

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. April 2004 (15.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/031059 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B65H 23/10**,  
23/188

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002998

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. September 2003 (10.09.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 45 587.2 27. September 2002 (27.09.2002) DE  
103 03 122.7 27. Januar 2003 (27.01.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **KOENIG & BAUER AKTIENGESELLSCHAFT**  
[DE/DE]; Friedrich-Koenig-Str. 4, 97080 Würzburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GRETSCH, Harald**,  
**Karl** [DE/DE]; Schiessmauer 2, 97246 Eibelstadt (DE).  
**GROSS, Reinhard, Georg** [DE/DE]; Weingartenstr.63,  
97337 Dettelbach (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **KOENIG & BAUER AK-  
TIENGESELLSCHAFT**; Friedrich-Koenig-Str. 4, 97080  
Würzburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE REGULATION OF THE WEB TENSION IN A MULTI-WEB SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REGELUNG DER BAHNSPANNUNG EINES MEHRBAHN-  
SYSTEMS

(57) Abstract: The invention relates to a method for the regulation of the web tension in a multi-web system. At least two webs firstly run through at least one processing step, independently of each other and are subsequently combined to give one strand there-  
after, whereby the web tensions of the at least two webs are adjusted to each other by means of a first regulation process. Each web for combination has the web tension regulated on the web path thereof by a dedicated second regulation process different from said regulation process.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Regeln von Bahnspannungen eines Mehrbahnsystems, wobei zunächst wenigstens zwei Bahnen jeweils zumindest eine Bearbeitungsstufe getrennt voneinander durchlaufen, um im Anschluss daran zu einem Strang zusammengeführt zu werden, werden mittels eines ersten Regelprozesses die Bahnspannungen der wenigstens zwei Bahnen zueinander eingestellt. Je zusammen zu führender Bahn wird deren Bahnspannung auf ihrem Bahnweg durch einen eigenen, vom genannten Regelprozess verschiedenen zweiten Regelprozess geregelt.



WO 2004/031059 A2

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Bahnspannung eines Mehrbahnsystems

Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Bahnspannung eines Mehrbahnsystems gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1, 18, 21 bzw. 22.

Durch die EP 08 37 825 A2 ist ein Verfahren zur Regelung der Bahnspannung von mehreren Bahnen bekannt, wobei anhand der jeweiligen Bahnspannung mehrerer Bahnen über eine auf Fuzzy-Logik basierende Regelung die Bahnspannungsniveaus zueinander geregelt werden.

Aus der DE 100 27 471 A1 ist ein Verfahren zur Regelung von Bahnspannungen im Mehrbahnbetrieb bekannt, wobei zunächst absolute und relative Spannungen der Bahnen zueinander am Trichtereinlauf eingestellt werden. Dies erfolgt vorzugsweise mit dem jeweiligen Einzugwerk.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Bahnspannung eines Mehrbahnsystems zu schaffen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1, 18, 21 bzw. 22 gelöst.

Die Erfindung schafft ein System zur selbsteinstellenden Regelung der Bahnspannung für mehrbahnige Bearbeitungsmaschinen, insbesondere Rotationsdruckmaschinen. Es ist durch seine geschlossene Regelung eine wesentliche Weiterentwicklung gegenüber derzeit in Rotationsdruckmaschinen üblichen Bahnspannungs-Kontrollsystemen. Das System ist für dreifach- bzw. doppeltbreite Druckmaschinen von Vorteil.

Das auf der Fuzzy-Logik basierenden Regelungskonzept leistet einen innovativen Beitrag für mehr Produktionssicherheit und Qualitätskonstanz in einer unter Kostengesichtspunkten zunehmend auf weniger Makulatur und weniger manuelle Eingriffe ausgerichteten Produktion. Die Regelung unterstützt den Bediener beim Anfahren der Maschine, entlastet ihn bei der Bahnspannungsregelung während des Fortdruckes und leistet einen Beitrag zu mehr Stabilität in allen Phasen der Produktion.

Auf dem Weg durch die Rotationsdruckmaschine vom Rollenwechsler über das Einzugwerk, die Druckeinheiten und den Überbau bis in den Falzapparat weist eine Papierbahn unterschiedliche Spannungszustände (bzw. Spannungsrelief oder Spannungsprofil) auf, wobei die verwendete Papiersorte (Hersteller, Grammatur, Papiertyp), das mehrmalige Aufbringen von Druckfarbe und ggf. Feuchtwasser (im Offsetverfahren), die angetriebenen Zugelemente (Einzugwerk mit oder ohne Tänzerwalze, Zugwalze, Trichtereinlaufwalze) sowie Geschwindigkeitsänderungen das reale Spannungsprofil der Papierbahn innerhalb der Maschine beeinflussen. Noch anspruchsvoller und komplexer ist das Regeln einer konstanten Bahnspannung im Mehrbahnenbetrieb. Dort ist im Überbau, beim Trichtereinlauf und im Falzapparat auch die relative Spannung der einzelnen Papierbahnen zueinander für optimale Bahnlauf- und Druckbedingungen von Bedeutung.

Bahnspannungsregelsysteme auf der Basis von PID-Reglern sind bereits heute an modernen Zeitungsoffsetmaschinen im Bereich der Rollenwechsler und Einzugwerke mit Tänzerwalze realisiert. Die nachgelagerten Zugeinrichtungen in der Maschine (nach den Druckwerken und im Trichtereinlauf) und Nachbaraggregate (andere Rollenwechsler und Einzugwerke) werden dabei jedoch nicht übergreifend einbezogen und geregelt. Von besonderem Vorteil der Erfindung ist daher die Kopplung der Zugelemente entsprechend der Produktionssituation in ein übergreifendes, selbstregelndes Bahnspannungssystem.

Mit der intelligenten Bahnspannungsregelung der Erfindung sollen sowohl ein optimales Spannungsprofil jeder einzelnen Papierbahn innerhalb der Maschine als auch optimierte Spannungsprofile der einzelnen Papierbahnen zueinander gewährleistet werden, um die Anfahrsicherheit zu erhöhen (Vermeidung von Papierrissen), die Netto-Produktionsleistung zu steigern (durch weniger störungsbedingte Stillstandszeiten), eine gleichförmige Druckqualität zu erreichen (weniger Registerdifferenzen) und die Laufsicherheit im Mehrbahnenbetrieb zu verbessern.

Bei der vorliegenden Regelung stellt die Software auf Basis der Fuzzy-Logik in Abhängigkeit von der Situation am Trichtereinlauf und der jeweiligen Papierprofile das optimale Spannungsniveau innerhalb einer Papierbahn ein und nimmt die optimale Abstimmung der Bahnen zueinander vor. Mittels der Papierprofile, d. h. vorliegender Informationen (z. B. Spannungs-Dehnungscharakteristik) über das Verhalten der bestimmten Papiersorte, wird dabei das sortentypische Verhalten jeder Papierbahn berücksichtigt. Zur schnellen Festlegung der Einstelllogik ist im System Expertenwissen hinterlegt.

Das intelligente Regelungssystem regelt direkt die tatsächlich gemessenen Spannungswerte der Papierbahnen in der Bearbeitungsmaschine und nicht indirekt auf Dehnungsmessung und -steuerung basierend über Motor-Momente. Dies bringt Vorteile im Hinblick auf Effizienz sowie der positiven Wirkung auf Makulatur, Produktionskosten und Bedienergonomie.

Ein wichtiger Punkt ist es, dass die Regelung basierend auf Fuzzy-Technologie auf Expertenwissen zurückgreift, und der Bediener keine Einstellungen mehr treffen muss. Die die Produktion betreffenden Messwerte werden „eingeholt“ und die betreffenden Aggregate zur Beeinflussung der Spannung direkt angesprochen. Im Gegensatz zu einem diskreten Regler, wird im vorliegenden Regelsystem nahezu immer eine ideale Gesamtlösung gefunden, ohne dass eine bestimmte Regelgröße exakt eingehalten

werden muss und eine Gesamtlösung wie beim diskreten Regler damit ggf. nicht erzielbar ist. Dies gilt insbesondere für den die Einzelbahn betrachtenden Regler, welcher eine Vorgabe vom alle Bahnen betrachtenden Regler erhält. Von Vorteil ist es jedoch, wenn auch der letztgenannte mit Fuzzy-Logik arbeitet, um ggf. Kompromisslösungen für die Vorgabe der erstgenannten Regler vorzugeben.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Druckmaschine mit mehreren Bahnen;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Regelung mit zwei Regelprozessen;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Regelung der Druckmaschine aus Fig. 1;

Fig. 4 eine grafische Darstellung des Verlaufs der Bahnspannung einer Bahn entlang ihres Weges;

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm des bahnbefugenen Regelprozess;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Zuordnungsdiagramms;

Fig. 7 ein Ablaufdiagramm des mehrbahnbezogenen Regelprozess.

Fig. 1 zeigt einen Weg mehrerer, mindestens zweier Bahnen B1; B2; B3; B4, z. B. Materialbahn B1; B2; B3; B4, z. B. Papierbahn B1; B2; B3; B4 durch eine

Bearbeitungsmaschine, insbesondere Druckmaschine, mit die Bahnspannung wesentlich beeinflussenden, schematisch dargestellten Aggregaten:

Die Bahn B1; B2; B3; B4, beispielhaft an der Bahn B1 erläutert, wird von einer Versorgung 01, z. B. einem Rollenwechsel 01, gespeist und durchläuft mindestens eine Zugeinrichtung (bzw. Bremseinrichtung) 02 zur Förderung und Einstellung einer Bahnspannung, z. B. ein Einzugwerk 02, bevor sie eine Bearbeitungsstufe 03, z. B. mindestens eine Druckeinheit 03 mit ein oder mehreren Druckwerken, durchläuft. Das Einzugwerk 02 kann gleichzeitig ein Stellglied 02 zur Einstellung der Spannung vor der Druckeinheit 03 darstellen. Nach einer der Bahn B1 zugeordneten letzten Druckstelle durchläuft sie eine Messstelle 04 (nDE: nach Druckeinheit 03) zur Ermittlung der Bahnspannung und anschließend ein die Bahnspannung beeinflussendes Stellglied 05, z.B. eine Zugwalze 05 bzw. Walzen-/Zuggruppe 05. In einem nicht dargestellten Oberbau können Wendestangen und Längsschneideinrichtungen angeordnet sein, durch welche entweder ungeschnittene Bahnen B1 gewendet oder gestürzt, oder Bahnen B1 zunächst geschnitten und dann gewendet oder gestürzt werden können. Vor dem Einlauf der Bahn B1 (bzw. der Teilbahnen) in eine sog. Harfe 07 (eine Mehrzahl von mehreren Bahnen B1; B2; B3; B4 bzw. Teilbahnen zugeordneten Umlenkwalzen), ist für jede Bahn B1 (bzw. jede Teilbahn) eine Messstelle 06 (vTE: vor Trichtereinlauf) zur Ermittlung der Bahnspannung vorgesehen. Die Messstelle 04 „nach der Druckeinheit“ meint somit eine Messstelle 04 vor dem der Druckeinheit 03 nachfolgenden Zugelement 05 oder zumindest vor einer ggf. vorhandenen Schneid- und/oder Wendeeinrichtung. Nach der Harfe 07 werden die Bahn B1 (bzw. deren Teilbahnen) zusammen mit anderen Bahnen B2; B3; B4 (bzw. deren Teilbahnen) zu einem oder mehreren Strängen 13 zusammengeführt, passieren ein weiteres die Bahnspannung beeinflussendes Stellglied 08, eine Zugwalze 08 bzw. Walzen-/Zuggruppe 08, z. B. eine sog. Trichtereinlaufwalze 08, bevor sie beispielsweise durch einen oder mehrere Trichter 09 längs gefalzt werden. Die Messstelle 06 „vor Trichtereinlauf bzw. Harfe“ meint somit eine Messstelle 06 für die einzelne Bahn bzw. Teilbahn vor dem Zusammenfassen von Bahnen bzw. Teilbahnen an der

Trichtereinlaufwalze 08 (oder einer anderen vorgelagerten, mehreren Bahnen zugeordneten Walzte) und nach dem Zugelement 05 bzw., falls vorhanden, nach einer Schneide- und/oder Wendeeinrichtung. Wird das Produkt nicht wieder aufgewickelt, so durchlaufen die Bahnen B1; B2; B3; B4 (bzw. Teilbahnen) im Strang 13 ein weiteres die Bahnspannung beeinflussendes Stellglied 10, eine weitere Zugwalze 10 bzw. Walzen-/Zuggruppe 10, z. B. Falzzugwalzen 10, und werden in mindestens einem Falzapparat 11 zumindest einmal quer gefalzt. Das o. g. Einzugwerk 02 weist ein die Bahnspannung beeinflussendes Stellglied 16, eine Zugwalze 16 bzw. Walzen-/Zuggruppe 16 oder Tänzerwalze 16 und ggf. eine gesonderte eine Messstelle 14 zur Ermittlung der Bahnspannung auf (vDE: vor Druckeinheit 03). Das Stellglied 16 und die Messstelle 14 können auch ohne dass sie zu einem Einzugwerk 02 zusammengefasst sind zwischen Rollenwechsel 01 und Druckeinheit 03 angeordnet sein. Die gesonderte Messstelle 14 kann entfallen, wenn über das Stellglied 16, beispielsweise als mittels Druckmittel betätigbares Stellglied 16, bereits eine Adäquate Information über die vorliegende Spannung vorliegt.

In der in Fig. 1 dargestellten Druckmaschine werden dem Trichter 09 exemplarisch Bahnen B1; B2; B3; B4 von auf unterschiedlichen Seiten angeordneten Druckeinheiten 03 zugeführt, wobei der Trichteraufbau mehrere Trichter 09 neben- und/oder untereinander aufweisen kann, und mehrere aus den Bahnen B1; B2; B3; B4 gebildete Stränge 13 auf mehr als einen Falzapparat 11 geführt sein können. Auch müssen die Bahnen B1; B2; B3; B4 nicht jeweils in der schematisch dargestellten Weise je eine Druckeinheit 03 durchlaufen, sondern können z. B. nach Durchlaufen eines Teils einer Druckeinheit 03 aus dieser heraus geführt werden und entweder gleich dem Oberbau oder aber einer anderen Druckeinheit 03 zur Weiterbearbeitung zugeführt werden. Wesentlich ist es jedoch, dass die Messstellen 04; 06; 14 und die Stellglieder 05; 10; 16 für die unten näher erläuterte Regelung den Bahnen B1; B2; B3; B4 zugeordnet sind bzw. werden.

In Fig. 1 sind durch Pfeile die durch die Messstellen 04; 06; 14 gewonnenen Signale S1.1; S1.2; S1.3 der Bahn B1, S2.1; S2.2; S2.3 der Bahn B2 etc. angedeutet. Auch im Bereich des Rollenwechslers 01 kann ggf. ein die Spannung beschreibendes Signal S1.0; S2.0; S3.0; S4.0 (strichliert) einer nicht bezeichneten Messstelle erhalten werden. Weiter sind die Vorgabewerte für die Stellglieder 16; 05; als Signale S1.11; S1.12 für die Bahn B1, S2.11; S2.12 für die Bahn B2 etc. mit Pfeilen dargestellt. Das Signal Sx.11 stellt beispielsweise einen Vorgabewert (Sollwert) für die Bahnspannung im Einzugszugwerk 02, das Signal Sx.12 einen Vorgabewert (Sollwert) für die Voreilung der Zugwalze 05 dar. Die Signale S0.13; S0.14 stellen die Vorgabewerte (Sollwerte), z. B. die Voreilung, für die Stellelemente 08 und 10 dar. Ein ggf. vorliegender Vorgabewert (Sollwert) für die Bahnspannung im Bereich des Rollenwechslers 02 ist mit S1.10 für die Bahn B1, mit S2.10 für die Bahn B2 etc. bezeichnet.

Die Druckmaschine aus Fig. 1 weist ein Regelsystem 17 auf, dessen Konzept zunächst prinzipiell anhand der Fig. 2 erläutert ist, und in Fig. 3 mit direktem Bezug zur Regelung der Bahnspannung mehrerer Bahnen B1; B2; B3; B4 aus Fig. 1, zumindest mehrerer auf zumindest eine Trichtereinlaufwalze 08 gemeinsam auflaufender Bahnen B1; B2; B3; B4 (bzw. Teilbahnen), dargestellt ist.

Das Regelsystem 17 weist zwei voneinander verschiedene Reglertypen 18 und 19 mit zwei voneinander verschiedenen Teilaufgaben (Regelprozessen) auf. Diese beiden „Typen“ von Reglern 18 und 19 können als verschiedene Hardware-Komponenten räumlich voneinander getrennt, als verschiedene miteinander kommunizierende Software-Programme, oder aber als zwei Prozesse bzw. Unterprogramme oder Subroutinen in einem Softwareprogramm ausgeführt sein. Falls nicht explizit anders lautend, werden im folgenden die Begriffe Regler 18; 19 bzw. Regelprozesse 18; 19 unter den gleichen Bezugszeichen geführt und sollen für alle oben genannten und andere geeignete Möglichkeiten der Umsetzung derselben verstanden werden. Wie in Fig. 2 dargestellt, weist das Regelsystem mehrere (hier zwei) Regler 18.1; 18.2 auf, welche jeweils Istwerte

aus einem jeweiligen Teilprozess erhalten, und anhand ihrer implementierten Logik eine oder mehrere Stellgrößen für den betrachteten Teilprozess erzeugen. Den Reglern 18 ist der Regler 19 übergeordnet, welcher Istwerte aus den Teilprozessen erhält, anhand seiner implementierten Logik Vorgabewerte für die untergeordneten Regler 18.1; 18.2 sowie ggf. auf den Gesamtprozess gerichtete Stellgrößen ausgibt. Es existiert keine gegenseitige Interaktion bzw. Kommunikation zwischen den Reglern 18 und 19. Sie können zwar gleichzeitig arbeiten, arbeiten jedoch prinzipiell unabhängig voneinander, obwohl sie teilweise die selben Prozesswerte (Istwerte) betrachten und der Regelprozess 19 Vorgaben (Sollwertvorgaben) für die Regelprozesse 18 erzeugt.

Ebenfalls in Fig. 2 sind Speichereinrichtung 21 dargestellt, von welchen vor Beginn der Prozesse Startwerte in die Regler 18; 19 eingelesen werden können. Die Startwerte werden vorteilhaft aus einer gemeinsamen Speichereinheit 21 eingelesen.

Dem Regelsystem 17 gemäß Fig. 3 werden von jedem der beteiligten Bahnwege mindestens zwei Messwerte, nämlich der Messwert S1.2; S2.2; S3.2; S4.2 für die Spannungen, z. B. von als Messwalzen 04 ausgeführter Messstelle 04, (direkt) nach der jeweiligen Druckeinheit 03 sowie der Messwert S1.3; S2.3; S3.3; S4.3 von der jeweiligen Messstelle 06 vor dem Trichtereinlauf bzw. der Harfe 07 zugeführt. Dies gilt im Falle der Messwerte S1.3; S2.3; S3.3; S4.3 und die Messstelle 06 auch für diesem Trichtereinlauf zugeordnete gewendete Teilbahnen. In Weiterbildung kann dem Regelsystem 17 bei Bedarf auch das Signal S1.1; S2.1; S3.1; S4.1 für die Spannung jeweils vor der Druckeinheit 03 zugeführt werden (strichliert). Die Messung der Spannung erfolgt jeweils z.B. durch von der Bahn B1; B2; B3; B4 umschlungene Messwalzen.

Das Regelsystem 17, zumindest der Regler 18, regelt und optimiert die Bahnspannungen vorzugsweise unter Verwendung von Fuzzy-Logik. Die Eingangsgrößen wie z. B. die Messwerte S1.3; S2.3 etc. für die Spannungen (ggf. entsprechend skaliert) einer Bahn B1 werden fuzzyfiziert, d. h. als Eingangswerte für abschnittsweise definierte Funktionen

verwendet, die jeweils einen Term (linguistischen Größenbereich, z. B. groß, mittel, klein) beschreiben. Als Funktionswert wird der Grad, zu dem der Eingangswert die linguistische Bedeutung des Terms erfüllt, oder, bei Überschneidung der Wertebereiche, die Grade der Erfüllung, erhalten. Bei der anschließenden Defuzzifizierung wird aus den Erfüllungsgraden der einzelnen Terme der linguistischen Variablen ein scharfer Ausgangswert, z. B. ein entsprechendes Signal auf ein Stellglied oder ein neuer Sollwert für ein Stellglied, erzeugt. Je nach dem Ergebnis der Defuzzifizierung kann einem Stellglied, einem anderen Stellglied oder können mehreren Stellgliedern Vorgaben gemacht werden. Welche Regeln zur Anwendung gelangen wird über die Erfüllungsgrade der Terme der Eingangsgrößen bestimmt. Ein o. g. Beispiel mit den beiden Eingangsgrößen (z. B. Messwerte S1.3; S1,2) und einer Ausgangsgröße (z. B. Signal S1.12 an ein Stellglied, z. B. die Walzen-/Zuggruppe 05) für z. B. tabellarisch vorliegenden, vorgehaltenen Regeln, ließe sich grafisch z. B. als dreidimensionales Kennfeld darstellen. Gehen mehr Eingangsgrößen in einen Entscheidungsprozeß ein und/oder sollen mehrere Ausgangsgrößen erzeugt werden, so sind die „Kennfelder“ entsprechend vieldimensional. Der Regler 19 muss nicht auf Fuzzy-Logik basierend, sondern kann in anderer Weise diskret, z.B. als PID-Regler 19 ausgeführt sein. Von Vorteil ist jedoch auch hier die Ausführung mit Fuzzy-Logik.

Das Regelsystem 17 weist, wie oben allgemein dargestellt, die beiden voneinander verschiedene Regler 18 und 19 mit zwei voneinander verschiedenen Teilaufgaben auf, wobei der Regler 18 die Bahnspannung einer einzigen Bahn B1; B2; B3; B4 in ihrem Verlauf und im Hinblick auf Grenzwerte regelt, und der Regler 19 das Spannungsniveau, insbesondere das Spannungsniveau vor der Trichtereinzugwalze 08, der dort zusammen geführten Bahnen B1; B2, B3; B4 relativ zueinander einstellt.

Das Regelsystem 17 weist mindestens eine Anzahl von Reglern 18 auf, welche der Anzahl der insgesamt zusammenzuführenden Bahnen B1; B2; B3; B4 (bzw. Teilbahnen) entspricht. Die Regler 18 weisen alle die selbe Architektur auf bzw. sind in der selben Art

und Weise programmiert und werden für die in Fig. 1 und 2 dargestellten vier Bahnen B1; B2; B3; B4 mit 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 bezeichnet. Den vier Reglern 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 bzw. Prozessen 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 ist der Regler 19 bzw. Regelprozess 19 zugeordnet.

Für Anfahrvorgänge ist es vorteilhaft, wenn dem Regelsystem 17 Startwerte als Sollwerte vorgegeben sind, welche z. B. für bestimmte Bahnführungen sinnvolle Ausgangspunkte liefern. Im Beispiel können daher den Reglern 18.1; 18.2; 18.3; 18.4; 19 Startwerte S1.11\_0; S1.12\_0; S2.11\_0; S2.12\_0; S3.11\_0; S3.12\_0; S4.11\_0; S4.12\_0; S0.13\_0 und/oder S0.14\_0 für die Signale S1.11; S1.12; S2.11; S2.12; S3.11; S3.12; S4.11; S4.12; S0.13 und/oder S0.14 (Spannungen bzw. Voreilungen) vorgegeben werden. Diese sind beispielsweise in einem Speicher vorgehalten und können von der gewählten Produktion und/oder dem Bahnmaterial anhängig sein.

Im Betrieb des Regelsystems 17 wird nun in einer ersten Teilaufgabe mittels der Regler 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 bzw. Prozesse 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 jede Bahn B1; B2; B3; B4 zunächst allein für sich betrachtet geregelt, so dass die Spannung an der Messstelle 06 vor dem Trichtereinlauf zwischen einem Minimum, z. B. MIN = 8 dN/m, und einem Maximum, z. B. MAX = 60 dN/m, liegt. Eine zweite Forderung der ersten Teilaufgabe besteht ggf. darin, die in Fig. 4 schematisch dargestellte Abstufung in den Spannungen an den Messstellen 14 (vor der Druckeinheit 03), 04 (nach der Druckeinheit 03) und 06 (vor dem Trichtereinlauf bzw. vor dem Zusammenführen) einzustellen. Zusätzlich sind weiterhin die prozessbedingten Minimalspannungen (z. B. 8daN) und Maximalspannungen (z. B. 60daN) einzuhalten. Die Aufgabe der Regler 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 bzw. Prozesse 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 ist es somit, die Spannung der einzelnen Bahn B1; B2; B3; B4 am Trichtereinlauf, insbesondere auf ihrem Weg bis dort hin, in den grundsätzlich erlaubten Bereich einzuregeln und zusätzlich ggf. die korrekte Abstufung innerhalb des Bahnweges der einzelnen Bahn B1; B2; B3; B4 zu erzielen.

Zur Lösung dieser Teilaufgabe werden den Reglern 18.1; 18.2; 18.3; 18.4, im folgenden exemplarisch für den Regler 18.1 der Bahn B1, jeweils mindestens zwei Signale S1.2 (nach der Druckeinheit 03) und S1.3 (vor dem Trichtereinlauf bzw. Zusammenführen) der gemessenen Spannung der selben Bahn B1 zugeführt. Der Regler 18.1 verarbeitet diese Eingangsgrößen in der o. g. Art mittels Fuzzy-Logik und erzeugt ein Ausgangssignal S1.11, welches auf das Stellglied 16 des Einzugswerkes 02 wirkt. In der einfachsten Ausgestaltung des Reglers 18.1 bzw. des Prozesses 18.1 werden lediglich die beiden o. g. Eingangssignale S1.2; S1.3 zugeführt und ein Ausgangssignal S1.11 an lediglich das Stellglied 16 vor der Druckeinheit 03 gegeben. Optional kann dem Regler 18.1 zusätzlich das Signal S1.1 für die Messung der Spannung vor der Druckeinheit 03 zugeführt, und in der Logik mit verarbeitet werden.

In einer vorteilhaften Lösung wirkt der Regler 18.1 mit einem Signal S1.12 zusätzlich auch auf das Stellglied 05 hinter der Druckeinheit 03, z. B. durch Ermittlung und Vorgabe von geeigneten Voreilungswerten. In dieser Ausführung ist eine verbesserte Einstellung des Spannungsverlaufs über den Weg der Bahn B1 möglich. Das Regelkonzept erfolgt hierbei z. B. in der Weise, dass zunächst mittels des Stellgliedes 16 versucht wird, die Bedingungen an die Minimal-/Maximalspannungen und gleichzeitig den gewünschten Spannungsverlauf zu erfüllen. Ist dies nicht allein durch Einwirken auf das Stellglied 16 möglich, so wird das Stellglied 05 mit einbezogen.

Fig. 5 stellt im wesentlichen selbsterklärend den Ablauf für die Regelprozesse 18.x am Beispiel des Regelprozesses 18.1 dar. Ohne nochmals o.g. zu wiederholen, wird klar, dass ein Vorgabewert, insbesondere für die Messstelle 06 vor dem Trichtereinlauf, aus dem Regelprozess 19 eingelesen wird. Dieser aktuelle Vorgabewert wird mit dem zuletzt gültigen verglichen und bei Abweichung ein oder mehrere für die nachfolgenden Berechnungen zu Grunde liegenden Zuordnungsdiagramme verändert, insbesondere verschoben. Die nachfolgenden Berechnungen, beispielsweise einer Sollwertverschiebung für das Einzugswerk 02 und/oder die Berechnung einer

Zugwalzenverstellung der Zugeinrichtung 05 erfolgen dann auf der Basis der unveränderten oder veränderten Zuordnungsdiagramme bzw. des unveränderten oder veränderten Zuordnungsdiagramms anhand von Fuzzy-Logik nachdem die Messwerte S1.2., S1.3 und ggf. S1.1 eingelesen wurden. Bei Produktionsstart der Maschine werden anstelle der Vorgabewerte aus dem Prozess 19 Startwerte aus einer Speichereinrichtung 21 eingelesen. Der Teilprozess vor der Abfrage des Maschinenstatus (in Produktion?) ist Teil der Initialisierung des Systems. Die Abfragen werden in den Diagrammen mit „wahr“ (w) oder „falsch“ (f) beantwortet. Die Verbindung mit dem Pfeil vom untersten Knoten des Prozesses zum Knoten vor der Abfrage nach dem Maschinenstatus verdeutlicht, dass es sich um einen Prozess handelt, welcher solange die Maschine in Produktion ist, ständig durchlaufen wird.

Schematisch ist in Fig. 6 das Prinzip der o.g. Veränderung bzw. Verschiebung eines Zuordnungsdiagramms dargestellt. Ein gemessener Wert  $S_m$  weist in einem ersten Zustand des Diagramms erste Werte für die Gewichtung von „klein“ und „mittel“ auf. Nach erfolgter Verschiebung der Zuordnungsfunktionen (abschnittsweise definiert) stehen dem gemessenen Wert  $S_m$  davon abweichende Gewichte „klein'“ und „mittel'“ gegenüber. Diese Veränderung in der Gewichtung findet nun Niederschlag in der Gesamtbetrachtung sämtlicher Fuzzy-Regeln und führt ggf. letztlich zu einer Sollertverschiebung für die betrachtete Stellgröße, hier z.B. die Stellgröße S1.11 für das Einzugwerk 02.

In einer zweiten Teilaufgabe wird durch den Regler 19 bzw. den Regelprozess 19 geprüft, ob die Spannung vor der Harfe 07 der zusammen zu führenden Bahnen B1; B2; B3; B4 zueinander im gewünschten Verhältnis stehen und dies entsprechend geregelt. So sollte z. B. die unterste auf der Zugwalze 08 zu liegen kommende Bahn B1; B2; B3; B4, hier Bahn B3, eine höhere Spannung aufweisen als die darüberliegende etc. Die zweite Aufgabe ist es also, die Spannungen der übereinander zu führenden Bahnen B1; B2; B3; B4 zueinander im Bereich des Trichtereinlaufs abzustufen bzw. auszurichten. Es gilt hierbei die Minimalforderung, dass gilt:  $S_n \geq S_{n+1}$  für alle S1.3; S2.3; S3.3; S4.3 etc., wenn

n eine Bahn B1; B2; B3; B4 und n+1 die nach außen benachbarte Bahn B1; B2; B3; B4 bezeichnet. Als Randbedingung gilt für alle Bahnen B1; B2; B3; B4:  $MAX \geq S_1 \geq S_2 \geq S_3 \geq S_4 \geq MIN$ , wenn der Index die Reihenfolge der Bahnen B1; B2; B3; B4 im Bereich der Trichtereinlaufwalze 08 von innen nach außen kennzeichnet. Zusätzlich liegt vorteilhafter Weise eine Regel für den optimalen Zustand vor, welche besagt:  $S_n \geq S_{n+1} + \Delta S$ , mit z. B.  $\Delta S = 2daN/m$ .

In der zweiten Teilaufgabe (bzw. ersten Regelprozess 19) werden die Spannungen der unterschiedlichen Bahnen z. B. in der Weise variiert, dass für alle Bahnen B1; B2; B3; B4 die Spannung vor der Trichtereinlaufwalze 08 im Toleranzbereich liegt (Fig. 4, vor Trichtereinlauf (vTE)). Hierfür werden dem Regler 19 parallel zum Regler 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 die Signale S1.3; S2.3; S3.3; S4.3 der Messwerte für die Bahnspannung zugeführt. Dem Regler 19 bzw. Regelprozess 19 liegt in einer Weiterbildung ebenfalls eine Fuzzy-Logik zugrunde, mittels welcher aus den Eingangsgrößen (Signale S1.3; S2.3; S3.3; S4.3) Vorgabewerte für die Regler 18.1; 18.2; 18.3; 18.4 sowie Signale S0.13 und S0.14 für die mit dem Strang 13 zusammenwirkenden Stellglieder 08 und 10 als Ausgangsgrößen erzeugt werden.

Fig. 7 stellt, wieder im wesentlichen selbsterklärend, den Ablauf für den Regelprozess 19 dar. Wie zu erkennen, kann dem eigentlichen Teilprozess für den Abgleich der Spannungen  $S_{x.3}$  untereinander ein Teilprozess vorangestellt sein, welcher wie dargestellt, auf der Basis der einzelnen Messwerte  $S_{x.3}$  das Gesamt-Bahnspannungsniveau prüft und ggf. über die Verstellung (z.B. der Voreilung) der Trichtereinlaufwalze 08 die das Gesamt-Niveau für sämtliche über diese Walze 08 laufende Bahnen/Teilbahnen hebt oder absenkt. Der Teilprozess beinhaltet die Schritte Messwerte einlesen – Gesamt-Bahnspannungsniveau prüfen – und je nach Ergebnis die Verstellung der Trichtereinlaufwalze berechnen und ausgeben (f) oder aber diese so zu belassen (w).

Bei Abweichen (f) des Abgleichs der Spannungen untereinander von der vorgegebenen Beziehung ( $MAX \geq S1.3 \geq S2.3 \geq S3.3 \geq S4.3 \geq MIN$ ) zueinander und/oder zu den Grenzwerten werden Vorgabewerte für die betreffenden Regelprozesse 18.x oder den betreffenden Regelprozess 18.x, insbesondere für die Messstelle 06 vor dem Trichtereinlauf, berechnet und ausgegeben. Auch hier kann die Berechnung über Fuzzy-Logik erfolgen, wobei z.B. wiederum der Berechnung zu Grunde liegende Zuordnungsdiagramme entsprechend der Abweichungen verschoben werden. Bei Produktionsstart der Maschine werden anstelle der Vorgabewerte aus dem Prozess 19 Startwerte aus einer Speichereinrichtung 21 eingelesen. Der Teilprozess vor der Abfrage des Maschinenstatus (in Produktion?) ist Teil der Initialisierung des Systems.

Der Regler 19 bzw. Regelprozess 19 nimmt in vorteilhafter Ausführung keinen direkten Einfluss auf die der einzelnen Bahn B1; B2; B3; B4 zugeordneten Stellglieder 16; 05, sondern gibt anhand seines Kennfeldes aus den Signalen S1.3 bis S4.3 den Reglern 18 Vorgaben. Diese Vorgabe bezieht sich lediglich auf die vor der Trichterwalze 08 je Bahn B1; B2; B3; B4 einzuhaltende Spannung, d. h. einen Sollwert für die z. B. an den Messstellen 06 einzuhaltenden Spannungen. Diese Vorgabewerte gehen, beispielsweise durch Veränderung der Lage und/oder Form der Terme bzgl. der Eingangsgrößen bei der Fuzzyifizierung, im Regler 18.x ein (siehe oben). Somit wird ein der einzelnen Bahn B1 bis B4 zugeordnetes Stellglied 02, 05; 16 nicht wahllos durch zwei verschiedene Prozesse angesprochen, was ein unruhiges oder gar instabiles Regelverhalten zur Folge hätte. Im Gegensatz hierzu wird die Anforderung aus dem Regelprozess 19 innerhalb des Regelprozesses 18.x berücksichtigt. Die vorteilhafte Ausführung dieses Teilprozesses im Regler 18.x als Fuzzy-Logik macht es nun möglich, dass die Anforderung bzw. Vorgabe aus dem Regler 19 nicht zwingend genau wie vorgegeben durchgesetzt werden muss, sondern eine Berücksichtigung im Rahmen und im Lichte der gesamten Regelaufgabe des Reglers 18.x vorgenommen wird. Es werden lediglich die die Vorgabe aus Regler 19 betreffenden Zuordnungsdiagramme verschoben und diese neu Bewerteten Kriterien bei der Ermittlung des optimalen (bzw. zumindest zulässigen) Gesamtzustandes

berücksichtigt. Die Verbindung mit dem Pfeil vom untersten Knoten des Prozesses zum Knoten vor der Abfrage des Maschinenstatus verdeutlicht, dass es sich um einen Prozess handelt, welcher solange die Maschine in Produktion ist, ständig durchlaufen wird.

Diese beiden Regelprozesse 18 und 19 bzw. die damit verbundene Teilaufgaben werden zyklisch wiederholt und entsprechend der Meßergebnisse und der Ergebnisse aus der Logik die Bahnspannung beeinflussenden Aggregate, z. B. Zugwalzen 16; 05; 08; 10, oder nicht dargestellte Tänzerwalzen etc. beaufschlagt. Neben den o. g. Aggregaten wie im Einzugwerk 02 und/oder eine oder mehrere Zugwalzen 16; 05; 08; 10 können dies auch zusätzlich Einrichtungen im Rollenwechsler 01 und/oder Einrichtungen im Falzapparat 11 sein. Das oben zur Fig. 3 genannte ist dann um entsprechende Signale, z. B. S1.10, für den Rollenwechsler 01, oder nicht dargestellte Signale für den Falzapparat 11 zu ergänzen.

Die Ansteuerung von derartigen Aggregaten durch das Regelsystem 17 erfolgt in vorteilhafter Ausführung unter Berücksichtigung einer Priorität: So wird z. B. wie oben geschildert durch das Regelsystem 17 in einer ersten Priorität die Sollwertvorgabe lediglich für das Einzugwerk 02 vorgenommen. Sind mit dieser Maßnahme allein die beiden o. g. Aufgaben nicht zu erfüllen, so erfolgt ein Einwirken auf die Zugwalze 05 nach der Druckeinheit 03. Ggf. ist es in einer dritten Stufe erlaubt, Einfluss auf die Trichtereinlaufwalze 08 zu nehmen. Hierbei wird jedoch das Niveau aller beteiligten Bahnen B1; B2; B3; B4 verschoben. Die Stellglieder Zugwalze 05 bzw. Trichtereinlaufwalze 08 werden nur genutzt, wenn die globale Bahnspannung über alle Bahnen B1; B2; B3; B4 nicht stimmt, oder wenn der Stellbereich des Einzugswerkes 02, bzw. dessen Stellglied 16, für die gewünschte Bahnspannung nicht ausreichend ist.

Ist die Forderung der zweiten Teilaufgabe, d. h. die gewünschte Abstufung, nicht erreichbar, so kann die Logik des Steuersystems 17, insbesondere des Reglers 19, dazu ausgebildet sein, einen an den Idealzustand möglichst nahe herankommenden

optimierten Zustand anzustreben. Noch akzeptierbare Grenzen für die Abweichung (relativ oder absolut) können vorgegeben und ggf. änderbar sein. Zusätzlich kann in vorteilhafter Weiterbildung das Regelsystem 17 dazu ausgebildet sein, bei einer starken Abweichung vom zulässigen Spannungsprofil (einer Bahn) oder der Abstufung (aller Bahnen zueinander) einen Warnhinweis auszugeben und ggf. bei unerlaubt hoher Abweichung ein Stillsetzen der Bearbeitungsmaschine herbeizuführen.

In einfachster Ausführung arbeitet das Regelsystem 17 jedoch mit zwei Messorten für die Spannung je beteiligter Bahn B1; B2; B3; B4, und zwar jeweils nach der Druckeinheit 03 und vor dem Trichtereinlauf, wobei die Aktion jeweils zunächst am Einzugwerk 02 und ggf. im zweiten Schritt im Bereich der Zugwalze 05 erfolgt.

Wie bereits oben erwähnt, können nach dem Schneiden einer Bahn B1; B2; B3; B4 mehrere einem Rollenwechsler 01 zugeordnete Teilbahnen auf voneinander verschiedenen Wegen zum Trichter 09 geführt werden. In diesem Fall wird je Teilbahn die Spannung vor dem Trichtereinlauf, z. B. an jeweils einer eigenen Messstelle 06 ermittelt. Diese, einem gemeinsamen Rollenwechsler 01 zugeordneten Messwerte, z. B. S1.3a und S1.3b, werden entweder bevor sie dem Regelsystem 17 zugeführt werden oder im Regelsystem 17, d. h. im Regler 18 sowie im Regler 19, zu einem Wert verknüpft, z. B. gemittelt mit oder ohne Gewichtung, und der resultierende Wert als Istwert zur Regelung herangezogen. Diese Verknüpfung kann als für den Regler 18.1 und 19 exemplarisch strichliert dargestellter logischer Baustein 22 bzw. Unterprozess 22 in die jeweiligen Regler 18; 19 integriert sein.

Der Rollenwechsler 01 und das Einzugwerk 02 weisen bevorzugt zusätzlich zum Regelsystem 17 eine geschlossenen Regelung auf, welcher ein Sollwert durch das Regelsystem 17 vorgegeben wird. Die Zugwalzen 05; 08; 10; 16 werden vom Regelsystem 17 z. B. lediglich bzgl. ihrer Voreilung (Drehzahl, Winkellage) gesteuert.

Im folgenden sind die beteiligten Aggregate zur Beeinflussung der Spannung in ihrer vorteilhaften Ausführung spezifiziert:

Das Einzugswerk 02 weist eine geschlossenen Regelung („Closed Loop“-Regelung) auf, die Sollwertvorgabe durch das Regelsystem 17, insbesondere durch den Regler 18, wird sicher eingehalten. Es wirkt auf die gesamte Bahn B1; B2; B3; B4 und stellt das wichtigstes Stellglied dar. In einer vorteilhaften Ausführung weist das Einzugsmittel 02 als Stellglied 16 eine gegen die Zugkraft der Bahn B1; B2; B3; B4 bewegbare Walze auf, welche mittels Druckmittel eines vorgebbaren Druckes der Bahnzugkraft entgegenwirkt. In diesem Fall ist keine gesonderte Messstelle 14 erforderlich, wenn die Korrelation zwischen beaufschlagtem Druck und der resultierenden Bahnspannung bekannt ist.

Die Zugwalze 05 kann durch Veränderung der Voreilung gegenüber der Papierbahngeschwindigkeit auf die Bahnspannung der aktuellen Bahn B1; B2; B3; B4 wirken und stellt hier vor der Trichtereinlaufwalze 8 die letzte Möglichkeit dar, eine einzelne Bahn B1; B2; B3; B4 in ihrer Spannung bzw. Abstufung zu beeinflussen.

Die Trichtereinlaufwalze 08 kann durch Veränderung der Voreilung gegenüber der Papierbahngeschwindigkeit auf die Bahnspannungen aller Bahnen B1; B2; B3; B4 wirken.

Die Falzzugwalze 10 kann ebenfalls durch Veränderung der Voreilung gegenüber der Papierbahngeschwindigkeit auf die Bahnspannungen aller Bahnen B1; B2; B3; B4 wirken. Sie hat direkte Auswirkungen auf das Schnittregister.

Ein z. B. Modularer Aufbau erlaubt es, die Regelung auf mehrere Bahnen auszudehnen, für jede weitere Bahn B1; B2; B3; B4 muss im Fall einer hardwaremäßig getrennten Lösung lediglich ein weiterer Regler 18, z. B. eine Fuzzy-SPS mit Programm, hinzugefügt werden. Dem Programm des Reglers 19, z. B. der Master-SPS, muss außerdem mitgeteilt werden, das es eine weitere Bahn B1; B2; B3; B4 mit einbeziehen muss.

In einer reinen Softwarelösung für die Regler 18 und 19 muss zur Erweiterung um eine Bahn B1; B2; B3; B4 lediglich die Software um einen Regelprozess 18.x erweitert, und dem Programm des Regelprozesses 19 mitgeteilt werden.

Die Regelung durch die Regler 18 und 19 kann rein sequentiell oder auch zeitlich gesehen parallel ablaufen, wobei jedoch im Hinblick auf die einzustellende Spannung vor der Trichtereinlaufwalze 08, z.B. an den Messstellen 06, die Regelung hierarchisch aufgebaut ist und der Regler 19 den Reglern 18 übergeordnet ist.

In vorteilhafter Weiterbildung ist das Regelsystem 17 dazu ausgebildet, dass eine durch das Regelsystem 17 gefundene Einstellung für eine bestimmte Konfiguration des Druckauftrages, einen Bahnweg und/oder ein bestimmtes Produkt als Vorgabewerte in die Speichereinrichtung überführt werden kann, so dass diese künftig bei gleicher oder ähnlicher Produktionssituation als Startwerte eingelesen werden können. Hierzu erfolgt beispielsweise die Übernahme der Produkt- bzw. Produktionsdaten aus der Maschinensteuerung und/oder der Produktplanung. Die Übernahme als neue Startwerte kann beispielsweise auf die Entscheidung des Bedienpersonals hin ausgelöst, oder aber durch das System selbst erfolgen, wenn Steuerung und/oder Regelsystem bzgl. dieser Funktion als selbstlernendes System konzipiert sind.

## Bezugszeichenliste

- 01 Versorgung, Rollenwechsler
  - 02 Stellglied, Zug-/Bremseinrichtung, Einzugswerk
  - 03 Bearbeitungsstufe, Druckeinheit
  - 04 Messstelle für Bahnspannung nach Druckeinheit
  - 05 Stellglied, Zugwalze, Walzen-/Zuggruppe
  - 06 Messstelle für Bahnspannung vor Trichtereinlauf
  - 07 Harfe
  - 08 Stellglied, Zugwalze, Walzen-/Zuggruppe, Trichtereinlaufwalze
  - 09 Trichter
  - 10 Stellglied, Zugwalze, Walzen-/Zuggruppe, Falzzugwalze
  - 11 Falzapparat
  - 12 –
  - 13 Strang mit mehreren Papierbahnen
  - 14 Messstelle vor Druckeinheit
  - 15 –
  - 16 Stellglied, Zugwalze, Walzen-/Zuggruppe, Tänzerwalze
  - 17 Regelsystem
  - 18 Regler, Regelprozess
  - 19 Regler, Regelprozess
  - 20 –
  - 21 Speichereinrichtung
  - 22 Baustein, Unterprozess
- 
- B1 Bahn, Materialbahn, Papierbahn
  - B2 Bahn, Materialbahn, Papierbahn
  - B3 Bahn, Materialbahn, Papierbahn

**B4** Bahn, Materialbahn, Papierbahn

- S1.1 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Druckeinheit der Bahn (B1)
- S1.2 Signal, Messwert der Bahnspannung nach Druckeinheit der Bahn (B1)
- S1.3 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Trichtereinlauf der Bahn (B1)
  
- S1.10 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Rollenwechsler der Bahn (B1)
- S1.11 Vorgabewert für die Bahnspannung im Einzugswerk der Bahn (B1)
- S1.12 Vorgabewert für die Voreilung der Zugwalze der Bahn (B1)
  
- S2.1 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Druckeinheit der Bahn (B2)
- S2.2 Signal, Messwert der Bahnspannung nach Druckeinheit der Bahn (B2)
- S2.3 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Trichtereinlauf der Bahn (B2)
  
- S2.10 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Rollenwechsler der Bahn (B2)
- S2.11 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Einzugswerk der Bahn (B2)
- S2.12 Signal, Vorgabewert für die Voreilung der Zugwalze der Bahn (B2)
  
- S3.1 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Druckeinheit der Bahn B3
- S3.2 Signal, Messwert der Bahnspannung nach Druckeinheit der Bahn B3
- S3.3 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Trichtereinlauf der Bahn B3
  
- S3.10 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Rollenwechsler der Bahn B3
- S3.11 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Einzugswerk der Bahn B3
- S3.12 Signal, Vorgabewert für die Voreilung der Zugwalze der Bahn B3
  
- S4.1 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Druckeinheit der Bahn (B4)
- S4.2 Signal, Messwert der Bahnspannung nach Druckeinheit der Bahn (B4)
- S4.3 Signal, Messwert der Bahnspannung vor Trichtereinlauf der Bahn (B4)

- S4.10 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Rollenwechsler der Bahn (B4)  
S4.11 Signal, Vorgabewert für die Bahnspannung im Einzugswerk der Bahn (B4)  
S4.12 Signal, Vorgabewert für die Voreilung der Zugwalze der Bahn (B4)
- S0.13 Signal, Vorgabewert für die Voreilung der Trichtereinzugswalze  
S0.14 Signal, Vorgabewert für die Voreilung der Falzzugwalze
- S1.3a Messwert  
S1.3b Messwert
- S1.0 Signal, Messwert der Bahnspannung im Bereich des Rollenwechslers (01)  
S2.0 Signal, Messwert der Bahnspannung im Bereich des Rollenwechslers (01)  
S3.0 Signal, Messwert der Bahnspannung im Bereich des Rollenwechslers (01)  
S4.0 Signal, Messwert der Bahnspannung im Bereich des Rollenwechslers (01)
- 18.1 Regler  
18.2 Regler  
18.3 Regler  
18.4 Regler
- x Platzhalter für Bahn (B1; B2; B3; B4)
- nDE nach Druckeinheit (03)  
vTE vor Trichtereinlauf  
vDE vor Druckeinheit (03)  
vEW vor Einzugswerk

## Anspruch

1. Verfahren zum Regeln von Bahnspannungen eines Mehrbahnsystems, wobei zunächst wenigstens zwei Bahnen (B1; B2; B3; B4) jeweils zumindest eine Bearbeitungsstufe (03) und ein nachfolgendes Zugelement (05) getrennt voneinander durchlaufen um im Anschluss daran zu einem Strang (13) zusammengefasst zu werden, und wobei sowohl eine Spannung und/oder ein Spannungsverlauf der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) für sich als auch die Spannungen der Bahnen (B1; B2; B3; B4) vor dem Zusammenfassen in Relation zueinander geregelt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung der Spannungen der Bahnen (B1; B2; B3; B4) zueinander und die Regelung der Spannung der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) in voneinander getrennten Regelprozessen (19; 18.x) durchlaufen werden, wobei ein erster Regelprozess die Spannungen zueinander überprüft und bei Abweichung mindestens einen Vorgabewert für eine Bahnspannung an mindestens einen zweiten Regelprozess (18.x) ausgibt, mittels welchem die Spannung der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) über mindestens ein Stellglied (02; 05; 16) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass lediglich durch den zweiten (18.x) der beiden Regelprozesse (18.x; 19) auf ein der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) zugeordnetes Stellglied (02; 05; 16) eingewirkt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Regelprozess (19) keinen direkten Einfluss auf die der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) zugeordneten Stellglieder (02; 05; 16) nimmt, sondern anhand seines Kennfeldes aus Messwerten (S1.3 bis S4.3) für die Spannungen vor dem Zusammenführen den Reglern (18.x) Sollwertvorgaben für die vor dem Zusammenführen je Bahn (B1; B2; B3; B4) einzuhaltende Spannung gibt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass diese Sollwertvorgaben im zweiten Regelprozess (18.x) mit den zuletzt gültigen Sollwertvorgaben verglichen werden und bei einer Abweichung diese im Rahmen der Ermittlung neuer Stellgrößen (Sx.11; Sx.12) für mindestens ein der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) zugeordnetes Stellglied (02; 05; 16) berücksichtigt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass infolge einer im Regelprozess (18.x) festgestellten Abweichung zwischen neuer und vorheriger Sollwertvorgabe eine Lage und/oder Form mindestens eines Terms im Zuordnungsdiagramm einer Fuzzyfizierung verändert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass je zusammen zu führender Bahn (B1; B2; B3; B4) deren Bahnspannung auf ihrem Bahnweg durch einen eigenen, vom ersten Regelprozess (19) verschiedenen zweiten Regelprozess (18) geregelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem ersten Regelprozess (19) als Eingangsgrößen die aktuellen Bahnspannungen (S1.3; S2.3; S3.3; S4.3) der einzelnen Bahnen (B1; B2; B3; B4) vor dem Zusammenführen zugeführt werden, und dieser hieraus und aus einer im Regelprozess (19) implementierten Logik Vorgabewerte für die Bahnspannungen (S1.3; S2.3; S3.3; S4.3) der einzelnen Bahnen (B1; B2; B3; B4) vor dem Zusammenführen erzeugt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorgabewerte nach einer Vorschrift ermittelt werden, nach welcher von zwei auf eine Trichtereinlaufwalze (08) auflaufenden Bahnen (B1; B2; B3; B4) die weiter innen liegende eine höhere oder minimal gleiche Bahnspannung aufweisen soll.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Regelprozess (19) einem mit dem Strang (13) zusammen wirkenden Stellglied (08; 10) einen Sollwert vorgibt.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Regelprozess (19) unter Verwendung von Fuzzy-Logik arbeitet.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten Regelprozess (18) als Eingangsgrößen die aktuelle Bahnspannung (S1.3; S2.3; S3.3; S4.3) der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) vor dem Zusammenführen sowie die aktuelle Bahnspannung (S1.2; S2.2; S3.2; S4.2) hinter der als Druckeinheit (03) ausgeführten Bearbeitungsstufe (03) zugeführt werden, und dieser hieraus und aus einer im Regelprozess (18) implementierten Logik einen Vorgabewert für die Bahnspannung (S1.1; S2.1; S3.1; S4.1) der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) vor der Druckeinheit (03) erzeugt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Vorgabewert für die Bahnspannung (S1.2; S2.2; S3.2; S4.2) der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) nach der Druckeinheit (03) erzeugt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorgabewerte nach einer Vorschrift ermittelt werden, nach welcher die Bahnspannung direkt hinter der Druckeinheit (03) und vor dem Zusammenführen eine Minimalspannung nicht unter- und eine Maximalspannung nicht überschreitet.
14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorgabewerte nach einer Vorschrift ermittelt werden, nach welcher die Bahnspannung im Bereich einer Messstelle (04) direkt hinter der Druckeinheit (03)

und einer Messstelle (06) vor dem Zusammenführen jeweils in einem für diese Messstelle (04; 06) vorgegebenen Toleranzbereich liegen soll.

15. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten Regelprozess (18) durch den ersten Regelprozess (19) einen Vorgabewert für die Bahnspannung (S1.3; S2.3; S3.3; S4.3) der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) vor dem Zusammenführen zugeführt wird.
16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Regelprozess (18) unter Verwendung von Fuzzy-Logik arbeitet.
17. Verfahren nach Anspruch 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorgabewert des ersten Regelprozesses (19) eine Veränderung der Lage und/oder Form mindestens eines Termes für die linguistische Beschreibung der Fuzzifizierung im zweiten Regelprozess (18) bewirkt.
18. Verfahren zum Regeln von Bahnspannungen eines Mehrbahnsystems mit einem zwei voneinander verschiedene Regelprozesse (18; 19) aufweisenden Regelsystem (17), wobei mittels eines zweiten Regelprozess (18) eine auf eine einzelne Bahn (B1; B2; B3; B4) gerichtete Regelaufgabe, und mittels eines ersten Regelprozess (19) ein Vorgabewert für den erstgenannten zweiten Regelprozess (18) erzeugt, und eine auf alle zusammenzuführenden Bahnen (B1; B2; B3; B4) gerichtete Regelaufgabe abgearbeitet wird, indem einem auf die einzelnen Bahnen (B1; B2; B3; B4) wirkendem Stellglied (02; 05; 16) lediglich durch den ersten der beiden Regler (18) eine Stellgröße (Sx.11; Sx.12) zugeführt wird und ein Vorgabewert des ersten Regelprozesses (19) eine Veränderung einer Lage und/oder Form mindestens eines Terms für die linguistische Beschreibung der Fuzzifizierung im zweiten Regelprozess (18) bewirkt.

19. Verfahren nach Anspruch 1 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass vor oder spätestens mit dem Anfahren der Bearbeitungsmaschine Vorgabewerte für Bahnspannungen an mindestens einen der Regler (18; 19) übergeben werden.
20. Verfahren nach Anspruch 1 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Regelprozesse (18.x; 19) parallel und jeweils für sich in Schleifen durchlaufen werden.
21. Verfahren zur Regelung in einer papierver- bzw. bearbeitende Maschine, wobei ein Parameter (S) über ein Stellglied (02; 05; 16) durch ein Regelsystem (17) im Hinblick auf mindestens einen Messwert (Sx.3) anhand einer Vorschrift und/oder eines Kennfeldes geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Regelprozess anhand einer ersten Vorschrift und/oder eines ersten Kennfeldes ein Vorgabewert für den Parameter erzeugt wird, dieser Vorgabewert einem zweiten, unter Verwendung von Fuzzy-Logik arbeitenden Regelprozess (18) zugeführt wird, und mittels des Vorgabewertes eine Veränderung einer Lage und/oder Form mindestens eines Terms einer linguistischen Beschreibung einer Fuzzifizierung im zweiten Regelprozess (18) bewirkt wird.
22. Vorrichtung zum Regeln von Bahnspannungen eines Mehrbahnsystems mit einem Regelsystem (17) zur Einstellung der Bahnspannung mindestens zweier nach dem Durchlaufen einer Bearbeitungsstufe (03) zusammenzuführenden Bahnen (B1; B2; B3; B4), dadurch gekennzeichnet, dass das Regelsystem (17) einen ersten (19) und einen vom ersten Regler (19) verschiedenen zweiten Regler (18) aufweist, dass der zweite Regler (18) dazu ausgebildet ist, anhand von Messwerten für die Bahnspannung einer einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) eine auf die einzelne Bahn (B1; B2; B3; B4) gerichtete Regelaufgabe zu erfüllen, und der erste Regler (19) dazu ausgebildet ist, anhand von Messwerten für die Bahnspannung aller zusammenzuführender Bahnen (B1; B2; B3; B4) einen Vorgabewert für den

erstgenannten Regler (18) zu erzeugen, und eine auf alle zusammenzuführenden Bahnen (B1; B2; B3; B4) gerichtete Regelaufgabe zu erfüllen.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass lediglich der zweite Regler (18) in direkter Wirkverbindung mit einem der einzelnen Bahn (B1; B2; B3; B4) zugeordneten Stellglied (02; 05; 16) steht.
24. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Anzahl der zusammenzuführenden ganzen Bahnen (B1; B2; B3; B4) entsprechende Anzahl an zweiten Reglern (18.1; 18.2; 18.3; 18.4) vorgesehen sind.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Anzahl von zweiten Reglern (18.1; 18.2; 18.3; 18.4) ein gemeinsamer erster Regler (19) zugeordnet ist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungsstufe (03) als Druckeinheit (03) ausgeführt ist und vor einem Trichter (09) eine Trichtereinlaufwalze (08) vorgesehen ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten Regler (18; 18.1; 18.2; 18.3; 18.4) als Eingangsgrößen jeweils eine aktuelle Bahnspannung einer Messstelle (04) nach der Druckeinheit (03) und einer Messstelle (06) vor der Trichtereinlaufwalze (08) der selben Bahn (B1; B2; B3; B4) zugeführt sind, und dass als Ausgangsgröße ein Signal (S1.11) zur Regelung der Bahnspannung vor der betreffenden Druckeinheit (03) vorliegt.
28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangsgröße zusätzlich ein Signal (S1.12) zur Regelung der Bahnspannung nach der betreffenden Druckeinheit (03) vorliegt.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten Regler (18) ein Vorgabewert für die Bahnspannung vor der Trichtereinlaufwalze (08) zugeführt ist.
30. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Regler (18; 19) als Subroutinen oder Unterprogramme in einem Software-Programm ausgeführt sind.
31. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelprozesse (18; 19) als verschiedene Hardware-Komponenten räumlich getrennt voneinander ausgeführt sind.
32. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine mit dem Regelsystem (17) verbundene Speichereinrichtung (21) vorgesehen ist, welche Startwerte für die Regelung der Bahnspannungen enthält.

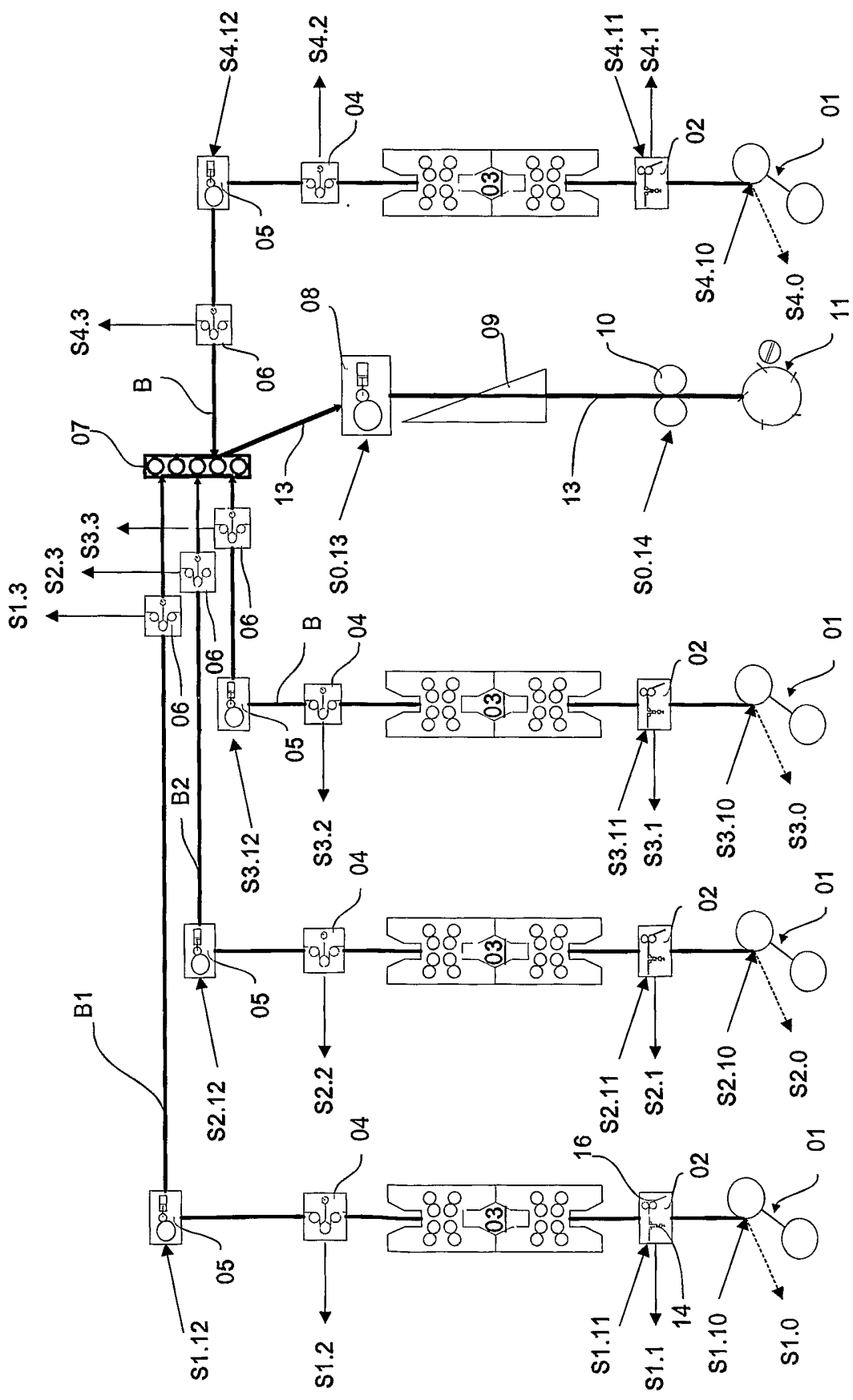


Fig. 1

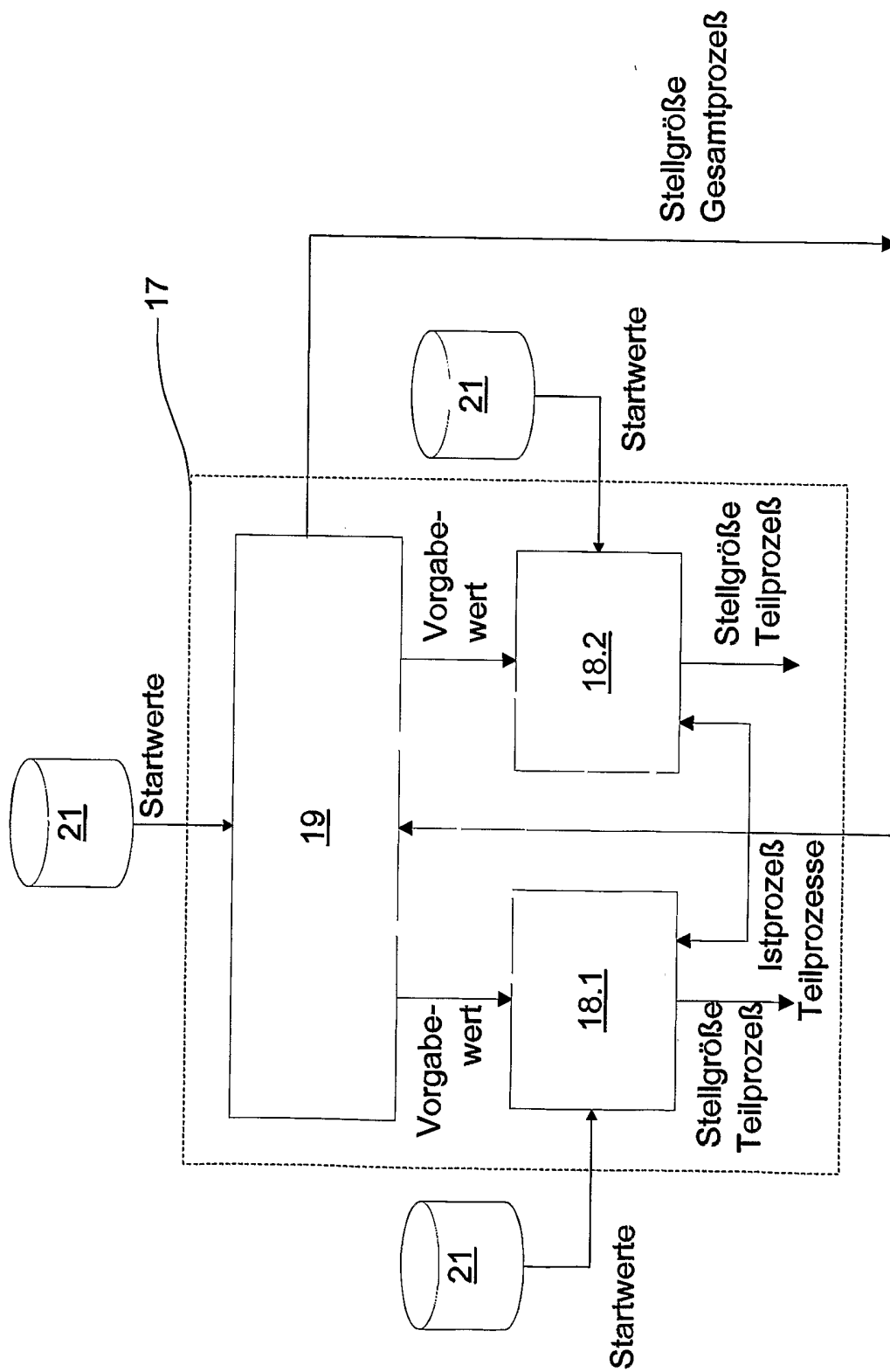


Fig. 2

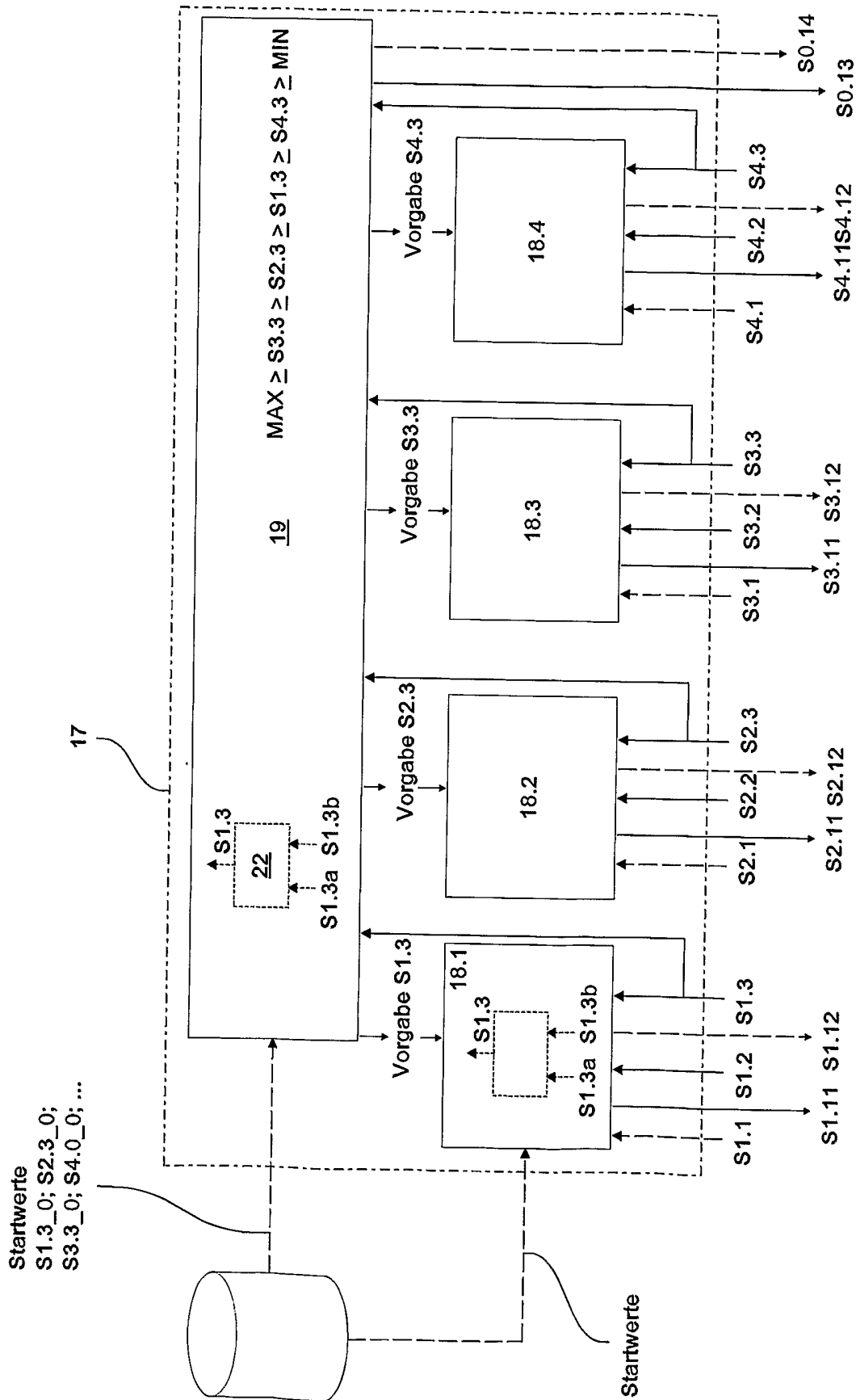


Fig. 3

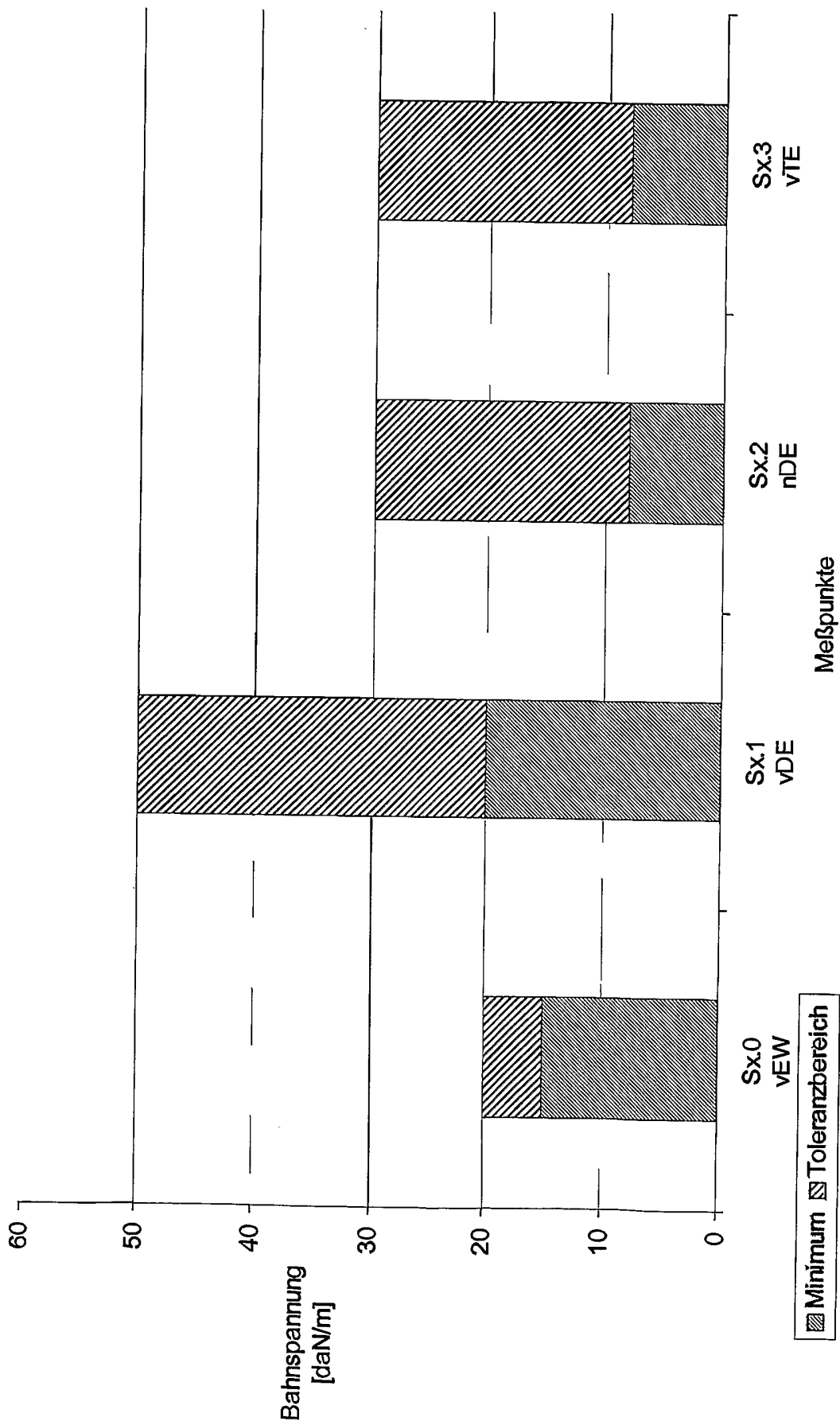


Fig. 4

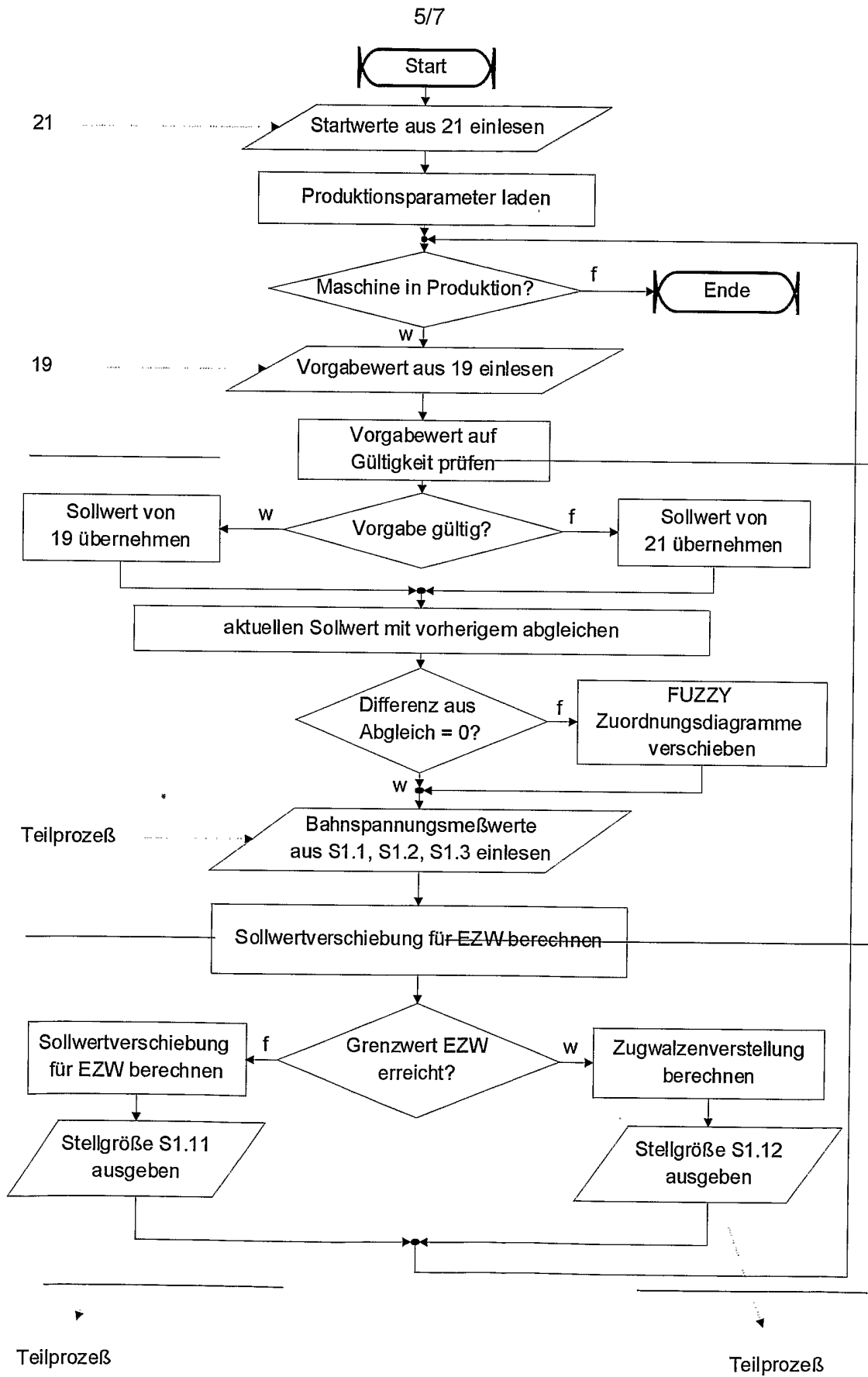


Fig. 5

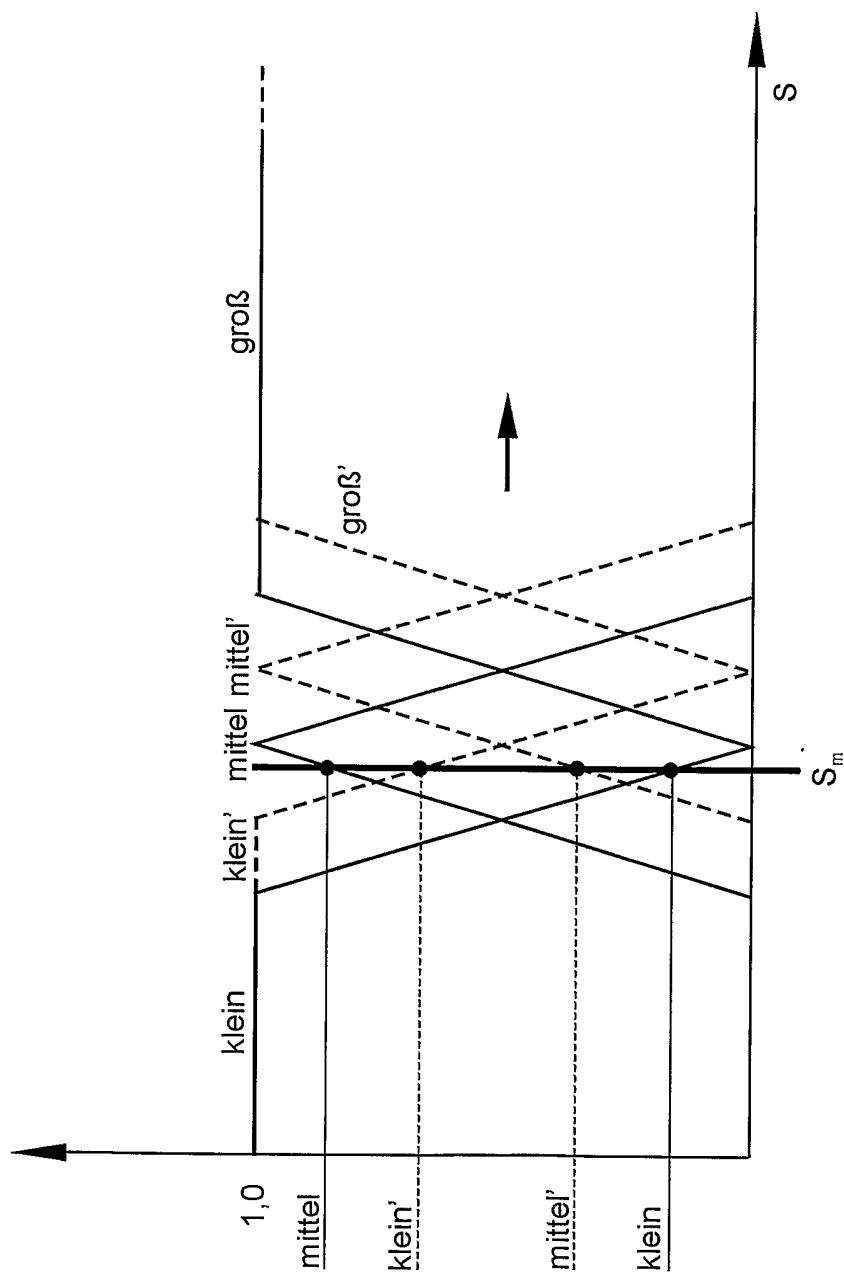


Fig. 6

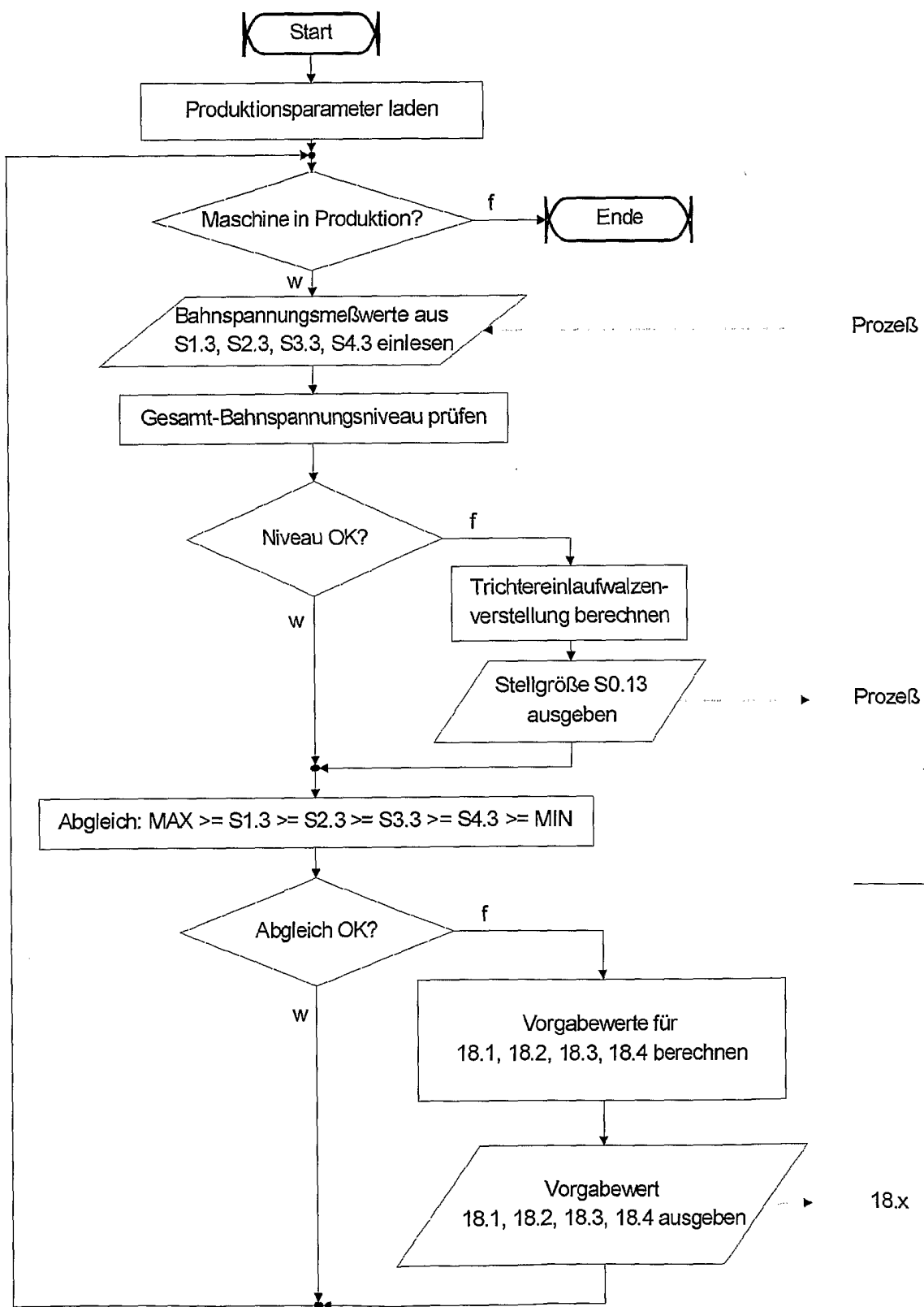


Fig. 7