinteren Sollplanheit F1* als vordere Sollplanheit bezeichnet. Mittels des vorderen Planheitsreglers 18 ermittelt die Steuereinrichtung 4 anhand der vorderen Istplanheit F2 und der vorderen Sollplanheit F2* eine vorzunehmende Planheitsänderung $\delta F2$, nachfolgend als vordere Planheitsänderung bezeichnet.

[0048] Die Steuereinrichtung 4 steuert im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 3 weiterhin zusätzlich auch Stellglieder 19 eines dem vorderen Walzgerüst 3e vorgeordneten weiteren Walzgerüsts 3 an. In der Regel handelt es sich hierbei um das dem vorderen Walzgerüst 3e unmittelbar vorgeordnete Walzgerüst. Aus diesem Grund wird für das weitere Walzgerüst nachstehend das Bezugszeichen 3d verwendet.

[0049] Zur Ermittlung der resultierenden Ansteuerung für die Stellglieder 19 des weiteren Walzgerüsts 3d implementiert die Steuereinrichtung 4 ein drittes Anpassungsglied 20 und einen weiteren Knotenpunkt 21. Dem dritten Anpassungsglied 20 führt die Steuereinrichtung 4 das Ausgangssignal des zweiten Anpassungsgliedes 11 zu. In diesem Signal sind, wie obenstehend erläutert, sowohl die vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$ als auch die vorzunehmende hintere Konturänderung $\delta C1$ berücksichtigt. In dem dritten Anpassungsglied 20 kann beispielsweise eine Berücksichtigung des dynamischen Verhaltens der Stellglieder 19 des weiteren Walzgerüsts 3d und der Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e erfolgen, insbesondere eine Berücksichtigung des Verhältnisses dieser beiden dynamischen Verhalten. Dies ist sogar bevorzugt. Das Ausgangssignal des dritten Anpassungsgliedes 20 wird dem weiteren Knotenpunkt 21 zugeführt.

[0050] Dem weiteren Knotenpunkt 21 wird weiterhin die vordere Planheitsänderung $\delta F2$ zugeführt. In dem weiteren Knotenpunkt 21 werden die beiden dem weiteren Knotenpunkt 21 zugeführten Werte durch Addition oder Subtraktion miteinander verknüpft. Das Ausgangssignal des weiteren Knotenpunkts 21 wird über ein von der Steuereinrichtung 4 ebenfalls implementiertes viertes Anpassungsglied 22 den Stellgliedern 19 des weiteren Walzgerüsts 3d zugeführt. In dem vierten Anpassungsglied 22 erfolgt insbesondere eine Berücksichtigung des Verhältnisses der Dicke des Metallbandes 2 zwischen dem weiteren und dem vorderen Walzgerüst 3d, 3e zur Dicke des Metallbandes 2 zwischen dem vor-

deren und dem hinteren Walzgerüst 3e, 3f. Im Ergebnis ermittelt die Steuereinrichtung 4 somit die Stellgrößen für die Stellglieder 19 des weiteren Walzgerüsts 3d unter Berücksichtigung beider vorzunehmender Planheitsänderungen $\delta F1$, $\delta F2$ und der vorzunehmenden hinteren Konturänderung $\delta C1$.

[0051] Die Steuereinrichtung 4 führt die nunmehr resultierende Einstellungsänderung für das weitere Walzgerüst 3d den Stellgliedern 19 des weiteren Walzgerüsts 3d zu. Sie steuert also die Stellglieder 19 des weiteren Walzgerüsts 3d entsprechend an. Aufgrund der entsprechenden resultierenden Ansteuerung wird eine Einstellung der Stellglieder 19 entsprechend der resultierenden Einstellungsänderung geändert.

[0052] Die Stellglieder 19 wirken auf den Walzspalt des weiteren Walzgerüsts 3e. Die Stellglieder 19 beeinflussen dadurch sowohl die Planheit als auch die Kontur des aus dem weiteren Walzgerüst 3d auslaufenden Metallbandes 2. Die obigen Ausführungen zu den Stellgliedern 9 des vorderen Walzgerüsts 3e sind in analoger Weise anwendbar.

[0053] Analog zur Verzögerung zwischen dem vorderen Walzgerüst 3e und dem hinteren Walzgerüst 3f muss im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch die Ansteuerung der Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e gegenüber der Ansteuerung der Stellglieder 19 des weiteren Walzgerüsts 3d um eine Transportzeit T2 verzögert werden. Die Transportzeit T2 wird nachfolgend vordere Transportzeit genannt. Die vordere Transportzeit T2 ist diejenige Zeit, welche zwischen dem Walzen eines bestimmten Abschnitts des Metallbandes 2 in dem weiteren Walzgerüst 3d und dem Walzen desselben Abschnitts des Metallbandes 2 in dem vorderen Walzgerüst 3e verstreicht. Zur Implementierung der vorderen Transportzeit T2 implementiert die Steuereinrichtung 4 ein weiteres Verzögerungsglied 23, das dem vierten Anpassungsglied 21 nachgeordnet ist. Über das weitere Verzögerungsglied 23 erfolgt die Ansteuerung der Stellglieder 19 des weiteren Walzgerüsts 3d.

[0054] Die relative Verzögerung zwischen der Ansteuerung des vorderen Walzgerüsts 3e und der Ansteuerung des hinteren Walzgerüsts 3f, also die Verzögerung um die hintere Transportzeit T1, soll unverändert beibehalten werden. Dies kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass die Verzögerungszeit des Verzögerungsgliedes 12 entsprechend angepasst wird. Aus systematischen Gründen ist in FIG 3 eine andere Vorgehensweise dargestellt. Bei dieser Vorgehensweise ist die Verzögerungszeit des Verzögerungsgliedes 12 unverändert beibehalten worden, jedoch ein zusätzliches Verzögerungsglied 24 vorhanden, in welchem das dem hinteren Walzgerüst 3f zugeführte Signal zusätzlich zur Verzögerung um die hintere Transportzeit T1 um die vordere Transportzeit T2 verzögert wird.

[0055] Die obenstehend erläuterte Vorgehensweise lässt sich bei Bedarf prinzipiell auch auf noch weiter auf die Eingangsseite der Walzstraße 1 zu liegende Walzgerüste 3 erweitern, also im vorliegenden Fall die Walz-

gerüste 3c, 3b und 3a.

[0056] Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 4 eine weitere mögliche Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung erläutert. Auch diese Ausgestaltung baut auf der Ausgestaltung von FIG 2 auf. Nachstehend werden daher nur die zusätzlichen Elemente näher erläutert.

[0057] Entsprechend der Darstellung in FIG 4 steuert die Steuereinrichtung 4 im Rahmen des erfindungsge-
mäßigen Betriebsverfahrens zusätzlich auch die Stellglieder 19 des Walzgerüsts 3d an, das dem vorderen Walzgerüst 3e vorgeordnet ist. Eine Einstellung der Stellglieder 19 wird dadurch entsprechend geändert. Auch bei der in FIG 4 dargestellten Ausgestaltung ermittelt die Steuereinrichtung 4 eine Ansteuerung der Stellglieder 19 des dem vorderen Walzgerüst 3e vorgeordneten Walzgerüsts 3d unter Berücksichtigung der Ansteuerung der Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e. Vorzugsweise berücksichtigt die Steuereinrichtung 4 bei der Ermittlung der Ansteuerung der Stellglieder 19 des vorgeordneten Walzgerüsts 3d diesen Anteil jedoch nur in einem geringeren Umfang, als sich bei einer Skalierung entsprechend der relativen Dicken des Metallbandes 2 der beteiligten Walzgerüste 3d, 3e ergeben würde. Dadurch kann zur Einlaufseite der Walzstraße hin eine allmähliche Abschwächung der durch die Ansteuerung des vorderen Walzgerüsts 3e bewirkten Verzerrung des Metallbandes 2 vor dem vorderen Walzgerüst 3e realisiert werden. Im Rahmen der Ausgestaltung gemäß FIG 4 gibt die Steuereinrichtung 4 die Stellgrößen für diese Stellglieder 19 ohne Berücksichtigung von Transportzeiten T_1 , T_2 zwischen Walzgerüsten 3d, 3e, 3f an die Stellglieder 19 des vorgeordneten Walzgerüsts 3d aus.

[0058] Die Vorgehensweise von FIG 4 ist prinzipiell auch mit der Vorgehensweise von FIG 3 kombinierbar. In diesem Fall würde das Walzgerüst 3d an die Stelle des Walzgerüsts 3e treten, das Walzgerüst 3c an die Stelle des Walzgerüsts 3d. In jedem Fall erfolgt die in Verbindung mit FIG 4 erläuterte Vorsteuerung ausgehend von dem vordersten Walzgerüst 3e, 3d, dessen Transportzeit T_1 , T_2 zum jeweils nachfolgenden Walzgerüst 3f, 3e im Rahmen der Ansteuerung des hinteren Walzgerüsts 3f berücksichtigt wird.

[0059] Die obenstehend erläuterte Vorgehensweise ist weiterhin auch auf mehrere derartige Walzgerüste 3 erweiterbar, also beispielsweise bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 zusätzlich zum Walzgerüst 3d auf die Walzgerüste 3c, 3b und 3a.!!!

[0060] Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 5 eine weitere mögliche Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung erläutert. Auch diese Ausgestaltung baut auf der Ausgestaltung von FIG 2 auf. Nachstehend werden daher nur die zusätzlichen Elemente dieser Ausgestaltung näher erläutert. Weiterhin ist diese Ausgestaltung nach Bedarf auch mit jeder der Ausgestaltungen gemäß den FIG 3 und 4 kombinierbar.

[0061] Gemäß FIG 5 - und auch bei den FIG 2 bis 4 - ermittelt die Steuereinrichtung 4 die Stellgrößen für die Stellglieder 9, 10 und 19 der beteiligten Walzgerüste 3e,

3f, 3d unter Berücksichtigung der Wirksamkeiten der beteiligten Stellglieder 9, 10, 19. Nachfolgend wird nur auf das vordere Walzgerüst 3e eingegangen, weil es im Rahmen der Ausgestaltung von FIG 5 nur auf das vordere Walzgerüst 3e ankommt.

[0062] Die Wirksamkeiten der Stellglieder 9 können beispielsweise entsprechend der Darstellung in FIG 5 in einer Wirksamkeitsmatrix M zusammengefasst sein, wobei der Wirksamkeitsmatrix M die einzustellende Änderung der Walzspaltkontur - hier also der Walzspaltkontur des vorderen Walzgerüsts 3e - zugeführt wird und mittels der Wirksamkeitsmatrix M die zugehörigen Stellgrößen für die einzelnen Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e ermittelt werden. Diese Stellgrößen sind zum einen anhand der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung $\delta F1$ und der vorzunehmenden hinteren Konturänderung $\delta C1$ ermittelt, weil die einzustellende Walzspaltkontur von genau diesen Größen $\delta F1$, $\delta C1$ abhängt. Zum anderen sind sie anhand der Wirksamkeitsmatrix M und damit unter Berücksichtigung der Wirksamkeiten ermittelt. Die Stellglieder 9 werden von der Steuereinrichtung 4 selbstverständlich entsprechend den ermittelten Stellgrößen angesteuert.

[0063] Gemäß FIG 5 implementiert die Steuereinrichtung 4 eine Identifikationseinrichtung 25. Die Steuereinrichtung 4 führt der Identifikationseinrichtung 25 zu einem die vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$ zu. Alternativ können der Identifikationseinrichtung 25 auch der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung $\delta F1$ zugrundeliegende Größen zugeführt werden, insbesondere die hintere Istplanheit $F1$ und die hintere Sollplanheit $F1^*$ oder deren Differenz. Weiterhin führt die Steuereinrichtung 4 der Identifikationseinrichtung 25 die resultierende Einstellungsänderung des vorderen Walzgerüsts 3e zu, also das Ausgangssignal des zweiten Anpassungsgliedes 11. Alternativ können der Identifikationseinrichtung 25 auch der resultierenden Einstellungsänderung des vorderen Walzgerüsts 3e zugrundeliegende Größen zugeführt werden, insbesondere die vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$ und die vorzunehmende hintere Konturänderung $\delta C1$.

[0064] Die Identifikationseinrichtung 25 weist einen Pufferspeicher 26 auf. Der Pufferspeicher 26 kann beispielsweise als Umlaufspeicher oder als Schieberegister ausgebildet sein. In dem Pufferspeicher 26 speichert die Identifikationseinrichtung 25 die ihr zugeführten Größen für einen Zeitraum. Dieser Zeitraum ist mindestens so groß wie die Summe der hinteren Transportzeit T_1 und einer zusätzlichen Transportzeit T_0 . Die zusätzliche Transportzeit T_0 ist hierbei diejenige Zeit, welche zwischen dem Walzen eines bestimmten Abschnitts des Metallbandes 2 in dem hinteren Walzgerüst 3f und dem Erreichen des Messplatzes verstreicht, an dem die hintere Istplanheit $F1$ messtechnisch erfasst wird.

[0065] Die Identifikationseinrichtung 25 weist weiterhin eine Ermittlungseinrichtung 27 auf. In der Ermittlungseinrichtung 27 verarbeitet die Identifikationseinrichtung 25 Größen, die auf denselben Abschnitt des Metall-

bandes 2 bezogen sind. Zum einen sind dies die zu einem jeweiligen früheren Zeitpunkt vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$ und die hierfür ermittelte resultierende Einstellungsänderung des vorderen Walzgerüsts 3e. Weiterhin ist dies aber auch die zu einem späteren Zeitpunkt vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$. Die Differenz zwischen dem späteren Zeitpunkt und dem früheren Zeitpunkt ist hierbei gleich der Summe der hinteren Transportzeit $T1$ und der zusätzlichen Transportzeit $T0$. Die für den späteren Zeitpunkt vorzunehmende hintere Planheitsänderung $\delta F1$ enthält also eine Information darüber, in welchem Ausmaß die zu dem früheren Zeitpunkt vorgenommene Korrektur durch die resultierende Einstellungsänderung tatsächlich zu der für den früheren Zeitpunkt ermittelten hinteren Planheitsänderung $\delta F1$ geführt hat. Anhand dieser Ermittlung kann die Identifikationseinrichtung 25 daher die Wirksamkeiten der Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e nachführen.

[0066] Die Kernelemente der vorgehenden Erfindung werden nachstehend nochmals kurz in Verbindung mit FIG 6 erläutert.

[0067] Gemäß FIG 6 nimmt die Steuereinrichtung 4 in einem Schritt S1 Messwerte zumindest für die hintere Istplanheit F1 und die hintere Istkontur C1 entgegen. Gegebenenfalls nimmt die Steuereinrichtung 4 im Schritt S1 auch weitere Messwerte entgegen, beispielsweise die vordere Istplanheit F2. In einem Schritt S2 ermittelt die Steuereinrichtung 4 die hintere Planheitsänderung $\delta F1$ und die Konturänderung $\delta C1$. Gegebenenfalls ermittelt die Steuereinrichtung 4 im Schritt S2 auch weitere Planheitsänderungen, beispielsweise die vordere Planheitsänderung $\delta F2$. In einem Schritt S3 steuert die Steuereinrichtung 4 die Stellglieder der Walzgerüste 3 an. Zumindest die Stellglieder 9, 10 des vorderen und des hinteren Walzgerüsts 3e, 3f steuert die Steuereinrichtung 4 hierbei auf die erfindungsgemäße Art und Weise an. Gegebenenfalls kann die Steuereinrichtung im Schritt S3 auch die Stellglieder 19 weitere Walzgerüste 3d auf erfindungsgemäße Art und Weise ansteuern. Die Ansteuerung der Stellglieder 9 und 10 und gegebenenfalls auch 19 erfolgt unter Berücksichtigung der relevanten Transportzeiten $T1$, $T2$. In einem optionalen Schritt S4 kann die Steuereinrichtung 4 über die Identifikationseinrichtung 25 die Wirksamkeiten der Stellglieder 9 des vorderen Walzgerüsts 3e nachführen.

[0068] Entsprechend der Darstellung in FIG 6 führt die Steuereinrichtung 4 die Schritte S1 bis S4 iterativ aus. Eine Zykluszeit T für die einmalige Ausführung der Schritte S1 bis S4 kann im Bereich weniger Millisekunden. In diesem Fall führt die Steuereinrichtung 4 das erfindungsgemäße Betriebsverfahren in Echtzeit aus. Es handelt sich um eine sogenannte Level-1-Automatisierung. Alternativ kann die Zykluszeit auch größere Werte (bis zu mehreren Sekunden) aufweisen. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 4 das erfindungsgemäße Betriebsverfahren alternativ im Rahmen der Level-1-Automatisierung oder im Rahmen einer Level-2-Automatisierung

ausführen.!!!

[0069] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere können die Kontur C1 und die Planheit F1 auslaufseitig des hinteren Walzgerüsts 3f unabhängig voneinander eingestellt und geregelt werden. Aufgrund der entkoppelten Regelung vereinfachen sich weiterhin der Entwurf und das Design des Konturreglers 15 und des Planheitsreglers 16. Weiterhin erhöhen sich aufgrund des Umstands, dass keine Rücksicht auf gegenseitige Kopplungen mehr genommen werden muss, die Freiheiten beim Reglerdesign. Die Programmierung einer Steuereinrichtung des Standes der Technik kann ohne weiteres nachträglich geändert werden, so dass die Steuereinrichtung danach erfindungsgemäß wirkt. Ein Austausch der Steuereinrichtung als solches, also ein Austausch der Hardware, ist nicht erforderlich.

[0070] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Varianten können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0071]

1	Walzstraße
2	Metallband
3	Walzgerüste
4	Steuereinrichtung
5	Steuerprogramm
6	Maschinencode
7, 21	Knotenpunkte
8, 11, 20, 22	Anpassungsglieder
9, 10, 19	Stellglieder
12, 23, 24	Verzögerungsglieder
13, 14, 17	Messeinrichtungen
15	Konturregler
16, 18	Planheitsregler
25	Identifikationseinrichtung
26	Pufferspeicher
27	Ermittlungseinrichtung
C1, C1*	Konturen
F1, F1*	Planheiten
F2, F2*	Planheiten
$\delta C1$	Konturänderung
$\delta F1$, $\delta F2$	Planheitsänderungen
M	Wirksamkeitsmatrix
S1 bis S4	Schritte
T	Zykluszeit
$T0$, $T1$, $T2$	Transportzeiten
x	Transportrichtung

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine Walzstraße (1) mit mehreren Walzgerüsten (3), die von einem Metallband (2) sequenziell nacheinander durchlaufen werden, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** eine Steuereinrichtung (4) der Walzstraße (1) sowohl Stellglieder (10) eines hinteren Walzgerüsts (3f) als auch Stellglieder (9) eines dem hinteren Walzgerüst (10) vorgeordneten vorderen Walzgerüsts (3e) ansteuert, 10

- **dass** die Steuereinrichtung (4) Stellgrößen für die Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) unter Berücksichtigung einer vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$) und zusätzlicher Berücksichtigung einer vorzunehmenden Konturänderung ($\delta C1$) ermittelt und die Stellglieder des vorderen Walzgerüsts (3e) entsprechend ansteuert, 15

- **dass** die Steuereinrichtung (4) Stellgrößen für die Stellglieder (10) des hinteren Walzgerüsts (3f) unter Berücksichtigung der vorzunehmenden Konturänderung ($\delta C1$), aber ohne Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$) ermittelt und die Stellglieder (10) des hinteren Walzgerüsts (3f) entsprechend ansteuert, 20

- **dass** die Steuereinrichtung (4) die Stellgrößen für die Stellglieder (10) des hinteren Walzgerüsts (3f) gegenüber den korrespondierenden Stellgrößen für die Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) jedoch um eine hintere Transportzeit ($T1$) verzögert an die Stellglieder (10) des hinteren Walzgerüsts (3f) ausgibt und 25

- **dass** die hintere Transportzeit ($T1$) diejenige Zeit ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes (2) in dem vorderen Walzgerüst (3e) und dem Walzen des Metallbandes (2) in dem hinteren Walzgerüst (3f) verstreicht. 30

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) eine hintere Istplanheit ($F1$) und eine hintere Istkontur ($C1$) entgegennimmt, die das Metallband (2) hinter dem hinteren Walzgerüst (3f) der Walzstraße (1) aufweist, 45

- **dass** die Steuereinrichtung (4) einen hinteren Planheitsregler (16) und einen Konturregler (15) implementiert, 50

- **dass** die Steuereinrichtung (4) die vorzunehmende hintere Planheitsänderung ($\delta F1$) mittels des hinteren Planheitsreglers (16) anhand der hinteren Istplanheit ($F1$) und einer hinteren Sollplanheit ($F1^*$) ermittelt und 55

- **dass** die Steuereinrichtung (4) die vorzunehm-

mende Konturänderung ($\delta C1$) mittels des Konturreglers (15) anhand der hinteren Istkontur ($C1$) und einer Sollkontur ($C1^*$) ermittelt.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) eine vordere Istplanheit ($F2$) entgegennimmt, die das Metallband (2) zwischen dem vorderen Walzgerüst (3e) und dem hinteren Walzgerüst (3f) der Walzstraße (1) aufweist,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) einen vorderen Planheitsregler (18) implementiert,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) mittels des vorderen Planheitsreglers (18) anhand der vorderen Istplanheit ($F2$) und einer vorderen Sollplanheit ($F2^*$) eine vorzunehmende vordere Planheitsänderung ($\delta F2$) ermittelt,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) zusätzlich auch Stellglieder (19) eines dem vorderen Walzgerüst (3e) vorgeordneten weiteren Walzgerüsts (3d) ansteuert,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) Stellgrößen für die Stellglieder (19) des weiteren Walzgerüsts (3d) unter Berücksichtigung der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$), der vorzunehmenden Konturänderung ($\delta C1$) und der vorzunehmenden vorderen Planheitsänderung ($\delta F2$) ermittelt und die Stellglieder (19) des weiteren Walzgerüsts (3d) entsprechend ansteuert,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) die Stellgrößen für die Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) gegenüber den korrespondierenden Stellgrößen für die Stellglieder (19) des weiteren Walzgerüsts (3d) jedoch um eine vordere Transportzeit ($T2$) verzögert an die Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) ausgibt und

- **dass** die vordere Transportzeit ($T2$) diejenige Zeit ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes (2) in dem weiteren Walzgerüst (3d) und dem Walzen des Metallbandes (2) in dem vorderen Walzgerüst (3e) verstreicht.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) dasjenige Walzgerüst (3e) selektiert, gegenüber dem die Ansteuerung des diesem Walzgerüst (3e) nachfolgenden Walzgerüsts (3f) erstmals um die Transportzeit ($T1$) verzögert ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes (2) in dem einen und dem anderen dieser beiden Walzgerüste (3e, 3f) verstreicht,

- **dass** die Steuereinrichtung (4) zusätzlich auch Stellglieder (19) mindestens eines dem selektierten Walzgerüst (3e) vorgeordneten Walzge-

- rüsts (3d) ansteuert und eine Einstellung der Stellglieder (19) des dem selektierten Walzgerüsts (3e) vorgeordneten Walzgerüsts (3d) dadurch entsprechend geändert wird,
- **dass** die Steuereinrichtung (4) eine Ansteuerung der Stellglieder (19) des dem selektierten Walzgerüsts (3e) vorgeordneten Walzgerüsts (3d) unter Berücksichtigung der Ansteuerung der Stellglieder (9) des selektierten Walzgerüsts (3e) ermittelt, welche ihrerseits unter Berücksichtigung einer vorzunehmenden Planheitsänderung ($\delta F1$) und einer vorzunehmenden Konturänderung ($\delta C1$) ermittelt wurde,
 - **dass** die Steuereinrichtung (4) die Stellgrößen für die Stellglieder (19) des dem selektierten Walzgerüsts (3e) vorgeordneten Walzgerüsts (3d) ohne Berücksichtigung von Transportzeiten ($T1$, $T2$) zwischen Walzgerüsten (3d, 3e, 3f) an die Stellglieder (19) des dem selektierten Walzgerüsts (3e) vorgeordneten Walzgerüsts (3d) ausgibt.
5. Betriebsverfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (4) bei der Ermittlung der Ansteuerung der Stellglieder (19) des dem selektierten Walzgerüsts (3e) vorgeordneten Walzgerüsts (3d) die Ansteuerung der Stellglieder (19) des selektierten Walzgerüsts (3e) in einem geringerem Umfang berücksichtigt, als sich bei einer Skalierung entsprechend der relativen Dicken des Metallbandes (2) der beteiligten Walzgerüste (3d, 3e) ergeben würde.
6. Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
- **dass** die Steuereinrichtung (4) anhand der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$) und der vorzunehmenden Konturänderung ($\delta C1$) unter Berücksichtigung von Wirksamkeiten von Stellgliedern (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) Stellgrößen für die Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) ermittelt und die Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) entsprechend den ermittelten Stellgrößen ansteuert,
 - **dass** die Steuereinrichtung (4) eine Identifikationseinrichtung (25) implementiert,
 - **dass** die Steuereinrichtung (4) der Identifikationseinrichtung (25) die vorzunehmende hintere Planheitsänderung ($\delta F1$) und/oder der vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$) zugrundeliegende Größen zuführt,
 - **dass** die Steuereinrichtung (4) der Identifikationseinrichtung (25) eine resultierende Einstellungsänderung des vorderen Walzgerüsts (9)
- und/oder der resultierenden Einstellungsänderung zugrundeliegende Größen zuführt,
- **dass** die Identifikationseinrichtung (25) die ihr zugeführten Größen für einen Zeitraum speichert, der mindestens so groß wie die Summe der hinteren Transportzeit ($T1$) und einer zusätzlichen Transportzeit ($T0$) ist,
 - **dass** die zusätzliche Transportzeit ($T0$) diejenige Zeit ist, welche zwischen dem Walzen des Metallbandes (2) in dem hinteren Walzgerüst (3f) und dem Erreichen eines Messplatzes verstreicht, an dem die hintere Istplanheit ($F1$) messtechnisch erfasst wird,
 - **dass** die Identifikationseinrichtung (25) die Wirksamkeiten der Stellglieder (9) des vorderen Walzgerüsts (3e) anhand der zu einem jeweiligen späteren Zeitpunkt vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$, der zu einem jeweiligen früheren Zeitpunkt vorzunehmenden hinteren Planheitsänderung ($\delta F1$) und der für den früheren Zeitpunkt ermittelten resultierenden Einstellungsänderung nachführt und
 - **dass** die Differenz zwischen dem späteren Zeitpunkt und dem früheren Zeitpunkt gleich der Summe der hinteren Transportzeit ($T1$) und der zusätzlichen Transportzeit ($T0$) ist.
7. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuereinrichtung (4) das Betriebsverfahren in Echtzeit ausführt.
8. Steuerprogramm für eine Steuereinrichtung (4) für eine Walzstraße (1), die mehrere Walzgerüste (3) aufweist, die von einem Metallband (2) sequenziell nacheinander durchlaufen werden, wobei das Steuerprogramm Maschinencode (6) aufweist, der von der Steuereinrichtung (4) abarbeitbar ist, wobei die Abarbeitung des Maschinencodes (6) durch die Steuereinrichtung (4) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (4) die Walzstraße (1) gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 steuert.
9. Steuereinrichtung für eine Walzstraße (1), die mehrere Walzgerüste (3) aufweist, die von einem Metallband (2) sequenziell nacheinander durchlaufen werden, wobei die Steuereinrichtung mit einem Steuerprogramm (5) nach Anspruch 8 programmiert ist, so dass die Steuereinrichtung die Walzstraße (1) im Betrieb der Walzstraße (1) gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 steuert.
10. Walzstraße zum Walzen eines Metallbandes (2),
- wobei die Walzstraße mehrere Walzgerüste (3) aufweist, die von dem Metallband (2) se-

quenziell nacheinander durchlaufen werden,
- wobei die Walzstraße eine die Walzstraße
steuernde Steuereinrichtung (4) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

5

dass die Steuereinrichtung (4) gemäß Anspruch 9
ausgebildet ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

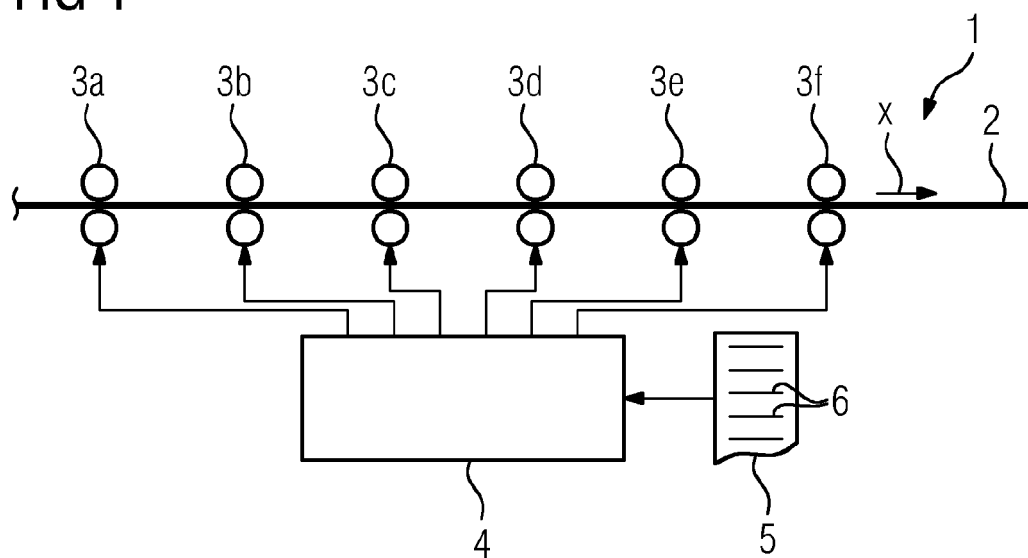


FIG 2

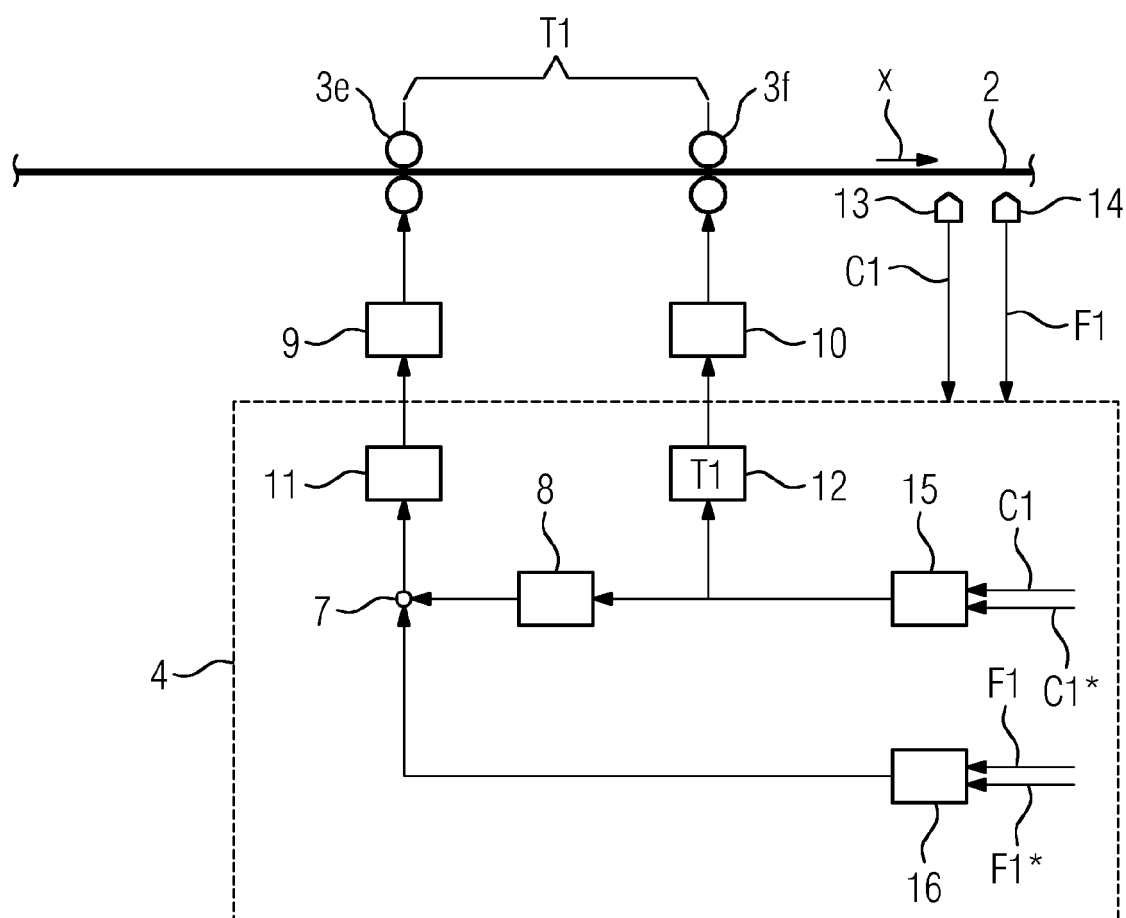


FIG 3

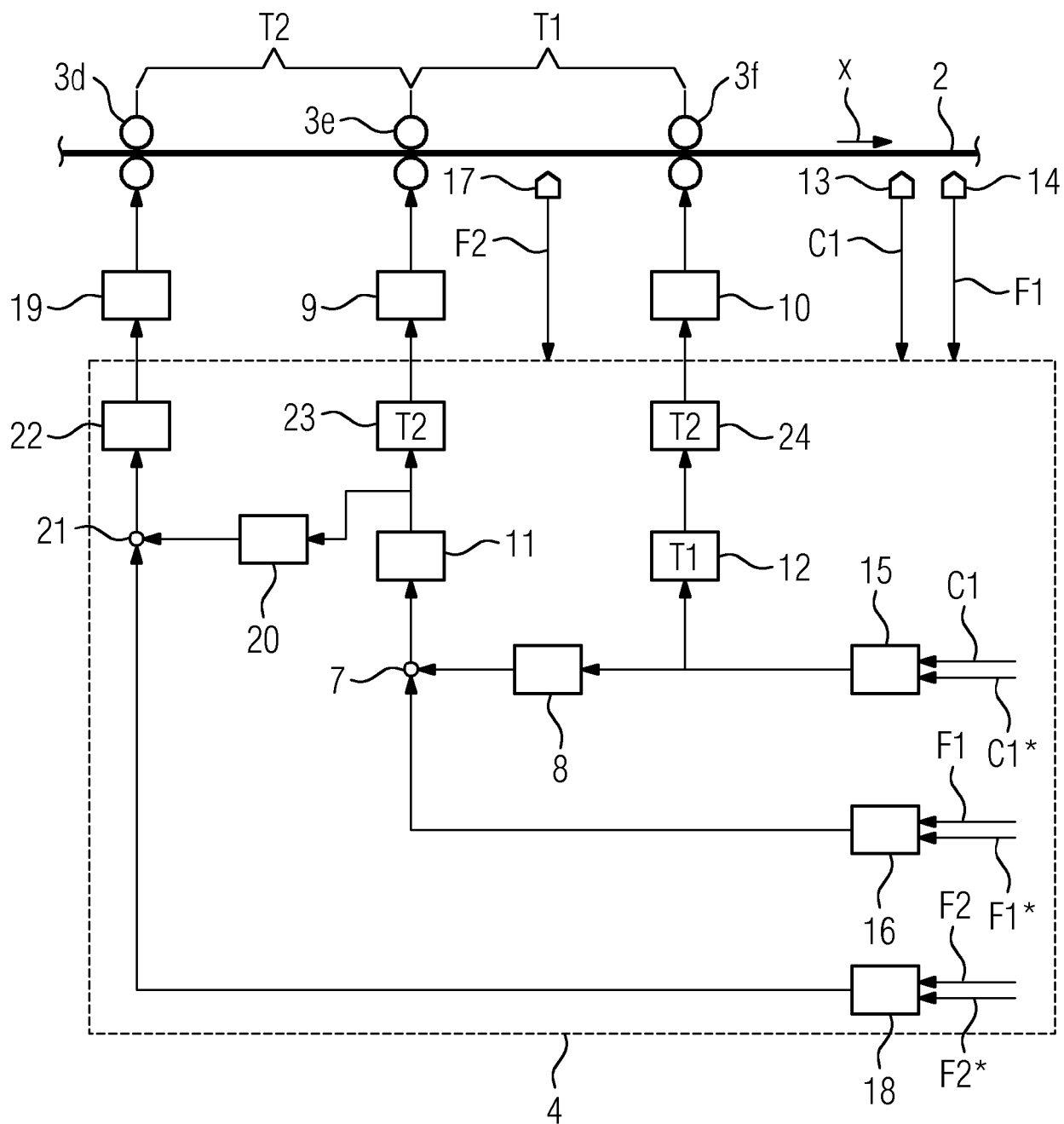


FIG 4

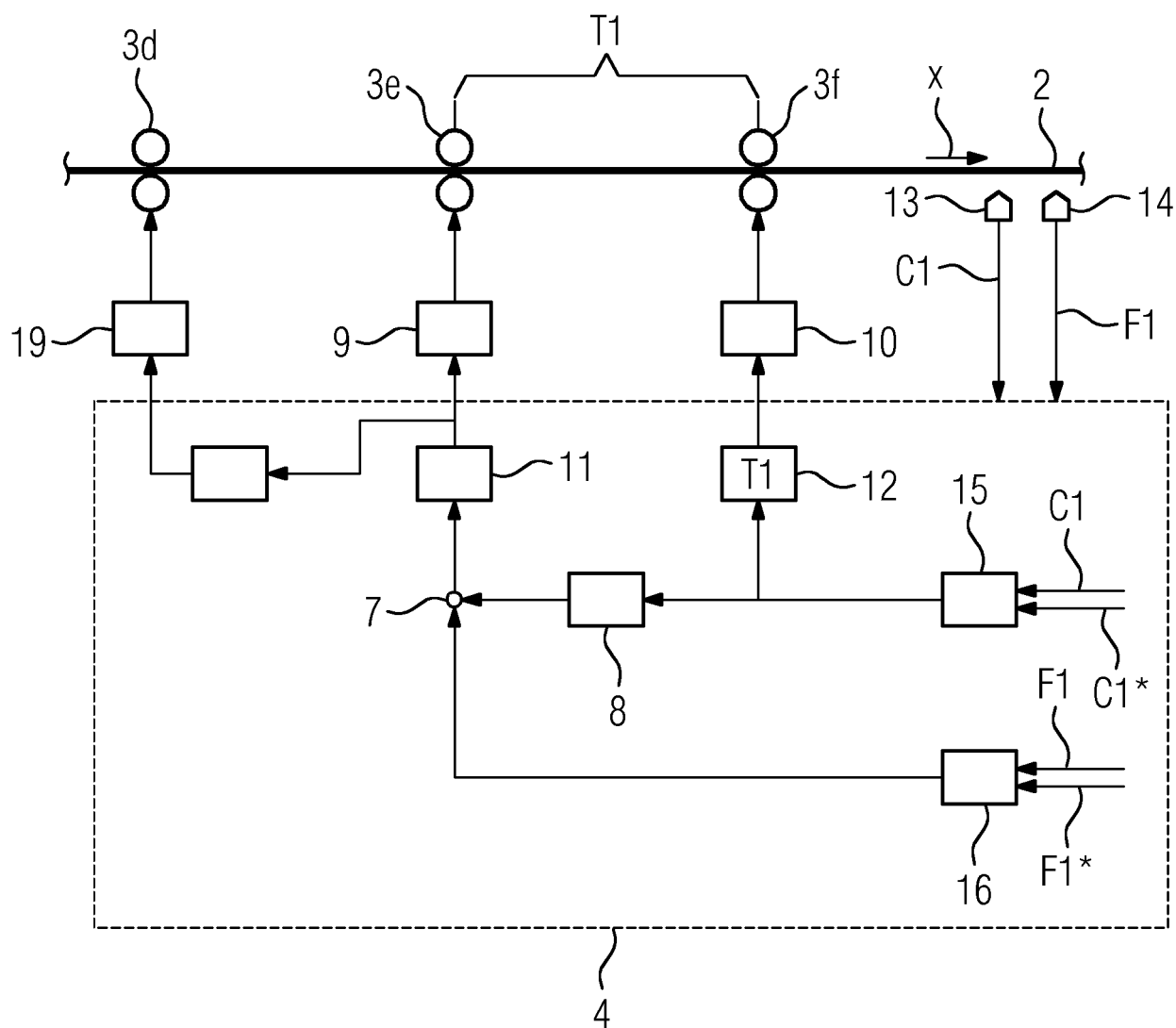


FIG 5

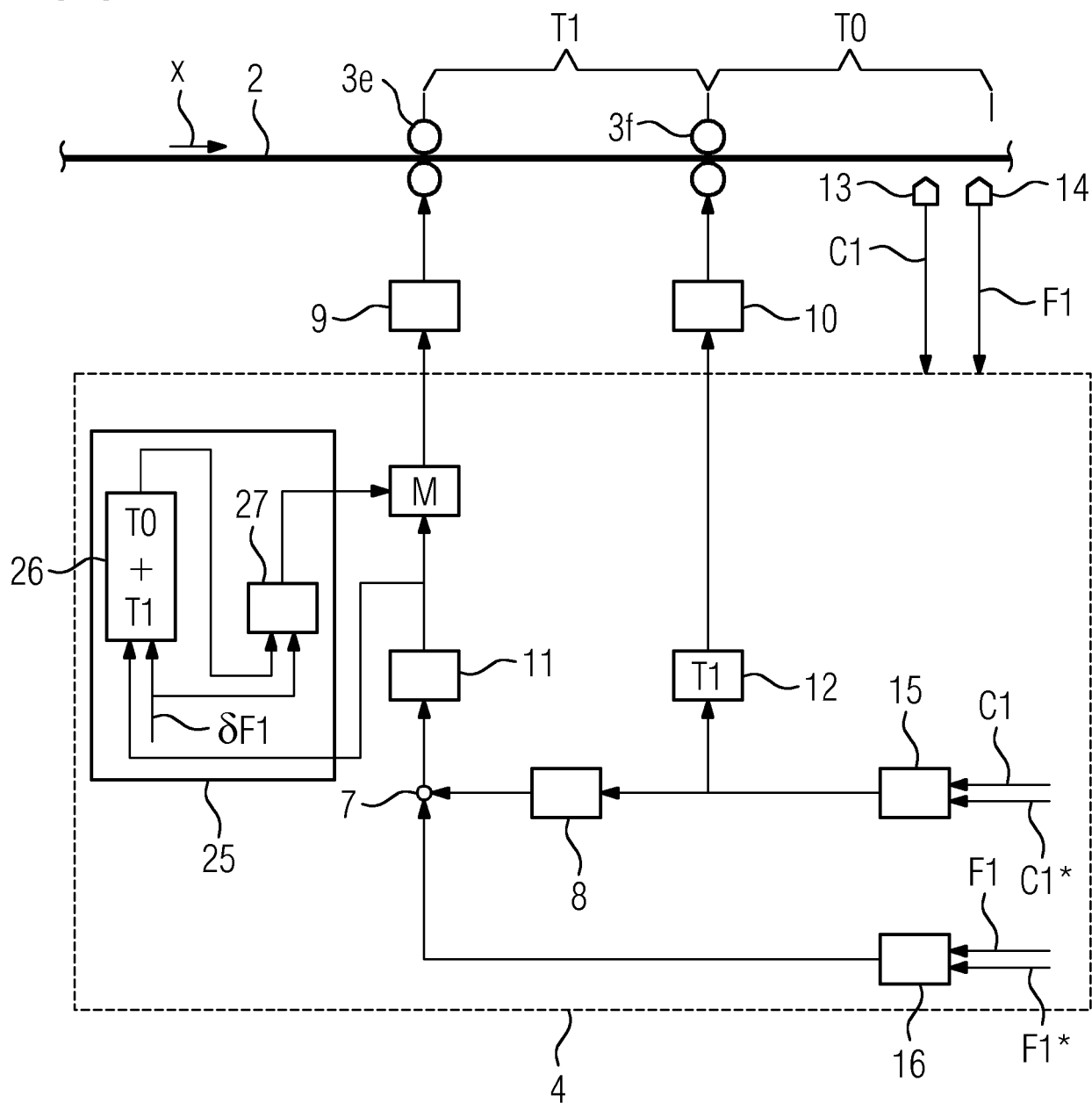
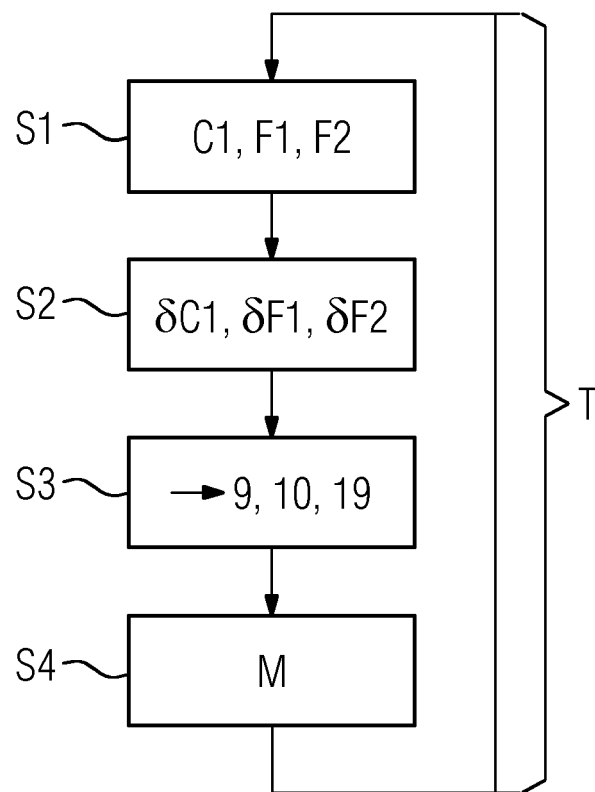


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 19 8437

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 34 01 894 A1 (SCHLOEMANN SIEMAG AG [DE]) 25. Juli 1985 (1985-07-25) * Ansprüche 1-12; Abbildungen 1-4 *	1-10	INV. B21B37/28
A	DE 38 23 767 A1 (ESCHER WYSS AG [CH]) 26. Januar 1989 (1989-01-26) * Ansprüche 1-6; Abbildung 1 *	1-10	
A	DE 103 24 679 A1 (SIEMENS AG [DE]) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) * Ansprüche 1-8; Abbildungen 1-2 *	1-10	
A	DE 198 51 554 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18. Mai 2000 (2000-05-18) * Ansprüche 1-14; Abbildungen 1-3 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Februar 2019	Prüfer Forciniti, Marco
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 19 8437

5 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.

25-02-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 3401894	A1	25-07-1985	KEINE	

15	DE 3823767	A1	26-01-1989	KEINE	

	DE 10324679	A1	23-12-2004	DE 10211623 A1	16-10-2003
				DE 10324679 A1	23-12-2004

20	DE 19851554	A1	18-05-2000	AT 408728 B	25-02-2002
				DE 19851554 A1	18-05-2000

25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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