

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: 89810006.0

⑤ Int. Cl.4: **B 41 F 33/00**

②② Anmeldetag: 05.01.89

③① Priorität: 14.01.88 CH 120/88 06.04.88 CH 1268/88

④3 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.07.89 Patentblatt 89/29

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI SE

⑦ Anmelder: **GRETAG Aktiengesellschaft**
Althardstrasse 70
CH-8105 Regensdorf (CH)

Heidelberger Druckmaschinen Aktiengesellschaft
Kurfürsten-Anlage 52-60 Postfach 10 29 40
D-6900 Heidelberg 1 (DE)

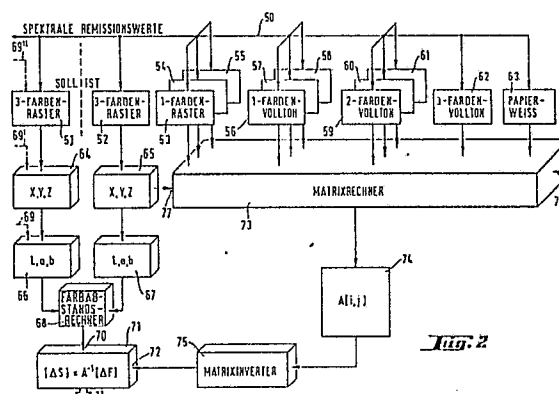
⑦2 Erfinder: Keller, Guido
Wehntalerstrasse 580
CH-8046 Zurich (CH)

Kipphan, Helmut, Prof. Dr.
Bibiena-Strasse 6
D-6830 Schwetzingen (DE)

74) Vertreter: Pirner, Wilhelm et al
Patentabteilung der CIBA-GEIGY AG Postfach
CH-4002 Basel (CH)

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Farbregelung einer Druckmaschine.

57) Eine Dreifarben-Offset-Druckmaschine erzeugt beim Bedrucken von Druckbögen Farbmeßstreifen mit mehreren Farbmeßfeldern. Ein graues durch Übereinanderdrucken von drei Farben erzeugtes Rasterfeld (52) dient als Bezugsfeld, dessen Farbort in einem Farbabstandsrechner (68) mit dem Farbort eines zugeordneten Soll-Bezugsfelds (51) verglichen wird. Aus dem Farbabstand berechnet ein Schichtdickenänderungsrechner (71) einen Schichtdickenänderungssteuervektor mit Hilfe einer auf der Grundlage eines linearen Modells von einem Matrixrechner (73) berechneten Sensitivitätsmatrix (74). Der Matrixrechner (73) wertet dazu eine Reihe von Nebefeldern aus, die drei Einfarbenrasterfelder, drei Einfarbenvolltonfelder, drei Zweifarbenrasterfelder und ein Dreifarbenrasterfeld umfassen.



Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Farbregelung einer Druckmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Farbregelung einer Druckmaschine mit einer farbmtrischen Farbführungssteuerung, wobei auf den von der Druckmaschine bedruckten Druckbögen Farbmeßstreifen mit mehreren Farbmeßfeldern mitgedruckt werden, die mit Hilfe eines Meßkopfes zur Erfassung der spektralen Intensitätsverteilungen der Farbmeßfelder optisch abgetastet werden, um aus einer spektralen Farbanalyse des Meßlichtes die spektralen Remissionen und den Farbort eines Bezugfeldes eines abgetasteten Farbmeßfeldes in einem Koordinatensystem zu bestimmen und durch Koordinatenvergleich aus dem Farbabstand des abgetasteten Farbmeßfeldes von einem vorgegebenen Soll-Farbort eine Stellgröße zur Verstellung der Farbführungsorgane der Druckmaschine zu erzeugen, damit unerwünschte Farbabweichungen bei den mit der neuen Farbführungseinstellung anschließend gedruckten Druckbogen minimal werden, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

Aus der EP A 228 347 ist ein Verfahren der eingangs genannten Art bekannt, bei dem zur optimalen Angleichung des Farbeindrucks eine Vielzahl von Farbmeßfeldern als Bezugfelder ausgewertet werden, um beim Andruck eine optimale Angleichung des Farbeindrucks von heiklen bildwichtigen Stellen des Drucks zu erhalten, wobei beim Fortdruck die farbabstandsgesteuerte Farbführung einer farbdichtegesteuerten Farbführung überlagert sein kann. Die spektralen Farbanalysen einer Vielzahl von Farbmeßfeldern sowie die Berechnung einer Vielzahl von Farbkoordinaten für jeden Druckbogen erfordert einen verhältnismäßig hohen Aufwand. Dieser Aufwand wird noch dadurch erhöht, daß bei dem bekannten Verfahren für jedes der zahlreichen Bezugfelder Abstandsvektoren gewichtet werden, um als Qualitätsmaß für den Druck den Gesamtfarbabstand, der aus der Summe der Beträge der einzelnen Farbabstände ermittelt wird, zu minimisieren. Zur Bestimmung der den einzelnen Farbmeßfeldern zugeordneten Schichtdickenänderungen ist es erforderlich, die den zahlreichen Bezugfeldern zugeordneten Farbabstandsvektoren mit empirisch ermittelten Transformationsmatrizen zu multiplizieren. Bereits die empirische Ermittlung und Abspeicherung der zahlreichen Transformationsmatrizen stellt einen sehr hohen Aufwand dar. Da die beteiligten Druckfarbenanteile mehr oder weniger unabhängig voneinander korrigiert werden, ergibt sich ein ungünstiges Konvergenzverhalten. Aus diesem Grunde sieht das bekannte Verfahren vor, für besonders kritische Töne gesonderte Farbmeßfelder einzusetzen, wodurch der Gesamtaufwand wiederum erhöht wird.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art weiter zu verbessern. Insbesondere soll auch bei besonders kritischen Tönen auf dem Bildinhalt besonders angepaßte Farbmeßfelder verzichtet werden können und dennoch eine Farbregelung mit hoher Konvergenzgeschwindigkeit erhalten werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Farbabstandsbestimmung die spektralen Remissionswerte eines Bezugfeldes in Form eines Rasterfeldes als Hauptgröße zur Bestimmung eines Ist-Farbortes erfaßt werden, daß die spektralen Remissionen von als Nebenfelder dienenden Farbmeßfeldern als Nebengrößen erfaßt werden, aus denen die Empfindlichkeit der Farbortverschiebung aufgrund einer Schichtdickenänderung errechnet wird, und daß aus dem Abstand zwischen dem gemessenen Ist-Farbort des Bezugfeldes und dem Soll-Farbort des Bezugfeldes sowie der auf der Grundlage der Nebengrößen errechneten Empfindlichkeit der Farbortverschiebung die als relative Korrekturgröße für die Farbführung erforderlichen Schichtdickenänderungen der Druckfarben zur Kompensation der Farbortabweichung des Ist-Farbortes des Bezugfeldes vom Soll-Farbort des Bezugfeldes bestimmt werden.

In Einzelfällen (d.h. bei bestimmten Sujets oder bei farbigem Papier) kann es sinnvoll sein, bei der Bestimmung des Ist-Farbortes nicht auf Absolutweiss sondern auf Papierweiss zu normieren.

Die so berechnete Schichtdickenänderung kann auch, z.B. über eine Tollenaar Funktion, in eine Dichteänderung umgerechnet werden.

An Stelle der Schichtdicke kann allerdings auch direkt die Empfindlichkeit der Farbortverschiebung aufgrund einer Dichteänderung berechnet werden. Hierzu ist es sinnvoll, die Dichtewerte zu korrigieren. Dies kann z.B. mit der Saunderson-Korrektur geschehen. Mit einer so ermittelten Sensitivitätsmatrix wird dann ein Dichteänderungssteuervektor berechnet, der Dichteänderungen zur Folge haben sollte, die den gemessenen Farbort möglichst nahe an den Soll-Farbort verschieben.

Die folgenden Ausführungsbeispiele gehen von einer Sensitivitätsmatrix auf der Basis von Schichtdicken aus. Sie lassen sich jedoch einfach auf eine Sensitivitätsmatrix auf der Basis von Dichten übertragen. Bei einem zweckmäßigen Ausführungsbeispiel der Erfindung für eine Mehrfarben-, z.B. Vierfarben-Offset-Druckmaschine ist das Bezugsfeld ein Graufeld, das durch Uebereinanderdrucken von drei Rastern mit den beteiligten drei bunten Normdruckfarben erzeugt wird. Schwarz sowie Schmuckfarben bei 5- und 6-Farbenmaschinen werden, wie später noch im einzelnen beschrieben, gesondert behandelt. Das erfindungsgemäße Regelverfahren vergleicht den Farbort des auf einem Druckbogen aufgedruckten Ist-Graufeldes mit dem gespeicherten Farbort des Graufeldes auf dem O.K.-Bogen oder dem numerisch eingegebenen Farbort. Aus der Abweichung zwischen dem Ist-Farbort und dem Soll-Farbort wird ein Farbabstandsvektor ermittelt und ein Schichtdickenänderungssteuervektor berechnet, der (theoretisch) Schichtdickenänderungen zur Folge haben sollte, die den gemessenen Farbort möglichst nahe an den Soll-Farbort verschieben. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren handelt es sich somit einerseits um ein relatives Modell, da die gemessene Remission bzw. der Farbort des entsprechenden Dreifarbenrasterfeldes als Grundlage verwendet wird und

die Remissionsänderung aufgrund der Änderung der Farbführung relativ dazu gerechnet wird. Da bei einem solchen relativen Modell die Anforderungen und die Genauigkeit kleiner sind als bei einem absoluten Modell, das eine Farbortbestimmung ohne Rückbezug auf einen bereits vorhandenen Zwischenwert durchführt, reicht eine lineare Ersatzfunktion im gemessenen Arbeitspunkt als einfachste Art der Modellbildung bereits aus, um bei einem relativen Modell eine hohe Konvergenzgeschwindigkeit zu erzielen, wenn die selbstverständliche Voraussetzung eines richtigen Vorzeichens erfüllt ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt eine Modellbildung zur Bestimmung der Empfindlichkeit der Farbortänderung aufgrund einer Schichtdickenänderung auf der Grundlage partiell differenzierter Neugebauer-Gleichungen.

Für jeden Farbort des als Bezugsfeld dienenden Graufeldes wird eine Sensitivitätsmatrix individuell berechnet und nach dem Invertieren als Transformationsmatrix zur Erzeugung eines Schichtdickenänderungssteuervektors aus dem Farbabstandsvektor gebildet. Um eine hohe Genauigkeit zu erzielen, ist es zweckmäßig, alle Größen, die zur Bildung der Elemente der Sensitivitätsmatrix benötigt werden, bei jedem Druck neu zu bestimmen. Die dazu benötigten Größen werden durch Auswerten der spektralen Remissionswerte von drei Rasterfeldern in den beteiligten Druckfarben, drei Volltonfeldern in den beteiligten Druckfarben, drei Volltonfeldern mit jeweils zwei übereinander gedruckten Druckfarben, einem Volltonfeld mit allen übereinander gedruckten Druckfarben und schließlich einem Feld zur Erfassung der Papierremission erzeugt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein stark vereinfachtes Blockschema einer Druckanlage mit dem erfindungsgemäßen Regelverfahren und

Fig. 2 ein Blockschema zur Veranschaulichung einer möglichen Realisierung der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Meßwertverarbeitung.

Die in Fig. 1 dargestellte Druckanlage verfügt über eine elektronische Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 10, die Steuerdaten 11 erzeugt, welche den unerwünschten Farbabweichungen der am Druck beteiligten Druckfarben in den einzelnen Druckzonen und Druckwerken entsprechen und als Eingangsgrößen einer Steuerkonsole 20 zugeführt werden. Die Steuerkonsole 20 erzeugt aus den Steuerdaten 11 Stellsignale 21 für die Farbführungsorgane einer mit einer fernsteuerbaren Farbführung ausgestatteten Druckmaschine 30, die insbesondere eine Dreifarben-Offset-Druckmaschine sein kann, so daß die Farbabweichungen auf von der Druckmaschine 30 bedruckten Druckbogen 40 minimal werden.

Beim Drucken werden von der Druckmaschine 30 Farbmeßfelder 41 als Farbmeßstreifen mitgedruckt, wobei ein Block eines Farbmeßstreifens sich beispielsweise über zwei Zonen des mehrere Zonen aufweisenden Druckbogens 40 erstrecken kann.

Um die Farbabweichungen der am Druck beteiligten Druckfarben klein zu halten, werden die Farbmeßfelder 41 von Hand oder vorzugsweise automatisch und laufend mit Hilfe wenigstens eines Meßkopfes 42 optisch abgetastet, der entlang den Farbmeßfeldern 41 der jeweils mitgedruckten Farbmeßstreifen motorgetrieben in Richtung der Pfeile 43, 44 verschiebbar ist. Für die manuelle Abtastung kann ein zweiter Meßkopf vorgesehen sein.

Der Meßkopf 42 enthält eine in der Zeichnung nicht dargestellte Weißlichtquelle zur Beleuchtung der Farbmeßfelder 41, z.B. unter einem Winkel von 45 Grad, und eine Meßlichtoptik, um das von den Farbmeßfeldern 41, z.B. unter einem Winkel von 0 Grad, remittierte Licht aufzufangen und über einen Lichtleiter zum Eingang eines Spektrometers 45 zu führen. Das Spektrometer 45 dient dazu, den von den zur Drucküberwachung mitgedruckten Farbmeßfeldern 41 remittierten Anteil des weißen Beleuchtungslichtes spektral zu zerlegen, um eine spektrale Farbanalyse und somit eine farbmetrische Analyse zu gestatten. Das Spektrometer 45 enthält beispielsweise ein über einen Eintrittsspalt beleuchtetes holografisches Gitter zur räumlichen Aufspaltung des Meßlichtes nach Wellenlängen sowie eine zeilenförmige Anordnung von beispielsweise 35 Fotodioden, die mit dem spektral zerlegten Meßlicht beaufschlagt werden. Das Spektrometer 45 gestattet somit eine spektrale Farbmessung an beispielsweise 35 Stützstellen zur Bestimmung der spektralen Remissionen der manuell oder automatisch abgetasteten Farbmeßfelder 41, um der Meßwertverarbeitung 10 die Ableitung farbmetrischer Kenngrößen zu gestatten. Die am Ausgang des Spektrometers 45 vorliegenden Meßdaten 46 gelangen über eine in der Zeichnung nicht dargestellte Schnittstelle, die unter anderem auch eine Digitalisierung der Meßdaten 46 durchführt, zu einer in der Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 10 enthaltenen Rechneranordnung.

Die Rechneranordnung der elektronischen Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 10 verfügt über eine Treiberelektronik zur Speisung des elektrischen Antriebs des Meßkopfes 42 und des Meßkopfbeleuchtung. Weiterhin sind wie bei einem üblichen Rechner ein Datensichtgerät inklusive Tastatur und ein Protokoll drucker vorgesehen, um die bei der spektralen Meßwernerfassung anfallenden Daten bei Bedarf anzeigen zu können und um insbesondere Konstanten und Sollwerte auch manuell über die Tastatur eingeben zu können.

In der elektronischen Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 10 werden die Meßdaten 46 in spektrale Remissionen bezogen auf das Papierweiß des Druckbogens 40 und Farbortkoordinaten umgerechnet. Durch Vergleich der Farbortkoordinaten eines als Bezugsfeld dienenden Farbmeßfeldes 41 mit gespeicherten Soll-Farbortkoordinaten werden aufgrund einer Farbabstandsbestimmung zwischen dem Soll-Farbort und dem tatsächlich auf dem Druckbogen erfaßten Ist-Farbort des Bezugsfeldes, das vorzugsweise ein Graufeld aus einem Dreifarbenraster ist, die Steuerdaten 11 erzeugt. Die Soll-Farbortkoordinaten definieren einen Soll-Farbort, der entweder manuell über die Tastatur oder durch Abtasten des Bezugsfeldes eines für gut befundenen Druckbogens, d.h. eines sogenannten "O.K.-Bogens" in einen Speicher eingegeben worden ist.

In der elektronischen Einrichtung zur Meßwertverarbeitung 10 werden die spektralfotometrischen Meßdaten, d.h. die spektralen Remissionen, vorzugsweise eines jeden Druckbogens in Farbortkoordinaten umgerechnet und mit den gespeicherten Soll-Farbortskordinaten verglichen, um in der weiter unten detaillierter beschriebenen Weise laufend Farbabstände und hieraus Steuerdaten 11 für die Steuerkonsole 20 und die

5 Farbführungsorgane zur Steuerung des Farbauftrags zu bestimmen.
Da bei einer Verstellung der Farbführungsorgane zur Korrektur der Farbgebung das erhaltene Resultat vom Meßkopf 42 abgetastet wird, verfügt die in Fig. 1 dargestellte Druckanlage über einen Regelkreis zum Ausregeln von Farbabweichungen. Die jeweilige Regelabweichung wird dabei von der Meßwertverarbeitung 10 ermittelt, die in ihrem Speicher als Führungsgröße die Koordinaten des jeweiligen Soll-Farbortes enthält und als Stellgröße die Steuerdaten 11 erzeugt. Bei der in Fig. 1 dargestellten Druckanlage speisen die

10 Steuerdaten 11 die Druckmaschine 30 indirekt über die üblicherweise vorhandene Steuerkonsole 20. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Druckanlage so abzuwandeln, daß die Steuerdaten direkt auf die Farbführungsorgane, beispielsweise die Farbzonenschrauben, der Druckmaschine 30 einwirken.
Die Funktionsweise und der Aufbau der elektronischen Meßwertverarbeitung 10 sind in Fig. 2 detaillierter

15 dargestellt. Die vom Spektrometer 45 gelieferten spektralen Remissionswerte gelangen über einen Eingangsbus 50 zu den einzelnen Farbmeßfeldern 41 jeweils zugeordneten Remissionswertspeichern 51 bis 63. Der Remissionswertspeicher 51 dient zur Speicherung der bei 35 verschiedenen Wellenlängen gemessenen Remissionswerte β_{R123} eines Dreifarbenrasterfeldes auf dem O.K.-Bogen.
Dem Dreifarbenrasterfeld auf dem O.K.-Bogen entspricht ein Dreifarbenrasterfeld auf dem jeweils gerade

20 neu gedruckten Druckbogen 40. Die farbliche Erscheinung des Druckbogens 40 stimmt dann mit dem O.K.-Bogen überein, wenn das als Bezugfeld auf dem Druckbogen 40 dienende Dreifarbenrasterfeld den gleichen, insbesondere grauen, Farbeindruck hervorruft. Aus diesem Grunde werden die spektralen Remissionswerte des Dreifarbenrasterfeldes als Ist-Wert in dem Remissionswertspeicher 52 gespeichert und mit den als Soll-Wert im Remissionswertspeicher 51 vorhandenen spektralen Remissionswerten indirekt nach

25 einer Umrechnung der spektralen Remissionswerte in Farbortkoordinaten eines Farbkoordinatensystems, insbesondere des CIELAB- oder CIELUV-Systems verglichen.
Aus den beispielsweise 35 verschiedenen Wellenlängen zugeordneten spektralen Remissionswerten im Remissionswertspeicher 51 werden mit Hilfe eines ersten Normfarbwertrechners 64 gemäß den durch die CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) definierten Formeln die Normfarbwerte X, Y und Z errechnet.
30 Entsprechend werden aus den aus dem Remissionsspektrum des Bezugfelds auf dem Druckbogen 40 erhaltenen spektralen Remissionswerten in einem zweiten Normfarbwertrechner 65 die Ist-Normfarbwerte X, Y und Z berechnet. Die Normfarbwertrechner 64, 65 können hardwaremäßig zusammengefaßt und auch insbesondere Bestandteil des Hauptprozessors der Druckanlage sein und somit ebenso wie die Remissionswertspeicher 51 bis 63 lediglich softwaremäßig existieren.

35 Anstatt die Soll-Normfarbwerte (und daraus, wie unten ausgeführt, die Soll-Farborte) aus den mittels des Meßkopfs eingelesenen spektralen Remissionswerten des Bezugfelds des O.K.-Bogens zu berechnen, können die Koordinaten des Soll-Farborts auch manuell via Tastatur eingegeben werden. Diese Möglichkeit ist in der Zeichnung durch die Eingangsleitung 69 des ersten Farbortrechners 66 angedeutet. Rein theoretisch könnten natürlich auch die entsprechenden Soll-Normfarbwerte oder die Soll-Remissionswerte manuell
40 eingegeben werden, jedoch dürfte dies in der Praxis wenig sinnvoll sein. Entsprechende Möglichkeiten sind in der Zeichnung durch Eingangsleitungen 69' und 69'' angedeutet.
Die von dem ersten Normfarbwertrechner 64 berechneten oder manuell eingegebenen Soll-Normfarbwerte und die von dem zweiten Normfarbwertrechner 65 berechneten Ist-Normfarbwerte nach CIE dienen jeweils einem ersten Farbortrechner 66 und einem zweiten Farbortrechner 67 als Eingangsgrößen. Der erste

45 Farbortrechner 66 und der zweite Farbortrechner 67 berechnen jeweils aus den Soll-Normfarbwerten und den Ist-Normfarbwerten gemäß den CIE-Formeln die Farborte mit den Koordinaten L, a und b oder L, u und v eines CIE-Farbtraumes. Der erste Farbortrechner 66 und der zweite Farbortrechner 67 können ebenfalls wie alle Rechner der Meßwertverarbeitung 10 hardwaremäßig und/oder softwaremäßig mit den übrigen Rechnern der Druckanlage gemeinsam realisiert sein. Obwohl nachfolgend der CIE-Farbtraum mit den Farbortkoordinaten L, a und b als Ausführungsbeispiel erörtert ist, sei darauf hingewiesen, daß die Erfindung auch mit anderen Farbträumen realisiert werden kann.

Der durch den ersten Farbortrechner 66 bestimmte Soll-Farbortvektor für die Farbe des Dreifarbenrasterfeldes des O.K.-Bogens wird in einem Farbabstandsrechner 68 mit dem von dem zweiten Farbortrechner 67 ermittelten Ist-Wert für den Farbortvektor des als Bezugfeld dienenden Dreifarbenrasterfeldes auf dem
55 frischgedruckten Druckbogen 40 verglichen, um aus der Differenz der beiden Farbortvektoren einen Farbabstandsvektor zu bestimmen, dessen Länge und Orientierung im Farbtraum die unerwünschte Farbabweichung zwischen dem O.K.-Bogen und dem neu gedruckten Druckbogen 40 angibt.
Der Ausgang des Farbabstandsrechners 68 ist mit dem ersten Eingang eines Schichtdickenänderungsrechners verbunden, der aus dem Farbabstandsvektor ΔF einen Schichtdickenänderungssteuervektor ΔS
60 berechnet, wobei über einen zweiten Eingang 72 eine Transformationsfunktion eingespeist wird, die für den jeweiligen durch die Ist-Normfarbwerte X, Y, Z bzw. den Ist-Farbort L, a, b definierten Arbeitspunkt eine lineare Ersatzfunktion des in der Praxis äußerst komplexen Zusammenhangs zwischen Schichtdicken und Farborten für einen infinitesimalen Umgebungsbereich des Arbeitspunkts darstellt. Die im den zweiten Eingang 72 eingespeisten Größen zur Berechnung des Schichtdickenänderungssteuervektors, dessen Komponenten für
65 die drei Druckfarben, beispielsweise Cyan, Gelb und Magenta, die Steuerdaten 11 bilden, werden mit Hilfe

eines Matrixrechners 73 bestimmt, der die Komponenten einer Matrix $A(i,j)$ berechnet, die im dreidimensionalen Normalfall eine Matrix mit neun Elementen in drei Spalten und drei Zeilen ist.

In Fig. 2 ist ein Matrixspeicher 74 für die Komponenten der Matrix $A(i,j)$ dargestellt.

Die Matrix $A(i,j)$ wird mit Hilfe eines Matrixinverters 75 invertiert, so daß am zweiten Eingangs 72 die Elemente der invertierten Matrix A^{-1} als Elemente einer Transformationsfunktion vorliegen, die vorzugsweise bei jeder Messung eines Bezugsfeldes neu bestimmt werden. Wenn zwischen dem Ist-Farbort des mit Hilfe des Meßkopfes 42 abgetasteten Bezugsfeldes und dem Soll-Farbort eine Abweichung besteht, wird somit mit Hilfe des Schichtdickenänderungsrechners 71 berechnet, welche Schichtdickenänderungen bei den drei Druckfarben erforderlich sind, um beim Druck des nächsten Druckbogens 40 eine Annäherung des Ist-Farbortes an den Soll-Farbort zu erreichen. Die im Matrixspeicher 74 gespeicherte Matrix $A(i,j)$ enthält als Information die Empfindlichkeit der Farbortänderung aufgrund der Schichtdickenänderungen. Daher wird die Matrix $A(i,j)$ nachfolgend als Sensitivitätsmatrix bezeichnet. Ihre Elemente können zwar experimentell ermittelt werden, wobei jedoch bereits für jeden Farbort andere Matrixelemente gelten. Wegen der Vielzahl der möglichen Farborte und sonstigen Einflüsse ist ein erhebliches Speichervolumen erforderlich, wenn experimentell ermittelte Sensitivitätsmatrizen abgespeichert werden sollen, um die für einen bestimmten Arbeitspunkt benötigten Werte jeweils auszulesen. Aus diesem Grunde werden die Elemente der Sensitivitätsmatrizen bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung für jeden durch die Normfarbwerte X, Y, Z definierten Arbeitspunkt gesondert berechnet. Die Elemente der Sensitivitätsmatrix $A(i,j)$ sind die partiellen Ableitungen des Farbortvektors, insbesondere des Farbortvektors eines der erwähnten Farbräume, nach den Komponenten des Schichtdickensteuervektors. Diese Komponenten werden mit Hilfe des Matrixrechners 73 unter Verwendung von Rechenvorschriften berechnet, die auf einem relativen und linearen Modell aufbauen, bei dem aus den partiellen Ableitungen der Remissionsänderungen pro Schichtdickeänderung die Farbortverschiebung dL , da , db aufgrund der Schichtdickeänderungen der Druckfarben berechnet wird.

Um es dem Matrixrechner 73 zu gestatten, die einem frischgedruckten Bezugsfeld zugeordnete Sensitivitätsmatrix zu berechnen, ist es erforderlich, beim Drucken des Farbmeßstreifens mit den Farbmeßfeldern 41 zusätzlich zu dem Feld mit einem Dreifarbenraster weitere Rasterfelder sowie Volltonfelder vorzusehen. Die Farbmeßfelder 41 auf dem Druckbogen 40 umfassen daher für jede der drei Druckfarben ein einfarbiges Rasterfeld, wobei für die Rasterfelder die Filmflächendeckungen dem Dreifarbenrasterfeld oder Bezugsfeld entsprechen. Stimmen die Filmflächendeckungen nicht mit denjenigen des Dreifarbenrasterfeldes überein, so müssen die berechneten Flächendeckungen interpoliert werden. Außerdem sind für die drei Druckfarben jeweils Volltonfelder vorgesehen. Die Farbmeßfelder 41 umfassen auch drei Volltonfelder, bei denen jeweils zwei Druckfarben übereinander gedruckt worden sind. Schließlich enthalten die mitgedruckten Farbmeßstreifen des Druckbogens 40 noch jeweils ein Volltonfeld mit allen drei übereinander gedruckten Farben und ein weißes Feld zur Bestimmung der Papierremission.

Zur Bestimmung der Sensitivitätsmatrix eines bestimmten frischgedruckten Druckbogens ist es somit erforderlich, daß der Meßkopf 42 die spektralen Remissionswerte für eine Vielzahl unterschiedlicher Farbmeßfelder 41 erfaßt. Aus diesem Grunde sind in Fig. 2 Remissionswertspeicher 53 bis 63 dargestellt, die softwaremäßig oder hardwaremäßig realisiert sein können. Bei einer hardwaremäßigen Realisierung ist der Eingangsbus 50 jeweils mit demjenigen Remissionswertspeicher 51 bis 63 verbunden, dessen zugeordnetes Farbmeßfeld 41 gerade vom Meßkopf 42 abgetastet wird. Jeder Remissionswertspeicher 53 bis 63 speichert wie die Remissionswertspeicher 51 und 52 die einer Vielzahl von Wellenlängen, beispielsweise 35 verschiedenen Längenwellenbereichen, zugeordneten spektralen Remissionen.

Der Matrixrechner 73 verfügt über einen Arbeitspunkteingang 77, über den die jeweils geltendem Normfarbwerte eingespeist werden. Weitere Eingänge des Matrixrechners 73 sind mit den drei Remissionswertspeichern 53 bis 55 verbunden, die beispielsweise die spektralen Remissionswerte von Rasterfeldern der Farben Gelb, Magenta und Cyan enthalten. Die Remissionswertspeicher 56 bis 58 speichern jeweils 35 Remissionswerte von Volltonfeldern der Farben Gelb, Magenta und Cyan, deren Schichtdicken sich bei einer Verstellung der Farbführungsorgane analog verändern wie die Schichtdicken der jeweiligen Druckfarbe in den Rasterfeldern.

Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, sind dem Matrixrechner 73 drei Remissionswertspeicher 59 bis 61 für Volltonfelder zugeordnet, die jeweils durch Übereinanderdrucken zweier Druckfarben entstehen und bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel die spektralen Remissionswerte der durch Übereinanderdruck entstandenen Farben Rot, Grün und Blau speichern. Schließlich ist ein Remissionswertspeicher 62 zum Speichern der spektralen Remissionswerte eines Volltonfeldes vorgesehen, das durch Übereinanderdruck aller drei Druckfarben entstanden ist und somit im wesentlichen eine schwarze Farbe hat. Um die spektrale Remission des Papiers des Druckbogens 40 zu speichern, ist schließlich der Remissionswertspeicher 63 vorgesehen, so daß der Matrixrechner 73 auf Papierweiß bezogene Remissionswerte verarbeiten kann, die zwischen 0 und 1 liegen.

Um den Matrixrechner 73 mit Konstanten und Parametern zu speisen, ist ein Konstanten- und Parametereingang 76 vorgesehen. Die oben erwähnten Rechner und Eingänge können bei der Meßwertverarbeitung 10 physisch oder softwaremäßig vorhanden sein.

Nachdem der (ggf. über die Bedienungsperson) geschlossene Regelkreis der Druckanlage und die Organisation der Meßwertverarbeitung 10 erörtert worden sind, wird nachfolgend erörtert, wie nach dem Abtasten der Farbmeßfelder 41 eines frischen Druckbogens die Sensitivitätsmatrix $A(i,j)$ bestimmt wird, mit

deren Hilfe Schichtdickenänderungssteuervektoren erzeugt werden, um die Farbführungsorgane mit möglichst großer Konvergenzgeschwindigkeit so zu verstellen, daß beim Fortdruck der Druckbogen 40 eine farbabstandsgesteuerte Regelung erfolgt.

Zur Bestimmung der Sensitivitätsmatrix $A(i,j)$ ist es erforderlich, deren Komponenten zu berechnen. Die Elemente der Sensitivitätsmatrix sind die partiellen Ableitungen der Komponenten des Farbortvektors nach den Komponenten des Schichtdickensteuervektors. Verwendet man entsprechend dem beschriebenen Ausführungsbeispiel das $L^*a^*b^*$ -System der CIE, sind somit die partiellen Ableitungen der Koordinaten L , a und b nach den Komponenten der Schichtdickenvektoren zu berechnen. Die partiellen Ableitungen der Farbraumkoordinaten enthalten die Ist-Normfarbwerte X , Y und Z des gemessenen Bezugsfeldes sowie die partiellen Ableitungen dieser Normfarbwerte nach den Komponenten des Schichtdickenvektors.

Die Bestimmung der partiellen Ableitungen der Normfarbwerte nach den drei Komponenten des Schichtdickenvektors könnte empirisch erfolgen, wobei die erhaltenen Werte in einem Speicher festgehalten werden. Dieser Fall ist jedoch für die Praxis kaum brauchbar. Eine andere Möglichkeit besteht darin, diese Größen von Zeit zur Zeit, z.B. am Anfang eines Druckvorganges, von vielen Druckbögen 40 aus den in den Remissionswertspeichern 53 bis 63 gespeicherten spektralen Remissionswerten zu berechnen. Statt einer Berechnung von Zeit zur Zeit kann auch für jeden einzelnen Druckbogen eine Berechnung erfolgen. Vorzuziehen ist jedoch eine Bestimmung der partiellen Ableitungen der gemessenen Ist-Normfarbwerte nach den drei Komponenten des Schichtdickenvektors bei jeder Messung eines Bezugsfeldes in einer Zone oder einem Block des Druckbogens. Die in die Remissionswertspeichern 53 bis 63 gespeicherten Informationen stellen Nebengrößen dar, die es gestatten, für die im Remissionswertspeicher 52 gespeicherte Hauptgröße zu bestimmen, welche Farbführungsänderungen erforderlich sind, um zu erreichen, daß der der gemessenen Hauptgröße zugeordnete Farbort im Farbraum beim nächsten Druck und bei der nächsten Messung näher am Soll-Farbort liegt.

Die neun partiellen Ableitungen der Normfarbwerte nach den Komponenten des Schichtdickenvektors oder Schichtdickensteuervektors werden durch Integrieren eines Ausdruckes über den gesamten Spektralbereich erhalten, der im wesentlichen die aufgrund eines Modells berechneten partiellen Ableitungen der Remissionswerte eines Dreifarbenrasterfeldes nach den drei Schichtdicken der drei Druckfarben enthält. Als einfachstes Modell bietet sich die Berechnung mit Hilfe der Neugebauer-Gleichungen an, die in ihrer differentiellen Form die Remissionsänderungen eines Dreifarbenrasterfeldes in Abhängigkeit von den optisch wirksamen Flächendeckungen sowie den Remissionen der zusammen mit den Rasterfeldern gedruckten Volltonfeldern angibt.

Aus diesem Grund berechnet der Matrixrechner 73 die in den Neugebauer-Gleichungen in differenzierter Form enthaltenen Größen und insbesondere die partiellen Ableitungen der Remissionen der Volltonfelder nach den Schichtdicken der jeweils zugeordneten Farben, weiterhin die optisch wirksamen Flächendeckungen aus den von Murray-Davies angegebenen Beziehungen sowie die partiellen Ableitungen der optisch wirksamen Flächendeckungen nach den Remissionen der durch die Farbe jeweils zugeordneten einfarbigen Volltonfelder.

Die obigen Erläuterungen zeigen, wie es möglich ist, ein relatives und lineares Modell zu verwirklichen, das es gestattet, den aufgrund von Farbführungsänderungen erwarteten neuen Farbort eines Dreifarbenrasterfeldes nicht absolut zu berechnen, sondern mit wesentlich höherer Genauigkeit und Zuverlässigkeit, ausgehend von der gemessenen Remission bzw. dem Farbort des tatsächlich gedruckten Dreifarbenrasterfeldes unter relativer Hinzurechnung der Remissionsänderung aufgrund der Änderung der Farbführung. Bei einem relativen Modell wirken sich Fehler (bei richtigem Vorzeichen) hauptsächlich auf die Konvergenzgeschwindigkeit, nicht aber auf die Konvergenz als solche aus. Aus diesem Grunde kann zur Berechnung der bei einer Änderung der Farbführung auftretenden Remissionsänderung im Dreifarbenrasterfeld, das als Bezugsfeld dient, ein lineares Modell als einfachste Art der Modellbildung mit einer linearen Ersatzfunktion im Arbeitspunkt eingesetzt werden. Der Arbeitspunkt ergibt sich dabei in Abhängigkeit von der jeweils tatsächlich gemessenen Remission und dem somit tatsächlich bestimmten Farbort. Die lineare Ersatzfunktion im Arbeitspunkt gestattet aufbauend auf der gemessenen Remission eine näherungsweise theoretische Bestimmung des Farbortes des bei geänderter Farbführung später gedruckten neuen Dreifarbenrasterfeldes. Dabei wird die "Steigung" oder Sensitivität im Arbeitspunkt ausgenutzt, um aus dem Farbabstand zwischen dem tatsächlich gemessenen Farbort und dem erwünschten Farbort für das Dreifarbenrasterfeld die erforderlichen Schichtdickenveränderungen bzw. Farbführungsänderungen zu bestimmen.

Die Formeln und die Berechnungen für den Regelalgorithmus mit einem linearen Modell auf der Grundlage der Neugebauer-Gleichungen sowie der dem Fachmann bekannten Beziehungen der Farbmatrik ergeben sich aus dem nachfolgend erörterten Ausführungsbeispiel.

Der in Fig. 2 dargestellte Matrixrechner 73 berechnet für alle Zonen bzw. Blöcke die Sensitivitätsmatrizen $A(i,j)$, so daß eine lineare Regelung erfolgen kann.

Zur Berechnung der Sensitivitätsmatrix $A(i,j)$ werden zuerst die spektralen Einfarbenrasteremissionen auf die entsprechenden Rasterwerte des Dreifarbenrasterfeldes (quadratisch) interpoliert und in den entsprechenden Remissionswertspeichern 53-55 abgelegt. In der Folge werden nur diese interpolierten Werte verwendet.

In einem weiteren Schritt wird aus den in den Remissionswertspeichern 53 bis 62 enthaltenen zehn Nebemesswerten mit jeweils 35 spektralen Einzelwerten gewichtet mit densitometrischen Filterverläufen und bezogen auf Papierweiss die geometrische Flächendeckung für die drei Farben gemäß folgender Formel berechnet.

$$F_{RJ\text{Geom}} = F_{RJ\text{Film}} + (F_{Dj} - F_{RJ\text{Film}}) / 3.$$

In dieser Gleichung bedeutet F_{Dj} die optisch wirksame Flächendeckung (nach Murray-Davies) für die Farbe j , wobei $j = 1$ Cyan, $j = 2$ Magenta und $j = 3$ beispielsweise Gelb bedeutet. Die Filmflächendeckung $F_{RJ\text{Film}}$ ist von der Meßstreifendefinition her vorgegeben und braucht nicht gemessen zu werden. Die Formel zur Berechnung der geometrischen Flächendeckung geht von der Annahme aus, daß sich die Zunahme für die optisch wirksame Flächendeckung aus 1/3 mechanischer Punktvergrößerung und 2/3 Lichtfang zusammensetzt.

Die nachfolgend erwähnten Berechnungen erfolgen spektral für die drei Farben über die Wellenlängen zwischen 380 und 730 Nanometer, beispielsweise in 35 Schritten. Um einen Papierweißbezug herzustellen, werden die Koeffizienten $\beta_{Vj}' = \beta_{Vj} / \beta_{\text{Papier}}$ bestimmt, wobei β_{Vj} der für die jeweilige Wellenlänge gemessene Remissionswert für ein Volltonfeld V_j der Druckfarbe j ist.

Der Matrixrechner 73 berechnet für jede der 35 Wellenlängen und für alle Volltonfarben j die partiellen Ableitungen der spektralen Volltonremissionen nach den Schichtdicken gemäß folgender Formel:

$$\frac{d\beta_{Vj}}{dS_j} = \frac{(1 - r_{0j} - r_{2j} (1 - \beta_{Vj})) (\beta_{Vj} - r_{0j})}{(1 - r_{0j}) (1 - r_{2j})} \cdot \ln 10 \frac{\log (\beta^* / \beta_{\text{Papier}}^*)}{S_j}$$

wobei gilt:

$$\beta^* = \frac{\beta_{Vj} - r_{0j}}{1 - r_{0j} - r_{2j} \cdot (1 - \beta_{Vj})}$$

$$\beta_{\text{Papier}}^* = \frac{\beta_{\text{Papier}} - r_{0j}}{1 - r_{0j} - r_{2j} \cdot (1 - \beta_{\text{Papier}})}$$

In dieser Gleichung bedeutet S_j die momentane Schichtdicke der Druckfarbe j . Sie ergibt sich jeweils aus der Maschinenkennlinie (d.i. der Zusammenhang zwischen einer Stellgröße der Maschinensteuerung und der daraus resultierenden Schichtdicke). r_{0j} ist eine Konstante, die die Oberflächenreflexion des Papiers für die Druckfarbe j angibt. Sie ist in erster Näherung für alle Druckfarben j gleich. Außerdem kann die Oberflächenreflexion r_{0j} aufgrund der Meßoptik (45° , 0°) und aufgrund eines verwendeten Polarisators als vernachlässigbar klein angenommen werden. Es ist daher zweckmäßig, diese Konstante in den meisten Fällen Null zu setzen. Die Konstante r_{2j} drückt die Totalreflexion in der Farbschicht aus und ist ebenfalls in etwa gleich für alle Druckfarben j . Wird die innere Reflexion r_{2j} Null gesetzt, so wird die Schichtdicke als proportional zur Dichte angenommen. Vernünftige Werte für r_{2j} liegen im Bereich 0,4 bis 0,6. Je größer r_{2j} ist, desto größer wird die Sensitivität und somit auch die Regelgröße.

Anschließend erfolgt die Berechnung der optisch wirksamen Flächendeckung F_{Dj} in allen 35 Stützstellen für alle drei Farben gemäß der Formel von Murray-Davies. Falls der auf Papierweiß bezogene spektrale Remissionswert β_{Vj}' des zugeordneten Volltonfeldes größer als 0,95 ist, wird der Lichtfang als Null angenommen und bei der weiteren Berechnung die optisch wirksame Flächendeckung durch die geometrische Flächendeckung ersetzt, um bei der Berechnung der optisch wirksamen Flächendeckung eine Division durch Null zu vermeiden. Eine solche Division durch Null könnte andernfalls auftreten, da die Meßwerte mit einem Rauschen behaftet sind.

$$F_{Dj} = \frac{1 - \beta_{Rj}'}{1 - \beta_{Vj}'} \quad \text{mit } j = 1, 2, 3,$$

Darin ist β_{Rj}' ein auf Papierweiß bezogener Wert eines in den Remissionswertspeichern 53 bis 55

gespeicherten Wertes für ein Rasterfeld mit einer einzigen Farbe j

($\beta'_{Rj} = \beta_{Rj} / \beta_{\text{Papier}}$).

Als nächstes berechnet das Program des Matrixrechners 73 für alle Wellenlängen und für alle Farben die Ableitungen der optisch wirksamen Flächendeckungen F_{Dj} nach den Remissionswerten β'_{Vj} der einfarbigen Volltonfelder gemäß folgender Gleichung:

$$\frac{dF_{Dj}}{d\beta'_{Vj}} = -P \cdot F_{Rj} \cdot (1 - F_{Rj}) \cdot \frac{(1 - \beta'_{Vj})^{1/2})^2}{(1 - \beta'_{Vj})^2 \cdot \beta'_{Vj}^{1/2}}$$

In dieser Gleichung ist die Papierkonstante P eine Konstante, die die Papier- und Druckfarbeneigenschaften beinhaltet und beispielsweise über den Eingang 76 in den Matrixrechner 73 eingegeben werden kann. Die obige Beziehung beruht auf einem Lichtfangmodell, wobei die Papierkonstante P gleich 1 gesetzt werden kann. Die Werte der Papierkonstante P liegen zwischen 0,1 und 1. Je kleiner die Papierkonstante P gewählt wird, umso größer wird die Sensitivität und somit auch die Regelgröße.

Wenn alle Größen vorliegen, die benötigt werden, um aus den differentiellen Neugebauer-Gleichungen die partiellen Ableitungen der spektralen Remissionen eines Dreifarbenrasterfeldes nach den Schichtdicken der Druckfarben zu berechnen, erfolgt der Einsatz der nachfolgenden Gleichungen, in denen β_{R123} die Remission eines Dreifarbenrasterfeldes und β_{V12} , β_{V13} und β_{V23} die Remissionen der den Remissionswertspeichern 59 bis 61 zugeordneten Volltonfelder aus zwei unterschiedlichen übereinandergedruckten Farben und β_{V123} die Remission eines Volltonfeldes mit drei übereinander gedruckten Farben bedeutet.

$$\begin{aligned}
\frac{d\beta_{R123}}{dS_1} = & ((1 - F_{D2} - F_{D3} + F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{Papier} + & 5 \\
& - (1 - F_{D2} - F_{D3} + F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V1} - & \\
& (F_{D2} - F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V2} - & 10 \\
& (F_{D3} - F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V3} + & 15 \\
& (F_{D2} - F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V12} + & \\
& (F_{D3} - F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V13} - & 20 \\
& F_{D2} \cdot F_{D3} \cdot \beta_{V23} + & 25 \\
& F_{D2} \cdot F_{D3} \cdot \beta_{V123}) \cdot \frac{dF_{D1}}{d\beta_{V1}} + & 30 \\
F_{D1} ((1 - F_{D2} - F_{D3} + F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{Papier} + & 35 \\
& (F_{D2} - F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V2} + & 40 \\
& (F_{D3} - F_{D2} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V3} + & \\
& F_{D2} F_{D3} \beta_{V23})) / \beta_P \cdot \frac{d\beta_{V1}}{dS_1} & 45 \\
& & 50 \\
& & 55 \\
& & 60 \\
& & 65
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{d\beta_{R123}}{dS_2} = & ((1 - F_{D1} - F_{D3} + F_{D1} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{Papier} + \\
& (1 - F_{D1} - F_{D3} + F_{D1} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V2} - \\
& (F_{D1} - F_{D1} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V1} - \\
& (F_{D3} - F_{D1} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V3} + \\
& (F_{D1} - F_{D1} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V12} + \\
& (F_{D3} - F_{D1} \cdot F_{D3}) \cdot \beta_{V23} - \\
& F_{D1} F_{D3} \beta_{V13} + \\
& F_{D1} F_{D3} \beta_{V123}) \cdot \frac{dF_{D2}}{d\beta'_{V2}} + \\
& F_{D2} ((1 - F_{D1} - F_{D3} + F_{D1} F_{D3}) \cdot \beta_{Papier} + \\
& (F_{D1} - F_{D1} F_{D3}) \beta_{V1} + \\
& (F_{D3} - F_{D1} F_{D3}) \beta_{V3} + \\
& F_{D1} F_{D3} \beta_{V13})) / \beta_P \cdot \frac{d\beta_{V2}}{dS_2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{d\beta_{R123}}{dS_3} = & ((1 - F_{D1} - F_{D2} + F_{D1} \cdot F_{D2}) \cdot \beta_{\text{Papier}} + & 5 \\
& (1 - F_{D1} - F_{D2} + F_{D1} \cdot F_{D2}) \cdot \beta_{V3} - & \\
& (F_{D1} - F_{D1} \cdot F_{D2}) \cdot \beta_{V1} - & 10 \\
& (F_{D2} - F_{D1} \cdot F_{D2}) \cdot \beta_{V2} + & 15 \\
& (F_{D1} - F_{D1} \cdot F_{D2}) \cdot \beta_{V13} + & \\
& (F_{D2} - F_{D1} \cdot F_{D2}) \cdot \beta_{V23} - & 20 \\
& F_{D1} \cdot F_{D2} \cdot \beta_{V12} + & 25 \\
& F_{D1} F_{D2} \beta_{V123}) \cdot \frac{dF_{D3}}{d\beta'_{V3}} + & 30 \\
F_{D3} (& (1 - F_{D1} - F_{D2} + F_{D1} F_{D2}) \cdot \beta_{\text{Papier}} + & 35 \\
& (F_{D1} - F_{D1} F_{D2}) \beta_{V1} + & \\
& (F_{D2} - F_{D1} F_{D2}) \beta_{V2} + & 40 \\
& F_{D1} F_{D2} \beta_{V12})) / \beta_P \cdot \frac{d\beta_{V3}}{dS_3} & 45
\end{aligned}$$

Die obigen differentiellen Neugebauer-Gleichungen enthalten jeweils einen ersten Summanden, der die Remissionsänderungen aufgrund der Lichtfangänderungen und einen zweiten Summanden, der die Remissionsänderungen aufgrund der Schichtdickenänderungen enthält. Die Einflüsse der Farbannahme wurden vernachlässigt. Die Änderung der Remission einer Farbschicht aufgrund der Änderung der Schichtdicke wird als unabhängig davon angenommen, ob die Farbe ganz auf Papier oder zum Teil auf eine andere Farbe gedruckt wurde.

Wenn die differentiellen Neugebauer-Gleichungen für alle drei Farben und alle Wellenlängen ausgewertet worden sind, berechnet der Matrixrechner 73 die Sensitivitätsmatrix, die in dem Matrixinverter 75, der auch softwaremäßig in den Matrixrechner 73 integriert sein kann, invertiert wird.

Aus den Definitionsgleichungen der CIE für die Normfarbwerte ergeben sich für die partiellen Ableitungen der Normfarbwerte nach den Schichtdicken die folgenden neun Beziehungen:

$$\frac{dX}{dS_j} = \int B(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot \frac{dB_{R123}(\lambda)}{dS_j} \cdot d\lambda$$

$$\frac{dY}{dS_j} = \int B(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \frac{dB_{R123}(\lambda)}{dS_j} \cdot d\lambda$$

$$\frac{dZ}{dS_j} = \int B(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot \frac{dB_{R123}(\lambda)}{dS_j} \cdot d\lambda$$

mit $j = 1, 2, 3$

20

Die obigen Gleichungen für die drei Druckfarben, die durch $j = 1, j = 2$ oder $j = 3$ bezeichnet sind, liefern nach Einsetzen der verschiedenen Größen und Aufintegrieren über die Wellenlänge bzw. Aufsummieren über die 35 Stützstellen im Spektrum 9 Zahlenwerte zur Weiterverarbeitung. In den obigen Gleichungen bedeutet $B(\lambda)$ die spektrale Charakteristik der Beleuchtung und $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ und $\bar{z}(\lambda)$ die genormten Gewichtsfunktionen gemäß CIE. Die Größen $dB_{R123}(\lambda) / dS_j$ sind die mit Hilfe der differentiellen Neugebauer-Gleichungen berechneten Größen, wobei zur Verdeutlichung die Abhängigkeit von der Wellenlänge λ angegeben worden ist und dS_j für dS_1 , dS_2 und dS_3 steht.

Wenn die neun Werte der differentiellen Ableitungen der Normfarbwerte nach den Schichtdicken der drei Druckfarben vorliegen, werden diese Größen verwendet, um aus den folgenden Beziehungen, die durch Differenzieren der Definitionsgleichungen für L , a und b nach CIE erhalten worden sind, die neun Elemente der Sensibilitätsmatrix zu bestimmen:

$$\frac{dL}{dS_j} = \frac{116}{3} \cdot \left(\frac{Y}{Y_N}\right)^{-2/3} \cdot \frac{1}{Y_N} \cdot \frac{dY}{dS_j}$$

$$\frac{da}{dS_j} = \frac{500}{3} \left(\left(\frac{X}{X_N}\right)^{-2/3} \cdot \frac{1}{X_N} \cdot \frac{dX}{dS_j} - \left(\frac{Y}{Y_N}\right)^{-2/3} \cdot \frac{1}{Y_N} \cdot \frac{dY}{dS_j} \right)$$

$$\frac{db}{dS_j} = \frac{200}{3} \left(\left(\frac{Y}{Y_N}\right)^{-2/3} \cdot \frac{1}{Y_N} \cdot \frac{dY}{dS_j} - \left(\frac{Z}{Z_N}\right)^{-2/3} \cdot \frac{1}{Z_N} \cdot \frac{dZ}{dS_j} \right)$$

50

mit $j = 1, 2, 3$. X_N , Y_N und Z_N sind Normfarbwerte der vollkommen weißen Fläche der entsprechenden Lichtart und des entsprechenden Beobachters gemäß CIE.

Nach dem Berechnen der neun Ableitungen der drei Farbraumkoordinaten nach den Schichtdicken der drei Farben wird die Sensitivitätsmatrix A gebildet und im Matrixspeicher 74, der softwaremäßig oder hardwaremäßig realisiert sein kann, festgehalten. Die nachfolgend aufgeführten neun Elemente der Sensitivitätsmatrix, die sich aus den obigen Gleichungen berechnen lassen, ergeben die Sensitivitätsmatrix $A(i,j)$:

60

65

$$A = \begin{bmatrix} \frac{dL}{dS_1} & \frac{dL}{dS_2} & \frac{dL}{dS_3} \\ \frac{da}{dS_1} & \frac{da}{dS_2} & \frac{da}{dS_3} \\ \frac{db}{dS_1} & \frac{db}{dS_2} & \frac{db}{dS_3} \end{bmatrix}$$

In dieser Matrix bedeuten die Ableitungen nach S_1 die Ableitungen nach der Schichtdicke der ersten Druckfarbe, beispielsweise Cyan. Die Ableitungen nach S_2 und S_3 beziehen sich entsprechend auf die zweite und dritte Druckfarbe, insbesondere Magenta und Gelb.

Aus den obigen Ausführungen ergibt sich, daß in die gesamte Berechnung nur zehn bzw. unter Berücksichtigung des Papierweiß elf spektrale Remissionsmeßwerte mit jeweils 35 Einzelwerten sowie einige Konstanten eingehen, die entweder ohnehin in Tabellenwerken zu finden sind oder durch andere separate Messungen in an sich bekannter Weise ein für alle mal ermittelt werden.

Bei dem oben erörterten Normalfall eines grauen Bezugsfeldes, d.h. eines Bezugsfeldes mit einem Dreifarben raster, ergibt sich für $A(i,j)$ in der beschriebenen Weise eine Matrix mit drei Spalten und drei Zeilen, die ohne weiteres invertiert werden kann, um als Steuerdaten die Komponenten des Schichtdickenänderungssteuervektors zu berechnen.

Es kann aber auch sein, daß man z.B. ein reines Cyan-Feld oder ein Feld, das nur zwei statt drei übereinander gedruckte Farben enthält, als Bezugsfeld verwenden will. Dies bedeutet, daß man den Farbeindruck eines Cyan-Rasterfeldes oder Zweifarbenrasterfeldes regeln will. In solchen Fällen degeneriert die 3×3 -Matrix zu einer 1×3 -Matrix (eine Farbe, Vektor) oder zu einer 2×3 -Matrix (zwei Farben). Dies ist evident, da die nicht berücksichtigten, d.h. die nicht im Bezugsfeld vorkommenden Farben keinen Beitrag liefern können und somit die entsprechenden Elemente der Matrix verschwinden müssen. Matrizen mit leeren Zeilen oder leeren Spalten können nicht invertiert werden, da bei einer Invertierung eine Division durch Null auftreten würde. Aus diesem Grunde müssen solche "degenerierte Fälle" gesondert behandelt werden. Hier wird der angestrebte Soll-Farbart im Regelfall nicht im druckbaren Farbraum liegen, da eine Farbabweichung hier auch in Richtung der "fremden" Farben laufen kann. Die Kennlinie des druckbaren Farbraums gibt ja nur den Zusammenhang zwischen den Schichtdicken der berücksichtigten Farben und den erreichten Farborten an. Das heißt andererseits, daß der angestrebte Soll-Farbart im allgemeinen überhaupt nicht erreicht werden kann. In solchen Fällen gestattet es der Matrixrechner 73, einen Ersatz-Soll-Farbart zu bestimmen, welcher auf der durch die degenerierte "Matrix" A definierten Ersatz-Kennlinie oder Ersatz-Kennfläche im Farbraum liegt. Dieser Ersatz-Soll-Farbart ist dann natürlich erreichbar. Der Ersatz-Soll-Farbabstand wird so berechnet, daß der Abstand zwischen dem Original-Soll-Farbart und der Ersatz-Kennlinie oder Ersatz-Kennfläche minimal wird. Im eindimensionalen Fall ist die Sensitivitätsmatrix ein Vektor, im zweidimensionalen Fall wird eine Fläche definiert. Der Ersatz-Soll-Farbart wird als Durchstoßpunkt des Lots auf die Fläche bzw. den Vektor durch den Original-Soll-Farbart bestimmt. Ist dies geschehen, können die Werte für die Komponenten des Schichtdickenänderungssteuervektors einfach nach den Regeln der Vektorgeometrie aus dem Farbvektor des gemessenen Feldes (Ist-Wert, Arbeitspunkt) und dem Farbvektor des Ersatz-Soll-Wertes bestimmt werden.

Ferner kann es aber auch sein, dass man für einzelne Farben das Volltonfeld (z.B. bei Schwarz) als Bezugsfeld verwenden will. Dies bedeutet, dass die Sensitivität ohne Nebenfelder errechnet wird. Die oben genannte Sensitivitätsmatrix reduziert sich auf einen Vektor; die Berechnung des Lichtfanges und der Flächendeckung entfallen. Alle weiteren Schritte verlaufen wie bei einem Rasterfeld einer Farbe als Bezugsfeld.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Farbregelung einer Druckmaschine mit einer farbmétrischen Farbführungssteuerung, wobei auf den von der Druckmaschine bedruckten Druckbögen Farbmeßstreifen mit mehreren Farbmeßfeldern mitgedruckt werden, die mit Hilfe eines Meßkopfes zur Erfassung der spektralen Intensitätsverteilungen der Farbmeßfelder optisch abgetastet werden, um aus einer spektralen

Farbanalyse des Meßlichtes die spektralen Remissionen und den Farbort eines Bezugfeldes eines abgetasteten Farbmeßfeldes in einem Koordinatensystem zu bestimmen und durch Koordinatenvergleich aus dem Farbabstand des abgetasteten Farbmeßfeldes von einem vorgegebenen Soll-Farbort eine Stellgröße zur Verstellung der Farbführungsorgane der Druckmaschine zu erzeugen, damit unerwünschte Farbabweichungen bei den mit der neuen Farbführungseinstellung anschließend gedruckten Druckbogen minimal werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Farbabstandsbestimmung die spektralen Remissionswerte eines Bezugfeldes in Form eines Rasterfeldes als Hauptgröße zur Bestimmung eines Ist-Farbortes erfaßt werden, daß die spektralen Remissionen von als Nebenfelder dienenden Farbmeßfeldern als Nebengrößen erfaßt werden, aus denen die Empfindlichkeit der Farbortverschiebung aufgrund einer Schichtdicken-/Dichteänderung errechnet wird, und dass aus dem Abstand zwischen dem gemessenen Ist-Farbort des Bezugfeldes und dem Soll-Farbort des Bezugfeldes sowie der auf der Grundlage der Nebengrößen errechneten Empfindlichkeit der Farbortverschiebung die als relative Korrekturgröße für die Farbführung erforderlichen Schichtdicken-/Dichteänderungen der Druckfarben zur Kompensation der Farbortabweichung des Ist-Farbortes des Bezugfeldes vom Soll-Farbort des Bezugfeldes bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das als Bezugfeld gewählte Rasterfeld ein Mehrfarbenrasterfeld, insbesondere ein Dreifarbenrasterfeld ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Bezugsrasterfeld ein Graufeld ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nebenfelder Volltonfelder und Rastertonfelder der beteiligten Druckfarben umfassen.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 2 oder 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nebenfelder Volltonfelder in den beteiligten Druckfarben, Volltonfelder mit jeweils zwei übereinander gedruckten Druckfarben, Volltonfelder mit allen übereinander gedruckten Druckfarben und Rasterfelder in den beteiligten Druckfarben umfassen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Empfindlichkeit der Farbortverschiebung aufgrund eines linearen Modells bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das lineare Modell aus den die Einflüsse der einzelnen Farbanteile und der Statistik des Übereinanderdruckes in Abhängigkeit der Flächendeckungen der einzelnen Druckfarben beschreibenden Neugebauer-Gleichungen unter Berücksichtigung des Lichtfanges abgeleitet wird.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Empfindlichkeit der Farbortverschiebung für jeden durch die Normfarbwerte des abgetasteten Bezugfeldes definierten Arbeitspunkt als Sensitivitätsmatrix neu berechnet wird.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche mit wenigstens einem an ein Spektrometer (45) angekoppelten Meßkopf (42) zur Abtastung der mitgedruckten Farbmeßfelder (41), mit einer die Meßdaten (46) des Spektrometers (45) zu Stellgrößen (11, 21) für die Druckmaschine (30) verarbeitenden Meßwertverarbeitungseinheit (10), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßwertverarbeitungseinheit (10) Rechenmittel (64 bis 68) zur Bestimmung der Farbabstände zwischen einem Ist-Bezugfeld (52) und einem Soll-Bezugfeld (51), Rechenmittel (71) zur Bestimmung des für eine Farbkorrektur erforderlichen Schichtdickenänderungssteuervektors (11) und Matrix-Rechenmittel (73) zur Bestimmung der Empfindlichkeit (74, 75) der Farbortverschiebung aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rechenmittel zur Bestimmung des Farbabstandes Mittel (64, 65) zur Berechnung von Normfarbwerten und Mittel (66, 67) zur Berechnung von Farborten umfassen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Normfarbwertrechenmittel (64, 65) mit Remissionswertspeichern (51, 52) zur Speicherung der spektralen Remissionswerte des Soll-Bezugfeldes und des Ist-Bezugfeldes und daß die Matrix-Rechenmittel (73) mit Remissionswertspeichern (53 bis 63) zur Speicherung der spektralen Remissionen der Nebenfelder verbunden sind.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Matrix-Rechenmittel (73) einen mit den Normfarbwertrechenmitteln (65) für das Ist-Bezugfeld (52) verbundenen Arbeitspunkteingang (77) aufweisen.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß den Mitteln zur Berechnung des Farbabstands (64-68) Solldaten z.B. via Tastatur eingegbar sind.

14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das als Bezugfeld gewählte Rasterfeld aus ein oder zwei Farben aufgebaut ist.

15. Verfahren zur Farbregelung einer Druckmaschine mit einer farbmtrischen Farbführungssteuerung, wobei auf den von der Druckmaschine bedruckten Druckbögen Farbmessstreifen mit mehreren Farbmessfeldern mitgedruckt werden, die mit Hilfe eines Messkopfes zur Erfassung der spektralen Intensitätsverteilungen der Farbmessfelder optisch abgetastet werden, um aus einer spektralen Farbanalyse des Messlichtes die spektralen Remissionen und den Farbort eines Bezugfeldes eines abgetasteten Farbmessfeldes in einem Koordinatensystem zu bestimmen und durch Koordinatenvergleich aus dem Farbabstand des abgetasteten Farbmessfeldes von einem vorgegebenen Soll-Farbort eine Stellgröße zur Verstellung der Farbführungsorgane der Druckmaschine zu erzeugen, damit unerwünschte Farbabweichungen bei den mit der neuen Farbführungseinstellung anschließend gedruckten Druckbogen minimal werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Farbabstandsbestimmung

die spektralen Remissionswerte eines Bezugsfeldes in Form eines Volltonfeldes zur Bestimmung eines Ist-Farbortes erfasst werden, dass hieraus die Empfindlichkeit der Farbortverschiebung aufgrund einer Schichtdicken-/Dichteänderung errechnet wird, und dass aus dem Abstand zwischen dem gemessenen Ist-Farbort des Bezugsfeldes und dem Soll-Farbort des Bezugsfeldes sowie der errechneten Empfindlichkeit der Farbortverschiebung die als relative Korrekturgrösse für die Farbführung erforderlichen Schichtdicken-/Dichteänderungen der Druckfarben zur Kompensation der Farbortabweichung des Ist-Farbortes des Bezugsfeldes vom Soll-Farbort des Bezugsfeldes bestimmt werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

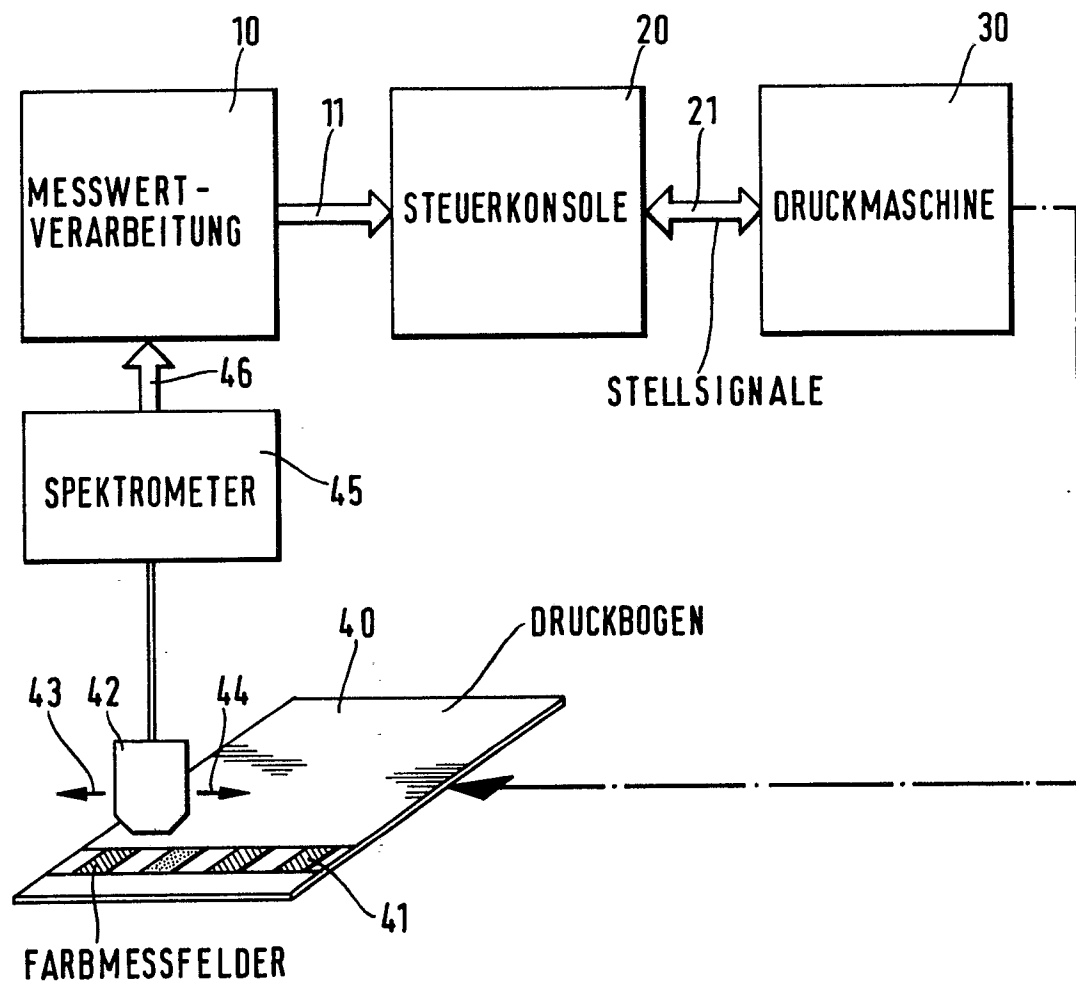
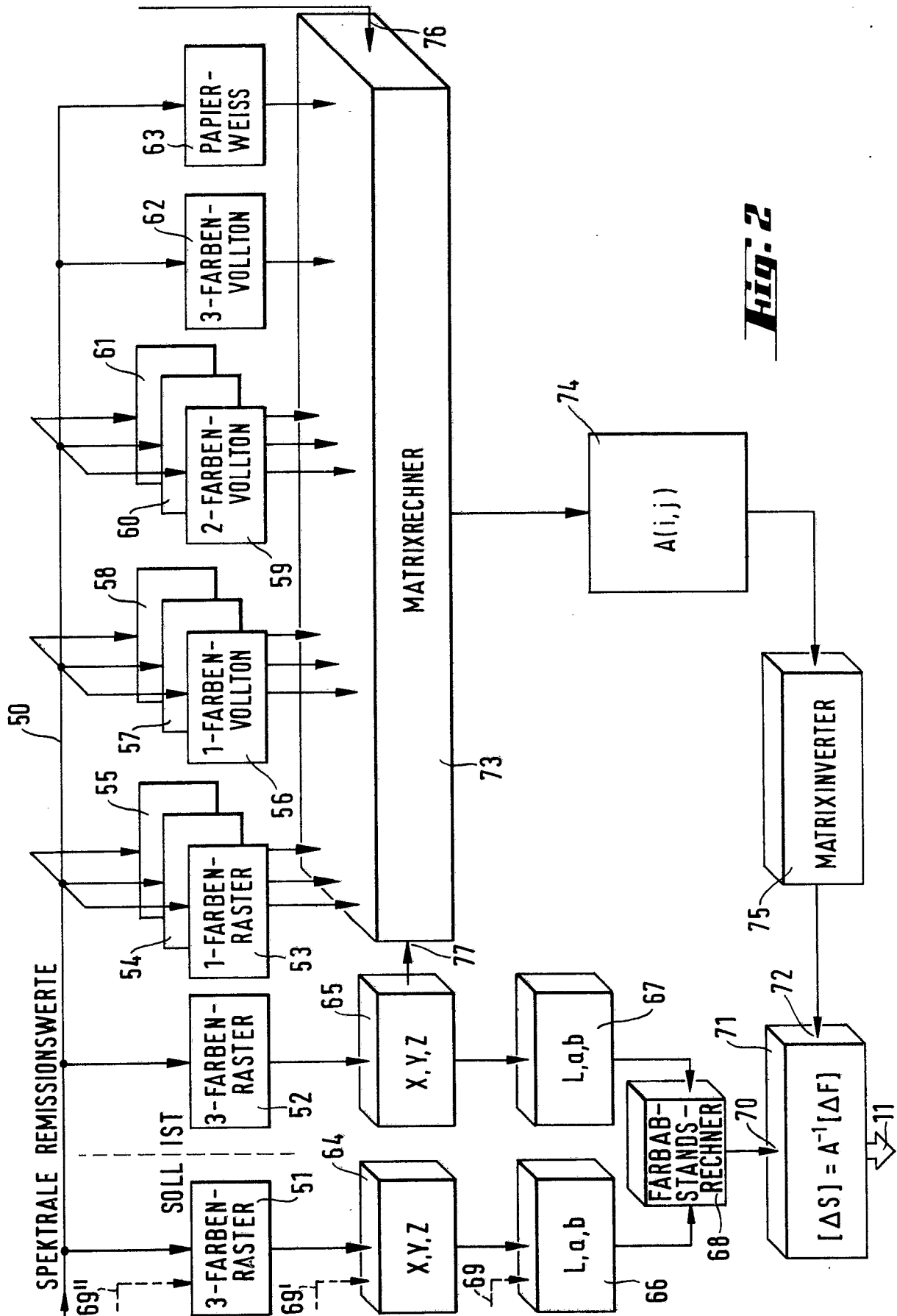


Fig. 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 81 0006

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
D, A	EP-A-228347 (HEIDELBERGER) -----		B41F33/00
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.4)
			B41F G01J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlussdatum der Recherche 17 APRIL 1989	
		Prüfer LONCKE J.W.	
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 I : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			