

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 914 945 A2

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
12.05.1999 Patentblatt 1999/19

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B41F 33/00

(21) Anmeldenummer: 98119006.9

(22) Anmeldetag: 08.10.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Ammeter, Harald**  
8052 Zürich (CH)  
• **Ott, Hans**  
8105 Regensdorf (CH)  
• **Pfeiffer, Nikolaus**  
69118 Heidelberg (DE)  
• **Schneider, Manfred**  
74906 Bad Rappenau (DE)

(30) Priorität: 06.11.1997 DE 19749066

(71) Anmelder:  
**Heidelberger Druckmaschinen  
Aktiengesellschaft**  
69115 Heidelberg (DE)

#### (54) Verfahren zur Regelung des Farbauftrages bei einer Druckmaschine

(57) Für die Regelung des Farbauftrags bei einer Druckmaschine wird ein mit der Druckmaschine (1) gedruckter Druckbogen (3) in einer Anzahl von Bildelementen (4) bezüglich eines ausgewählten, durch Mit-einbeziehung eines Infrarot-Anteils auf vier Dimensionen erweiterten Farbkoordinatensystems farbmetrisch ausgemessen. Aus den dabei gewonnenen Farbvektoren werden für jedes Bildelement (4) Farbabstandsvektoren zu auf dasselbe Farbkoordinatensystem bezogenen, vorgegebenen oder aus einem Referenz-Druckbogen (3) ermittelten Soll-Farbvektoren berechnet. Für jedes ausgemessene Bildelement (4) des Druckbogens (3) wird eine Sensitivitäts-Matrix bestimmt. Die Bildelemente (4) werden nach Sensitivitätsklassen klassifiziert. Die Farbabstandsvektoren und die Sensitivitäts-Matrizen der jeweils einer Sensitivitätsklasse angehörenden Bildelemente (4) werden für jede Sensitivitätsklasse gemittelt, und aus den gemittelten Farbabstandsvektoren und den gemittelten Sensitivitäts-Matrizen aller Sensitivitätsklassen werden Eingangsgrößen, insbesondere Schichtdickeänderungsvektoren, für eine Steuereinrichtung (9) für die Farbgebungsorgane der Druckmaschine (1) berechnet. Die Regelung der Farbführung der Druckmaschine (1) wird dann aufgrund der so errechneten Eingangsgrößen vorgenommen.

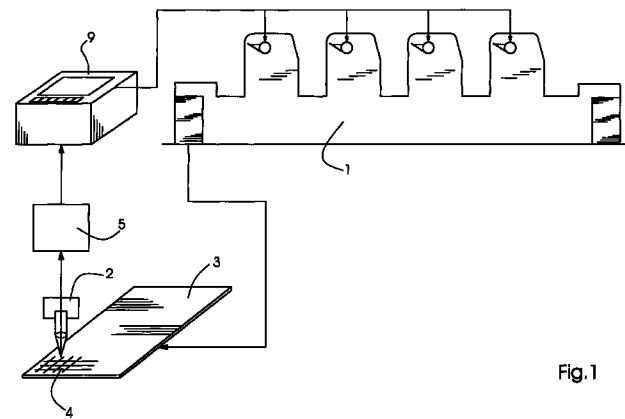


Fig.1

EP 0 914 945 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Farbauftrags bei einer Druckmaschine gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs.

**[0002]** Ein solches i.a. als farbabstandsgesteuertes Regelverfahren bezeichnetes Verfahren ist z.B. aus der EP-B2-0 228 347 und aus DE 195 15 499 C2 bekannt. Bei diesen Verfahren wird ein mit der Druckmaschine gedruckter Druckbogen in einer Anzahl von Testbereichen bezüglich eines ausgewählten Farbkoordinatensystems farbmetrisch ausgemessen. Aus den dabei gewonnenen Farbkoordinaten werden die Farbabstandsvektoren zu auf dasselbe Farbkoordinatensystem bezogenen Soll-Farbkoordinaten berechnet. Diese Farbabstandsvektoren werden mit Hilfe von Sensitivitäts-Matrizen in Schichtdickeänderungsvektoren umgerechnet, und die Regelung der Farbführung der Druckmaschine wird aufgrund der aus den Farbabstandsvektoren umgerechneten Schichtdickeänderungsvektoren vorgenommen. Als Testbereiche werden die Felder von mit dem eigentlichen Druckbild mitgedruckten Farbkontrollstreifen verwendet.

**[0003]** Inzwischen sind i.a. als Scanner bezeichnete Abtasteinrichtungen bekannt geworden, welche es gestatten, den gesamten Bildinhalt eines Druckbogens in einer grossen Zahl von relativ kleinen Bildelementen mit vertretbarem Aufwand und in sehr kurzer Zeit farbmetrisch oder spektralfotometrisch auszumessen. Diese Abtasteinrichtungen bieten die prinzipiellen messtechnischen Voraussetzungen, für die Regelung der Farbführung einer Druckmaschine nicht nur mitgedruckte Teststreifen zu verwenden, sondern die Farbinformationen aus allen Bildelementen des gesamten eigentlichen Druckbilds für diesen Zweck heranzuziehen. Eine Schwierigkeit bei dieser als sog. Messung im Bild bezeichneten Vorgehensweise ist jedoch durch die im Vierfarbendruck vorliegende Problematik des Schwarzanteils gegeben, zu welchem bekanntlich nicht nur die Druckfarbe Schwarz selbst, sondern auch die übereinandergedruckten Buntfarben beitragen. Eine zuverlässige Ermittlung der für die Berechnung der Eingangsgrössen für die Farbregelung erforderlichen Farbwertgradienten für alle in einem Druckbild vorkommenden, sehr unterschiedlichen Drucksituationen ist nach den gängigen Methoden nicht möglich. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus dem erforderlichen enorm hohen Rechenaufwand und damit verbundenen für die Praxis unverträglich langen Rechenzeiten.

**[0004]** Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der gattungsgemässen Art dahingehend zu verbessern, dass es auch für die sog. Messung im Bild mit praktisch vertretbarem Aufwand durchgeführt werden kann. Unter Messung im Bild wird dabei die farbmetrische Ausmessung des gesamten Druckbilds in einer sehr grossen Anzahl (typisch mehrere tausend) von Kleinen Bildelementen (typisch wenige Millimeter Durchmesser) sowie die Auswertung der dabei aus den einzelnen Bildelementen gewonnenen farbmetrischen Werte für die Berechnung der Steuergrössen für die Farbgebung der Druckmaschine verstanden. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, das Verfahren auch dahingehend zu verbessern, dass die Einflüsse aller beteiligten Druckfarben, insbesondere auch der Druckfarbe Schwarz, sicher separiert werden können.

**[0005]** Die Lösung dieser der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ergibt sich aus den im kennzeichnenden Teil des unabhängigen Anspruchs 1 beschriebenen Merkmalen. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0006]** Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 ein Prinzip-Schema einer Anordnung zur Steuerung bzw. Regelung einer Druckmaschine und

Fig. 2 eine Einrichtung zur bildelementweisen Abtastung von Druckbögen und zur Auswertung der Abtastwerte für die Steuerung bzw. Regelung einer Druckmaschine.

**[0007]** Gemäss Fig. 1 erzeugt eine Druckmaschine 1, insbesondere eine Mehrfarben-Offset-Druckmaschine, Druckbögen 3, welche das gewünschte Druckbild und ggf. zusätzlich Druckkontrollelemente aufweisen. Die Druckbögen 3 werden dem laufenden Druckprozess entnommen und einer spektralfotometrischen Abtasteinrichtung 2 zugeführt. Diese tastet die Druckbögen 3 im wesentlichen über die gesamte Oberfläche bildelementweise ab. Die Grösse der einzelnen Bildelemente 4 ist typisch etwa 2,5 mm x 2,5 mm entsprechend rund 130000 Bildelementen bei einem Druckbogen 3 üblicher Dimensionen. Die von der Abtasteinrichtung 2 erzeugten Abtastwerte - typischerweise spektrale Remissionswerte - werden in einer Auswerteeinrichtung 5 analysiert und zu Eingangsgrössen für eine der Druckmaschine 1 zugeordnete Steuereinrichtung 9 verarbeitet welche ihrerseits die Farbgebungsorgane der Druckmaschine 1 nach Massgabe dieser Eingangsgrössen steuert. Bei den Eingangsgrössen handelt es sich, zumindest im Falle einer Offset-Druckmaschine, typischerweise um zonale Schichtdickenänderungen für die einzelnen am Druck beteiligten Druckfarben. Die Bestimmung der genannten Eingangsgrössen bzw. Schichtdickenänderungen erfolgt durch Vergleich der Abtastwerte bzw. von daraus abgeleiteten Grössen, insbesondere Farbmesswerten (Farborten bzw. Farbvektoren) eines sogenannten OK-Bogens 3 mit den entsprechenden Grössen eines dem laufenden Druckprozess entnommenen Druckbogens 3 in dem Sinne, dass die durch die Eingangsgrössen bzw. Schichtdickenänderungen bewirkten Änderungen der Einstellungen der Farbgebungsorgane der Druckmaschine 1 eine möglichst gute Angleichung des farblichen

Eindrucks der laufend erzeugten Druckbögen 3 an den OK-Bogen zur Folge haben. Zum Vergleich kann anstelle eines OK-Bogens 3 auch eine andere Referenz herangezogen werden, beispielsweise etwa entsprechende Vorgabewerte oder entsprechende aus Druckvorstufen erhaltene Werte.

**[0008]** In dieser Allgemeinheit entspricht die skizzierte Anordnung im wesentlichen herkömmlichen, z.B. in EP-B2 0 228 347 und DE-A 44 15 486 im Detail beschriebenen Anordnungen und Verfahren zur Farbgebungsregelung von Druckmaschinen und bedarf deshalb für den Fachmann soweit keiner näheren Erläuterung.

**[0009]** Der prinzipielle Aufbau der Abtasteinrichtung 2 und der Auswerteinrichtung 5 gehen aus Fig. 2 hervor.

**[0010]** Die Abtasteinrichtung 2 umfasst einen Unterbau in Form eines etwas geneigten rechteckigen Messtischs T, auf dem der auszumessende Druckbogen 3 positioniert werden kann. Auf dem Messtisch T ist ein Messwagen W angeordnet, auf bzw. in dem sich eine hier nicht dargestellte spektralfotometrische Messeinheit befindet. Der Messwagen W erstreckt sich über die gesamte Tiefe des Messtischs T in Koordinatenrichtung y und ist motorisch über dessen Breite in Koordinatenrichtung x linear hin und her beweglich, wobei entsprechende Antriebs- und Steuereinrichtungen A im Messwagen W und am bzw. unter dem Messtisch T vorgesehen sind.

**[0011]** Die Auswerteinrichtung 5 umfasst einen Rechner C mit einer Tastatur K und einem Monitor M. Der Rechner C arbeitet mit der Antriebs- und Steuereinrichtung A am Messtisch T bzw. im Messwagen W zusammen, steuert die Bewegung des Messwagens W und verarbeitet die von der im Messwagen W befindlichen spektralfotometrischen Messeinheit erzeugten Abtastsignale. Die Abtastsignale bzw. davon abgeleitete Grössen, typischerweise etwa die Farbwerte der einzelnen Bildelemente 4, können auf dem Monitor M z.B. bildmässig zur Darstellung gebracht werden. Ferner dienen Monitor M und Tastatur K zur interaktiven Beeinflussung der Auswertungsprozesse, was jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung und deshalb nicht näher erläutert ist.

Die spektralfotometrische Messeinheit umfasst eine Reihe von längs des Messwagens W linear angeordneten Remissionsmessköpfen und ein mit diesen Messköpfen über einen optischen Fasermultiplexer optisch verbundenes Spektralfotometer. Die Messeinheit tastet den Druckbogen 3 beim Hin- und Herbewegen des Messwagens W über die gesamte Druckbogenoberfläche bildelementweise in einer Vielzahl - typischerweise 320 - von parallelen linearen Spuren spektralfotometrisch ab, wobei in jeder Spur eine Vielzahl von einzelnen Bildelementen 4 liegt, deren Abmessungen in Koordinatenrichtung x durch die Bewegungsgeschwindigkeit des Messwagens W und die zeitliche Auflösung der einzelnen Abtastvorgänge definiert sind. Die Abmessungen der Bildelemente 4 in Koordinatenrichtung y sind durch die Abstände der Abtastspuren festgelegt. Typischerweise betragen die Abmessungen der einzelnen abgetasteten Bildelemente 4 etwa 2,5 mm x 2,5 mm, was bei einem Druckbogen 3 üblicher Grösse eine Gesamtanzahl von rund 130000 Bildelementen ergibt. Nach einem vollständigen Abtastvorgang liegen für jedes einzelne Bildelement 4 des Druckbogens 3 als Abtastsignale die Remissionsspektren der Bildelemente 4 vor, welche der Rechner C in der noch weiter unten beschriebenen Art und Weise zur Bestimmung der Eingangsgrössen für die Druckmaschinensteuereinrichtung 9 ausgewertet und weiter verarbeitet.

**[0012]** Abtasteinrichtungen 2, welche eine einen Druckbogen 3 in zwei Dimensionen bildelementweise densitometrisch oder spektralfotometrisch auszumessen gestatten, sind in der grafischen Industrie weit verbreitet und bedürfen deshalb für den Fachmann keiner näheren Erläuterung, zumal für die Belange der vorliegenden Erfindung die bildelementweise Ausmessung der Druckbögen 3 auch mittels eines Handfarbmessgeräts oder Handspektralfotometers erfolgen könnte. Eine besonders geeignete, der vorstehend skizzierten entsprechende Abtasteinrichtung 2 ist z.B. in der deutschen Patentanmeldung 196 50 223.3 in allen Details beschrieben.

**[0013]** Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Miteinbeziehung der Druckfarbe Schwarz in die Berechnung der Eingangsgrössen für die Druckmaschinensteuerung bzw. in die Berechnung der für diese Eingangsgrössen benötigten Zwischengrössen. Aus diesem Grund werden die Druckbögen 3 nicht nur im sichtbaren Spektralbereich (ca. 400 - 700 nm) ausgemessen, sondern auch an mindestens einer Stelle im nahen Infrarot, wo nur die Druckfarbe Schwarz eine nennenswerte Absorption aufweist. Die Remissionsspektren der einzelnen Bildelemente 4 bestehen also aus Remissionswerten im sichtbaren Spektralbereich, typischerweise 16 Remissionswerte in Abständen von je 20 nm, und einem Remissionswert im nahen Infrarot-Bereich. Aus den Remissionswerten des sichtbaren Spektralbereichs werden Farbwerte (Farbkoordinaten, Farbvektoren, Farborte) bezüglich eines gewählten Farbraums berechnet. Vorzugsweise wählt man dafür einen empfindungsmässig gleichabständigen Farbraum, typischerweise etwa den sog. L,a,b-Farbraum gemäss CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Die Berechnung der Farbwerte L,a,b aus den spektralen Remissionswerten des sichtbaren Spektralbereichs ist durch CIE genormt und bedarf deshalb keiner Erläuterung. Der Remissionswert im nahen Infrarot wird in einen Infrarot-Wert I umgerechnet, der qualitativ dem Helligkeitswert L des Farbraums entspricht. Dies erfolgt analog der Berechnungsformel für L nach der Beziehung

$$I = 116 \cdot \sqrt[3]{\frac{I_i}{I_{in}}} - 16$$

worin  $I_i$  die im betreffenden Bildelement 4 gemessene Infrarot-Remission und  $I_{in}$  die an einer unbedruckten Stelle des

Druckbogens 3 gemessene Infrarot-Remission bedeuten. Der Infrarot-Wert I kann daher wie der Helligkeitswert L nur Werte von 0-100 annehmen. Die Berechnung der Farbwerte L,a,b und des Infrarot-Werts I aus den spektralen Remissionswerten erfolgt im Rechner C. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die Ermittlung der Farbwerte L,a,b (oder entsprechender Werte eines anderen Farbraums) auch ohne spektrale Abtastung mittels geeigneter Farbmessgeräte

5 erfolgen könnte.

**[0014]** Die nach der Abtastung eines Druckbogens 3 für jedes einzelne Bildelement 4 vorliegenden Farb- und Infrarot-Werte L,a,b bzw. I bilden den Ausgangspunkt für die Berechnung der Eingangsgrößen für die Druckmaschinensteuereinrichtung 9. Diese Berechnungen erfolgen ebenfalls im Rechner C. Für die folgende Beschreibung sei das für jedes Bildelement 4 ermittelte, die drei Farbwerte L,a,b (oder die entsprechenden Werte eines anderen Farbsystems) und den Infrarot-Wert I umfassende Werte-Quadrupel vereinfachend als (vierdimensionaler) Farbvektor F des betreffenden Bildelements 4 bezeichnet, also:

10

$$F = (L, a, b, I)$$

**[0015]** Unter dem Begriff "Farbort" im vierdimensionalen Farbraum wird entsprechend ein Punkt verstanden, dessen vier Koordinaten im Farbraum die vier Komponenten des Farbvektors sind. Der Farbunterschied eines Bildelements 4 zu einem Bezugsbildelement 4 bzw. zum entsprechenden Bildelement 4 in der Referenz, typisch eines OK-Bogens 3, sei als Farbabstandsvektor  $\Delta F$  bezeichnet, der sich nach der Beziehung

20

$$\Delta F = (\Delta L, \Delta a, \Delta b, \Delta I) = F_i - F_r = (L_i - L_r, a_i - a_r, b_i - b_r, I_i - I_r)$$

ergibt, worin die mit dem Index i versehenen Werte diejenigen des betrachteten Bildelements 4 und die mit dem Index r versehenen Werte die Komponenten des Farbvektors des Bezugsbildelements 4 bzw. des entsprechenden Bildelements 4 des OK-Bogens 3 sind. Die Farbvektoren der Bildelemente 4 des OK-Bogens 3 oder einer anderen Referenz werden vielfach auch als Soll-Farbvektoren bezeichnet. Als Farbabstand  $\Delta E$  zweier Bildelemente 4 bzw. eines Bildelements 4 und des entsprechenden Bildelements 4 des OK-Bogens 3 sei der Absolutbetrag des betreffenden Farbabstandsvektors  $\Delta F$  verstanden, also

25

$$\Delta E = |\Delta F| = \{(L_i - L_r)^2 + (a_i - a_r)^2 + (b_i - b_r)^2 + (I_i - I_r)^2\}^{0.5}$$

30

worin die Indices i und r wiederum die genannte Bedeutung haben. Der Rechner C berechnet für jedes Bildelement 4 des aktuellen Druckbogens 3 aus den an diesem und dem OK-Bogen 3 ermittelten Farbvektoren F den Farbabstandsvektor  $\Delta F$ .

**[0016]** Die zu ermittelnden Eingangsgrößen für die Druckmaschinensteuereinrichtung 9, also die zonalen relativen Schichtdickenänderungen für die einzelnen am Druck beteiligten Druckfarben, seien für das folgende ebenfalls vektoriell dargestellt und zusammenfassend als Schichtdickenänderungsvektor  $\Delta D$  bezeichnet:

35

$$\Delta D = (\Delta D_c, \Delta D_g, \Delta D_m, \Delta D_s)$$

**[0017]** Die Indices c, g, m und s stehen dabei für die Druckfarben Cyan, Gelb, Magenta und Schwarz, die entsprechend indizierten Komponenten des Vektors sind die relativen Schichtdickenänderungen für die durch den Index angegebene Druckfarbe. Die aktuellen Schichtdicken selbst sind als Schichtdickenvektor D darstellbar:

40

$$D = (D_c, D_g, D_m, D_s)$$

45

worin die Indices dieselbe Bedeutung aufweisen.

**[0018]** Eine Offset-Druckmaschine 1 ist bekanntlich zonal ausgelegt, d.h. der Druck erfolgt in einer Reihe von parallel nebeneinander liegenden Zonen (typisch 32), wobei an der Druckmaschine 1 für jede Zone eigene Farbgebungsorgane vorgesehen sind, deren Regelung - wenigstens für die Belange der vorliegenden Erfindung - unabhängig von einander erfolgt. Die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Druckzonen und deren Berücksichtigung bei der Druckmaschinenregelung ist nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung und wird daher ausser Acht gelassen. Die nachstehenden Ausführungen zur eigentlichen Regelung der Druckmaschine 1 bzw. zur Berechnung der entsprechenden Eingangsgrößen für die Druckmaschinenregelung beziehen sich jeweils auf eine Druckzone und gelten für alle Druckzonen gleich.

50

**[0019]** Gemäss der Lehre z.B. der eingangs erwähnten EP-B2 0 228 347 und mit der erfindungsgemässen zusätzlichen Berücksichtigung der Druckfarbe Schwarz lassen sich die für die Kompensation einer Farbabweichung zur Referenz (OK-Bogen 3) erforderlichen relativen Schichtdickenänderungen  $\Delta D$  der einzelnen beteiligten Druckfarben aus den an einem aktuellen Druckbogen 3 ermittelten Farbabstandsvektoren  $\Delta F$  zur Referenz (OK-Bogen 3) nach der Gleichung

55

chung

$$\Delta F = S^* \Delta D$$

5 berechnen, worin S eine sog. Sensitivität-Matrix ist, welche als Koeffizienten die partiellen Ableitungen (Gradienten) der vier Komponenten L,a,b, I des Farbvektors F nach den vier Komponenten D<sub>c</sub>, D<sub>g</sub>, D<sub>m</sub>, D<sub>s</sub> des Schichtdickenvektors D enthält:

10

$$S = \begin{pmatrix} \frac{dL}{dDc} & \frac{dL}{dDg} & \frac{dL}{dDm} & \frac{dL}{dDs} \\ \frac{da}{da} & \frac{da}{da} & \frac{da}{da} & \frac{da}{da} \\ 15 \frac{db}{db} & \frac{db}{db} & \frac{db}{db} & \frac{db}{db} \\ \frac{dI}{dDc} & \frac{dI}{dDg} & \frac{dI}{dDm} & \frac{dI}{dDs} \\ \frac{dI}{dDc} & \frac{dI}{dDg} & \frac{dI}{dDm} & \frac{dI}{dDs} \end{pmatrix}$$

20

[0020] Die Koeffizienten der Sensitivitäts-Matrix S werden üblicherweise als Farbwertgradienten bezeichnet. In den nachstehenden Ausführungen wird für diese 16 Farbwertgradienten stellvertretend jeweils der summarische Begriff Sensitivitäts-Matrix verwendet.

Die Sensitivitätsmatrix S ist ein lineares Ersatzmodell für den Zusammenhang zwischen den Änderungen der Schichtdicken der am Druck beteiligten Druckfarben und den daraus resultierenden Änderungen des Farbeindrucks des mit den geänderten Schichtdickenwerten gedruckten Bildelements 4. Die Sensitivitätsmatrix S ist nicht für alle Farbtorte im Farbraum gleich, sondern gilt streng genommen jeweils nur in der unmittelbaren Umgebung eines Farborts, d.h. für 30 jeden gemessenen Farbvektor F der einzelnen Bildelemente 4 ist in die Gleichung  $\Delta F = S^* \Delta D$  streng genommen eine eigene Sensitivitätsmatrix S einzusetzen.

[0021] Es sei darauf hingewiesen, daß es möglich ist, die Sensitivitätsmatrix S nur aus den Komponenten L, a, b eines dreidimensionalen Farbvektors F zu bilden. Auf die Komponente I kann verzichtet werden, wenn der Bildaufbau bei mehreren Bildelementen 4 in Bezug auf die Flachendeckung der beteiligten Druckfarben voneinander unabhängig ist, 35 was in den meisten Fällen gegeben ist.

[0022] Unter der Voraussetzung, dass die Sensitivitäts-Matrizen S bekannt sind, lässt sich die Matrizen-Gleichung  $\Delta F = S^* \Delta D$  gemäss den bekannten Regeln des Matrizen-Kalküls nach  $\Delta D$  auflösen ( $\Delta D = S^{-1} * \Delta F$ ). Auf die Bestimmung der Sensitivitäts-Matrizen wird weiter unten noch eingegangen.

[0023] Nach den vorstehenden Ausführungen umfasst jede Druckzone eine grosse Zahl, typischerweise etwa 4000, 40 einzelne Bildelemente. Erfahrungsgemäss wirken sich die beim Druck auftretenden Störeinflüsse in der Regel nicht in gleicher Weise auf die einzelnen Bildelemente aus bzw. sind nicht alle Bildelemente durch dieselben Störeinflüsse betroffen. Die anhand eines Bildelements berechnete Schichtdickenänderung kann daher beispielsweise zwar für das eine Bildelement durchaus zu einer völligen Kompensation der Farbabweichung führen, für die anderen Bildelemente (derselben Zone) aber entweder ungenügend sein oder eine Richtungsänderung oder eine Vergrößerung der Farbabweichung hervorrufen. Da sich für jedes Bildelement in extremis ein anderer Schichtdickenänderungsvektor  $\Delta D$  ergeben könnte, kann die Matrizen-Gleichung  $\Delta F = S^* \Delta D$  nicht für jedes Bildelement unabhängig aufgelöst werden. Die 45 einzelnen Matrizen-Gleichungen für die einzelnen Bildelemente müssen daher zu einem entsprechend der um 1 verminderten Anzahl der Bildelemente überbestimmtem Matrizen-Gleichungssystem zusammengefasst werden, das nach den bekannten Methoden der Ausgleichsrechnung unter Beziehung einer Rahmen- oder Nebenbedingung zu lösen ist. Im Falle von 4000 Bildelementen ergibt sich also ein System von 4000 Matrizen-Gleichungen bzw. 16000 einfachen 50 algebraischen Gleichungen mit den vier Unbekannten  $\Delta D_c$ ,  $\Delta D_g$ ,  $\Delta D_m$  und  $\Delta D_s$ . Als Nebenbedingung für die Lösung dieses Gleichungssystems wird praktischerweise gefordert, dass der mittlere quadratische Fehler minimal sein soll. Unter mittlerem quadratischen Fehler wird dabei der Mittelwert der Quadrate der nach der Anwendung der korrigierten Schichtdicken verbleibenden Farbabstände  $\Delta E$  der einzelnen Bildelemente verstanden.

[0024] Die genannten 4000 Matrix-Gleichungen lassen sich übersichtlich wie folgt zusammenfassen:

$$\{\Delta F\} = \{S\} * \Delta D$$

[0025] Darin bedeutet  $\{\Delta F\}$  einen Spaltenvektor mit 16000 Komponenten ( $\Delta L_1, \Delta a_1, \Delta b_1, \Delta l_1, \Delta L_2, \Delta a_2, \Delta b_2, \Delta l_2, \dots, \Delta L_{4000}, \Delta a_{4000}, \Delta b_{4000}, \Delta l_{4000}$ ),  $\{S\}$  eine Matrix mit 4 Zeilen und 4000 Spalten und  $\Delta D$  einen Spaltenvektor mit den vier Unbekannten  $\Delta D_c, \Delta D_g, \Delta D_m$  und  $\Delta D_s$  als Komponenten. Die Indizes der Komponenten von  $\{\Delta F\}$  beziehen sich auf die Bildelemente 4 1-4000, d.h. die Komponenten von  $\{\Delta F\}$  sind die ermittelten Komponenten der Farbabstandsvektoren  $\Delta F$  der einzelnen Bildelemente 4 gegenüber den jeweils entsprechenden Bildelementen 4 des OK-Bogens. Die rechteckige Matrix  $\{S\}$  ergibt sich durch eine Nehraneinanderreihung der 4000 Sensitivitäts-Matrizen  $S$  der einzelnen Bildelemente 4, also  $\{S\} = (S_1 S_2 \dots S_{4000})$ .

[0026] Nach den Regeln der Ausgleichsrechnung und mit der genannten Nebenbedingung lässt sich die Lösung dieses Gleichungssystems allgemein wie folgt darstellen:

$$\Delta D = \{Q\}^* \{\Delta F\}$$

[0027] Darin ist  $\{Q\}$  eine rechteckige Matrix mit 4000 Spalten und 4 Zeilen, die sich folgendermassen errechnet:

$$\{Q\} = \{S\}^T \{S\}^{-1} \{S\}^T$$

worin  $\{S\}^T$  und  $\{S\}^{-1}$  die transponierte bzw. die inverse Matrix zu  $\{S\}$  ist.

[0028] Wie man erkennt, ist die Berechnung des Schichtdickenänderungsvektors  $\Delta D$  auf diese Weise zwar prinzipiell möglich, erfordert aber einen enormen Rechenaufwand und entsprechenden Zeitaufwand, der die Grenzen des praktisch Machbaren weit übersteigt. Insbesondere ist auf diese Weise eine ausreichend schnelle Regelung, wie sie in der Praxis insbesondere bei modernen Hochleistungsdruckmaschinen 1 erforderlich ist, nicht realisierbar. Der Rechenaufwand für die Bestimmung der 4000 Sensitivitätsmatrizen (insgesamt 64000 Koeffizienten) für die einzelnen Bildelemente 4 ist dabei überhaupt noch nicht berücksichtigt und rückt die Machbarkeit in noch weitere Ferne.

[0029] Hier setzt nun die Erfindung an. Der wesentlichste Grundgedanke der Erfindung besteht darin, dass die einzelnen Bildelemente 4 nach bestimmten Kriterien zu Gruppen oder Klassen zusammengefasst werden, innerhalb derer die Farbabstandsvektoren und die Sensitivitäts-Matrizen summiert und gemittelt werden und nur mit den Mittelwerten weitergerechnet wird. Auf diese Weise lässt sich das Gleichungssystem für die Berechnung des Schichtdickenänderungsvektors erheblich vereinfachen (typisch 81 anstatt 4000 Matrixen-Gleichungen pro Druckzone) und mit vertretbarem Rechenaufwand für die Praxis ausreichend schnell ( $< 1$  Minute für den gesamten Druckbogen 3) lösen. Näheres dazu ist weiter unten ausgeführt.

[0030] Der visuelle Farbeindruck (messtechnisch der Farbwert, Farbort oder Farbvektor) eines Bildelements 4 ist beim Offset-Raster-Druck durch die prozentualen Rasterwerte (Flächendeckungen) der beteiligten Druckfarben und, in geringerer Masse, durch die Schichtdicken der Druckfarben bestimmt. Die Rasterwerte bzw. Flächendeckungen (0-100%) sind durch die zugrundeliegenden Druckplatten festgelegt und praktisch unveränderlich. Einfluss auf den Farbeindruck genommen und damit geregelt kann nur über die Schichtdicken der beteiligten Druckfarben werden. Die Ausdrücke "Rasterwert" und "Flächendeckung" werden nachstehend synonym verwendet. Die Gesamtheit aller möglichen Kombinationen  $R$  von prozentualen Rasterwerten der beteiligten Druckfarben (üblicherweise Cyan, Gelb, Magenta, Schwarz) sei im folgenden als Rasterraum (vierdimensional) bezeichnet.

[0031] Unter gegebenen Druckbedingungen (Kennlinien der Druckmaschine 1, nominelle Schichtdicken, zu bedruckender Stoff, verwendete Druckfarben etc.) entspricht jede Rasterwertkombination  $R$  einem genau definierten Farbeindruck oder Farbvektor  $F$  des mit dieser Rasterwertkombination  $R$  gedruckten Bildelements 4; es besteht also eine eindeutige Zuordnung von Rasterwertkombination  $R$  zu Farbort bzw. Farbvektor  $F$ ; der Rasterraum lässt sich eindeutig auf den Farbraum abbilden, wobei allerdings der Farbraum nicht vollständig belegt wird, da dieser auch nicht druckbare Farborte enthält. Umgekehrt besteht im allgemeinen keine eindeutige Beziehung. Der zu einer beliebigen Rasterwertkombination  $R$  gehörige Farbvektor  $F$  kann empirisch durch Probedrucke ermittelt oder mittels eines geeigneten Modells, welches das Druckverfahren unter den gegebenen Druckbedingungen ausreichend genau beschreibt, errechnet werden. Ein geeignetes Modell ist z.B. durch die bekannten Neugebauer-Gleichungen für den Offset-Druck gegeben. Das Modell setzt die Kenntnis der Remissionsspektren von Einzelfarben-Volltönen, einigen Übereinanderdrücken von Volltönen und einigen Rasterfeldern aller am Druck beteiligten Druckfarben bei den nominellen Schichtdicken der Druckfarben voraus. Diese Remissionsspektren lassen sich sehr einfach anhand eines Probedrucks messen. Wenn die Kennlinien der Druckmaschine 1 bekannt sind, genügen einfache Messungen an Volltönen.

[0032] Mit Hilfe des genannten Modells ist es in an sich bekannter Weise möglich, für jede beliebige Rasterwertkombination  $R$  die (16) Koeffizienten der zu dieser Rasterwertkombination gehörigen Sensitivitäts-Matrix  $S$  zu bestimmen. Dazu ist lediglich nötig, im Modell die nominellen Schichtdicken der beteiligten Druckfarben vorzugsweise einzeln jeweils um z.B. 1% zu ändern und mit diesen geänderten Schichtdicken die zugehörigen Farbvektoren und entsprechenden Farbabstandsvektoren gegenüber dem sich aus den nominellen Schichtdicken ergebenden Farbvektor zu berechnen. Diese Farbabstandsvektoren  $\Delta F$  und die zugrundeliegenden Schichtdickenänderungsvektoren  $\Delta D$  werden in die Gleichung  $\Delta F = S^* \Delta D$  eingesetzt und diese nach den Koeffizienten der Sensitivitäts-Matrix  $S$  aufgelöst.

**[0033]** Bei der Bestimmung der Koeffizienten der Sensitivitäts-Matrix S können auch die Flächendeckungswerte der Bildelemente 4 verwendet werden. Sind die Flächendeckungswerte aus der Druckvorstufe bereits bekannt, so erübrigt sich eine Messung an Probedrucken (Ausnahme: Volltöne).

5 **[0034]** Gemäss der Erfindung werden nun zu einer beschränkten Anzahl von möglichen Rasterwertkombinationen R der zugehörige Farbvektor F und die zugehörige Sensitivitäts-Matrix S im Voraus berechnet und in einer Tabelle abgespeichert. Diese die Gesamtheit aller so berechneten Sensitivitäts-Matrizen S und Farbvektoren F enthaltende Tabelle sei im folgenden als Raster-Farb-Tabelle RFT bezeichnet.

10 **[0035]** Für die Berechnung der Schichtdickenänderungsvektoren  $\Delta D$  aus der Gleichung  $\Delta F = S \cdot \Delta D$  ist, wie vorstehend ausgeführt, die Kenntnis der zum jeweiligen Farbort bzw. Farbvektor F gehörigen Sensitivitäts-Matrix S erforderlich. Um zu dieser zu gelangen, wird gemäss der Erfindung aus dem Farbvektor F des jeweiligen Bildelements nach einem besonders vorteilhalten Berechnungsverfahren, welches weiter unten noch näher erläutert ist, die zugehörige Rasterwertkombination R errechnet und anhand dieser Rasterwertkombination R die zugehörige Sensitivitäts-Matrix S aus der vorausberechneten Raster-Farb-Tabelle RFT entnommen. Auf diese Weise ist es möglich, ohne übermässigen Rechenaufwand schnell die benötigten Sensitivitäts-Matrizen zu bestimmen.

15 **[0036]** Gemäss einem weiteren Gedanken der Erfindung werden dazu im Rasterraum eine Anzahl von z.B. 1296 gleichabständigen diskreten Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  (je 6 diskrete Rasterprozentwerte  $A_C, A_G, A_M, A_S$  für die Druckfarben Cyan, Gelb, Magenta, Schwarz) definiert:

20

i	0	1	2	3	4	5
$A_C$	0	20	40	60	80	100%
$A_G$	0	20	40	60	80	100%
$A_M$	0	20	40	60	80	100%
$A_S$	0	20	40	60	80	100%

25

30 **[0037]** Diese 1296 diskreten Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  werden gemäss der nachstehenden Formel mit einem eindeutigen Raster-Index  $iR$  numeriert:

$$iR = i(A_C) \cdot 5^0 + i(A_G) \cdot 5^1 + i(A_M) \cdot 5^2 + i(A_S) \cdot 5^3$$

35 **[0038]** Unter  $i(A_C)$  .... ist dabei der Wert des Index i für den jeweiligen diskreten Rasterwert der jeweiligen Druckfarbe zu verstehen. Für jede dieser 1296 diskreten Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  wird eine Sensitivitäts-Matrix  $S_{iR}$  berechnet und in der Raster-Farb-Tabelle RFT abgelegt. Der zu den diskreten Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  gehörende berechnete Farbvektor  $F_{iR}$  wird ebenfalls in der Tabelle RFT abgelegt. Insgesamt enthält die Raster-Farb-Tabelle RFT damit 1296 Farbvektoren  $F_{iR}$  und 1296 zugehörige Sensitivitäts-Matrizen  $S_{iR}$ .

40 **[0039]** Die Quantisierung des Rasterraums erfolgt vorzugsweise in zwei Stufen. In der ersten Stufe werden für nur 256 diskrete Rasterwertkombinationen (entsprechend vier diskreten Rasterprozentwerten 0%, 40%, 80%, 100% für jede der Druckfarben Cyan, Gelb, Magenta, Schwarz) anhand des Offset-Druck-Modells die zugehörigen Farbvektoren und die zugehörigen Sensitivitäts-Matrizen berechnet. In der zweiten Stufe werden dann für die fehlenden Rasterprozentwerte 20% und 60% die zugehörigen Farbvektoren und Sensitivitäts-Matrizen durch lineare Interpolation aus den  
45 Farbvektoren und Sensitivitäts-Matrizen der jeweils 16 nächstliegenden diskreten Rasterwertkombinationen berechnet. Damit ergeben sich dann insgesamt wieder 1296 diskrete Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  mit 1296 zugehörigen diskreten Farbvektoren  $F_{iR}$  und 1296 zugehörigen Sensitivitäts-Matrizen  $S_{iR}$ . Selbstverständlich könnte der Rasterraum auch auf eine andere Anzahl von diskreten Rasterkombinationen, beispielsweise etwa 625 oder 2401, reduziert werden, die Anzahl 1296 stellt aber für die Praxis einen optimalen Kompromiss zwischen Genauigkeit und Rechenaufwand dar.

50 **[0040]** Einem für ein Bildelement 4 ermittelten Farbvektor F wird nun diejenige Sensitivitäts-Matrix  $S_{iR}$  zugeordnet, deren zugehörige diskrete Rasterwertkombination  $R_{iR}$  der aus dem Farbvektor F berechneten Rasterwertkombination R am nächsten liegt. Anders ausgedrückt, wird die berechnete Rasterwertkombination R durch die jeweils nächstliegende diskrete Rasterwertkombination  $R_{iR}$  ersetzt und erhält die zu dieser diskreten Rasterwertkombination  $R_{iR}$  vorausberechnete Sensitivitäts-Matrix  $S_{iR}$  zugeordnet.

55 **[0041]** In einer anderen Betrachtungsweise wird der Rastraum durch Aufteilung in eine Anzahl von Unterräumen quantisiert. Alle Farbvektoren F, deren berechnete zugehörigen Rasterwertkombinationen R in ein und denselben dieser Unterräume fallen, erhalten dieselbe für diesen Unterraum vorausberechnete Sensitivitäts-Matrix  $S_{iR}$  zugeordnet. Die Unterräume sind durch die folgenden sechs Wertebereiche der prozentualen Rasteranteile (Flächendeckungen)

der vier beteiligten Druckfarben definiert:

0....10, 10....30, 30....50, 50....70, 70....90, 90....100%

[0042] Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung wird für die Ermittlung der Rasterwertkombination R aus dem Farbvektor F auch der (inkl. Infrarot-Wert I vierdimensionale) Farbraum einer Quantisierung unterworfen, d.h. in eine Anzahl von Unterräumen aufgeteilt. Dazu werden im Farbraum eine Anzahl von diskreten Farborten mit jeweils diskreten Koordinatenwerten festgelegt. Die Quantisierung des vierdimensionalen Farbraums kann beispielsweise so erfolgen, dass jede Dimension L,a,b,I des Farbraums nur 11 diskrete Werte annehmen kann, wobei sich insgesamt 14641 diskrete Farborte  $F_{iF}$  ergeben:

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
a	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75
b	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90	105
I	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

[0043] Diese 14641 diskreten Farborte  $F_{iF}$  werden gemäss der nachstehenden Formel mit einem eindeutigen Farbort-Index  $iF$  numeriert:

$$iF = i(L) \cdot 11^0 + i(a) \cdot 11^1 + i(b) \cdot 11^2 + i(I) \cdot 11^3$$

[0044] Für diese diskreten Farborte  $F_{iF}$  des Farbraums werden nach der weiter unten noch erläuterten speziellen Berechnungsmethode die zugehörigen Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  berechnet und, sofern sie nicht mit einer diskreten Rasterwertkombination  $R_{iR}$  zusammenfallen, durch die jeweils nächstliegende diskrete Rasterwertkombination  $R_{iR}$  ersetzt. Somit ergibt sich eine eindeutige, vorausberechnete Abbildung der 14641 diskreten Farborte  $F_{iF}$  des (vierdimensionalen) Farbraums auf die 1296 diskreten Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  des Rasterraums. Diese Abbildung wird, wie schon gesagt, vorausberechnet und in einer im folgenden als Raster-Index-Tabelle RIT bezeichneten Zuordnungstabelle abgespeichert.

[0045] Für die Zwecke der Ermittlung der Rasterwertkombinationen R aus den für die Bildelemente 4 ermittelten Farbvektoren F wird jeder für ein Bildelement 4 ermittelte Farbvektor F durch den nächstliegenden diskreten Farbort  $F_{iF}$  ersetzt. Aus der Raster-Index-Tabelle RIT wird dann die diesem diskreten Farbort  $F_{iF}$  zugeordnete diskrete Rasterwertkombination  $R_{iR}$  entnommen und anhand dieser aus der Raster-Farb-Tabelle RFT die entsprechende Sensitivitäts-Matrix  $S_{iR}$  ausgelesen und dem Farbvektor F zugeordnet. Auf diese Weise kann mit vergleichsweise geringem Rechenaufwand und entsprechend schnell für jeden beliebigen ermittelten Farbvektor F die Sensitivitäts-Matrix S bestimmt werden, wobei diese allerdings nur aus einer der 1296 vorberechneten Sensitivitäts-Matrizen  $S_{iR}$  ausgewählt werden kann. Für die Praxis ist dies aber ausreichend.

[0046] Für das Vorstehende wurde vorausgesetzt, dass aus den Farbvektoren F die zugehörigen Rasterwertkombinationen R berechnet werden können. Wie dies gemäss der Erfindung besonders vorteilhaft durchgeführt werden kann, ist Gegenstand der nachstehenden Ausführungen.

Zunächst wird dazu der Farbraum in 81 Teilbereiche  $T_{iT}$  wie folgt unterteilt:

i	0	1	2
L (0..120)	0..20..40	40..60..80	80..100..120
a (-90..+90)	-90..-60..-30	-30..0..+30	+30..+60..+90
b (-60..+120)	-60..-30..0	0..+30..+60	+60..+90..+120
I (0..120)	0..20..40	40..60..80	80..100..120

[0047] Die insgesamt 81 Teilbereiche  $T_{iT}$  werden durch einen nach folgender Formel definierten Teilbereichs-Index  $iT$  eindeutig durchnummeriert:



$$iT = i(L)*3^0 + i(a)*3^1 + i(b)*3^2 + i(l)*3^3$$

[0048] Innerhalb jedes Teilbereichs  $T_{iT}$  wird nun der Zusammenhang zwischen dem Farbvektor  $F$  und der zugehörigen, als Rastervektor  $A$  geschriebenen Rasterwertkombination  $R$  durch die folgende Matrizen-Gleichung linear angenähert:

$$A = U_{iT} * F$$

[0049] Darin bedeutet  $A$  den Rastervektor mit den Rasterprozentwerten  $A_C, A_G, A_M, A_S$  der vier beteiligten Druckfarben als Komponenten und  $U_{iT}$  eine Umrechnungsmatrix mit 16 Koeffizienten, welche die partiellen Ableitungen (Gradienten) der Komponenten des Rastervektors nach den Komponenten des Farbvektors sind. Wenn die Umrechnungsmatrizen  $U_{iT}$  der einzelnen Teilbereiche  $T_{iT}$  bekannt sind, kann somit für jeden Farbvektor  $F$  der zugehörige Rastervektor  $A$  bzw. die zugehörige Rasterwertkombination  $R$  berechnet werden.

[0050] Das Problem reduziert sich also auf die Berechnung der Umrechnungsmatrizen  $U_{iT}$  für die einzelnen Teilbereiche  $T_{iT}$  bzw. genauer für die Farbvektoren  $F_{iT}$  von deren Mittelpunkten. Die Berechnung der Umrechnungsmatrizen erfolgt durch eine gewichtete lineare Ausgleichsrechnung mit den Werten der weiter vorne erläuterten Raster-Farb-Tabelle RFT, also den 1296 diskreten Rasterwertkombinatione  $R_{iR}$  und den zugehörigen diskreten Farbvektoren  $F_{iR}$ . Für die Ausgleichsrechnung ist pro Teilbereich  $T_{iT}$  im wesentlichen nur die Inversion einer 4x4-Matrix erforderlich. Das

[0051] Gewicht der Stützstellen, d.h. die diskreten Farborte  $F_{iR}$  der Raster-Farb-Tabelle RFT, für die Ausgleichsrechnung wird nach einer geeigneten Funktion mit dem Farbabstand zwischen den Stützstellen und dem jeweiligen Farbvektor  $F_{iT}$  als Parameter bestimmt. Die Ausgleichsrechnung ist linear, d.h. an den Übergängen der einzelnen Teilbereiche  $T_{iT}$  entstehen Unstetigkeiten, die aber für die Praxis unbedeutend sind.

[0052] Im folgenden wird das eigentliche Regelverfahren für die Farbgebung der Druckmaschine 1 näher beschrieben.

[0053] Zu Beginn eines Auflagedrucks werden gemäss den vorstehenden Erläuterungen für die herrschenden Druckbedingungen die Raster-Farb-Tabelle RFT und die Raster-Index-Tabelle RIT berechnet und abgespeichert. Falls schon einmal bestimmt und auf einem Speichermedium abgespeichert, können die Tabellen RFT, RIT natürlich auch von diesem Speichermedium abgerufen werden. Anhand der beiden Tabellen RFT, RIT ist es ohne substantiellen Rechenaufwand möglich, den für die einzelnen Bildelemente 4 ermittelten Farbvektoren  $F$  die jeweils zutreffende diskrete Sensitivitäts-Matrix  $S$  zuzuordnen.

Nun wird ein aktueller Druckbogen 3 dem laufenden Druckprozess entnommen und mittels der Abtasteinrichtung 2 in der beschriebenen Art und Weise bildelementweise ausgemessen, wobei im Rechner 5 für jedes Bildelement 4 der Farbvektor  $F$  und der Farbabstandsvektor  $\Delta F$  zum entsprechenden Bildelement 4 eines vorgängig analog ausgemessenen OK-Bogens 23 bestimmt wird. Die Gesamtanzahl der Bildelemente 4 beträgt beispielsweise rund 130000, so dass bei den üblichen 32 Druckzonen die Farbvektoren und Farbabstandsvektoren von jeweils rund 4000 Bildelementen 4 pro Druckzone verarbeitet werden müssen. Die nachstehenden Ausführungen gelten jeweils für eine Druckzone und für alle Druckzonen gleichermaßen.

[0054] Ein ganz wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht, wie schon weiter vorne erwähnt, in der Massnahme, dass die Bildelemente 4 nach bestimmten Kriterien klassifiziert werden und die Messdaten der zu jeweils einer Klasse gehörenden Bildelemente 4 gemittelt werden, wobei dann nur die Mittelwerte weiter verarbeitet werden. Unter Messdaten werden hier die ermittelten Farbvektoren  $F$  und Farbabstandsvektoren  $\Delta F$  verstanden. Zur Klassifizierung der Bildelemente 4 werden Sensitivitätsklassen gebildet. Für jede Sensitivitätsklasse sind die Sensitivitäten (Sensitivitäts-Matrizen  $S$ ) und auch die Farbvektoren  $F$  ähnlich, und daher ist eine Mittelwertbildung zulässig. Der für die Regelung der Druckmaschine 1 erforderliche

[0055] Schichtdickenänderungsvektor  $\Delta D$  wird dann so berechnet, dass der mittlere quadratische Fehler über alle Sensitivitätsklassen minimal sein soll. Unter mittlerem quadratischen Fehler wird dabei der Mittelwert der Quadrate der nach der Anwendung der korrigierten Schichtdicken verbleibenden mittleren Farbabstände der Bildelemente 4 der einzelnen Klassen verstanden.

[0056] Die Bereiche der Sensitivitätsklassen werden vorzugsweise im Rasterraum definiert. Beispielsweise können 16 - 256 Klassen vorgesehen sein. Je mehr Klassen vorliegen, desto weniger entstehen Fehler durch die Mittelwertbildung, umso mehr steigt aber der Rechenaufwand. Als praktikabler Kompromiss erweist sich die Definition von 81 Klassen, die sich aus einer Unterteilung des Rasterraums in 81 Unterräume nach dem folgenden Schema ergeben:

n	0	1	2
$A_C$	0%....30%	30%....70%	70%....100%

(fortgesetzt)

n	0	1	2
A <sub>G</sub>	0%....30%	30%....70%	70%....100%
A <sub>M</sub>	0%....30%	30%....70%	70%....100%
A <sub>S</sub>	0%....30%	30%....70%	70%....100%

5

10

[0057] Diese 81 Unterräume bzw. Sensitivitätsklassen  $K_{iK}$  werden durch einen Klassen-Index  $iK$  wie folgt eindeutig durchnummeriert:

$$iK = n(A_C) \cdot 3^0 + n(A_G) \cdot 3^1 + n(A_M) \cdot 3^2 + n(A_S) \cdot 3^3$$

15

[0058] Der Rasterraum umfasst, wie weiter vorne erläutert, 1296 diskrete Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$ . Somit fallen in jeden der 81 Unterräume genau 16 Rasterwertkombinationen  $R_{iR}$  und dementsprechend in jede Sensitivitätsklasse  $K_{iK}$  16 (ähnliche) Sensitivitäts-Matrizen  $S_{iR}$ .

[0059] Für jedes Bildelement 4 wird nun aus dem für dieses ermittelten Farbvektor  $F$  nach der weiter vorne beschriebenen Vorgehensweise mittels der Raster-Index-Tabelle RIT der zugehörige Raster-Index  $iR$  und daraus die Zugehörigkeit zu einer der 81

20

[0060] Sensitivitätsklassen  $K_{iK}$  ermittelt. Anhand des Raster-Index  $iR$  und anhand der Raster-Farb-Tabelle RFT wird weiter die zum Farbvektor  $F$  des Bildelements 4 zugehörige Sensitivitäts-Matrix  $S$  bestimmt. Nach diesen Schritten liegen somit zu jedem der rund 4000 Bildelemente 4 einer Druckzone der Farbvektor  $F$ , der Farbabstandsvektor  $\Delta F$ , der Raster-Index  $iR$ , die Sensitivitäts-Matrix  $S$  und der Klassen-Index  $iK$  vor. Der Raster-Index  $iR$  definiert die Rasterwertkombination  $R$ , d.h. die prozentualen Rasteranteile (Flächendeckungen) der beteiligten Druckfarben für das Bildelement 4, der Klassen-Index  $iK$  definiert die Zugehörigkeit des Bildelements 4 zu einer bestimmten Sensitivitäts-Klasse.

25

[0061] Als nächstes werden die Bildelemente 4 bzw. ihre Farbabstandsvektoren  $\Delta F$  einem Gewichtungprozess unterzogen, welcher den Einfluss der Flächendeckung und von Positionierungsfehlern berücksichtigt.

[0062] Für die nachfolgende Mittelwertbildung ist es vorteilhaft, wenn Bildelemente 4 mit relativ kleinen Flächendeckungswerten weniger oder nicht berücksichtigt werden, insbesondere sollten Bildelemente 4 mit Flächendeckungswerten unter 10% unberücksichtigt bleiben. Demzufolge lässt sich ein erster, flächendeckungsabhängiger Gewichtungsfaktor  $g_1$  wie folgt definieren:

30

$$g_1 = 1 \text{ für Flächendeckungen } \geq 10\% \text{ und } g_1 = 0 \text{ für Flächendeckungen } < 10\%$$

35

[0063] Da die Farbwerte  $L, a, b, I$  näherungsweise proportional zu den Flächendeckungen sind, wird der erste Gewichtungsfaktor vorzugsweise anhand des Farbabstands  $\Delta E$  des Bildelements zu einer unbedruckten Stelle des Druckbogens 3 (Papierweiss) wie folgt definiert:

$$g_1 = 1 \text{ für } \Delta E_p^2 \geq 5^2 \text{ und } g_1 = 0 \text{ für } \Delta E_p^2 < 5^2$$

40

[0064] Darin ist  $\Delta E_p^2$  das Quadrat des Farbabstands des Bildelements 4 zur unbedruckten Stelle des Druckbogens 3 (Papierweiss).

[0065] Eine andere Variante für die Bestimmung des Gewichtungsfaktors  $g_1$  besteht darin, daß dieser als Maximalwert den Wert 1 erhält, wenn die Summe der Flächendeckungen des jeweiligen Bildelementes 4 einen vorgegebenen Schwellwert, vorzugsweise den Wert 250 unterschreitet. Andernfalls erhält der Gewichtungsfaktor  $g_1$  einen kleineren, insbesondere den Wert 0. Ebenfalls denkbar ist eine Kombination der beiden oben genannten Varianten.

45

[0066] Dem Einfluss von Positionierungsfehlern wird durch einen zweiten Gewichtungsfaktor  $g_2$  Rechnung getragen. Es wird dabei davon ausgegangen, dass Bildelemente 4 in einer homogenen Umgebung relativ unempfindlich auf Positionierungsfehler sind. Unter homogener Umgebung wird verstanden, dass die Farbabstände des Bildelements 4 zu seinen 8 benachbarten Bildelementen 4 relativ gering sind. In diesem Fall wird der zweite Gewichtungsfaktor auf  $g_2 = 1$  gesetzt. Mit zunehmenden Farbabständen wird der zweite Gewichtungsfaktor reduziert. Der zweite Gewichtungsfaktor  $g_2$  kann beispielsweise wie folgt bestimmt werden:

50

$$g_2 = 1 \text{ für } \Delta E^M \leq 8 \text{ und } g_2 = (8/\Delta E^M) \text{ für } \Delta E^M > 8$$

55

[0067] Darin bedeutet  $\Delta E^M$  die Summe der Farbabstände des Bildelements 4 zu seinen 8 benachbarten Bildelementen 4. Eine bevorzugte, weil rechnerisch weniger aufwendige, Definition des zweiten Gewichtungsfaktors  $g_2$  ist durch die folgende Beziehung gegeben:

## EP 0 914 945 A2

$$g_2 = 1 \text{ für } \Delta E^{M2} \leq 8 \text{ und } g_2 = (8/\Delta E^{M2})^{0.5} \text{ für } \Delta E^{M2} > 8$$

[0068] Darin bedeutet  $\Delta E^{M2}$  die Summe der Quadrate der Farbabstände des Bildelements 4 zu seinen 8 benachbarten Bildelementen 4.

5 [0069] Bei der Bestimmung des Gewichtungsfaktors  $g_2$  kann auch die Differenz der Flächendeckungswerte zu den benachbarten Bildelementen 4 herangezogen werden, wobei bei zunehmender Differenz der Gewichtungsfaktor  $g_2$  ebenfalls einen gegen 0 gehenden kleineren Wert erhält.

Die beiden Gewichtungsfaktoren  $g_1$  und  $g_2$  werden zu einem für jedes Bildelement 4 individuellen kombinierten Gewichtungsfaktor  $g$  gemäss  $g = g_1 * g_2$  kombiniert. Mit diesen individuellen kombinierten Gewichtungsfaktoren  $g$  werden nun die Farbabstandsvektoren  $\Delta F$  der einzelnen Bildelemente 4 und die zugehörigen Sensitivitäts-Matrizen  $S$  multiplikativ gewichtet. Die gewichteten Farbabstandsvektoren und Sensitivitäts-Matrizen der einzelnen Bildelemente 4 sind in der Folge als  $\Delta F_g$  bzw.  $S_g$  bezeichnet.

10 [0070] Anschliessend erfolgt für alle Bildelemente 4 jeweils einer Sensitivitätsklasse die Mittelwertbildung und Normierung gemäss folgenden Formeln:

15

$$\Delta F_{MK} = (\sum_k(\Delta F_g)) / \sum_k(g) ; \quad S_{MK} = (\sum_k(S_g)) / \sum_k(g)$$

[0071] Die Summenbildung erfolgt dabei jeweils über alle Bildelemente einer Klasse.

20 [0072] Nach dieser Mittelwertbildung stehen pro Druckzone 81 mittlere Farbabstandsvektoren  $\Delta F_{MK}$  und 81 mittlere Sensitivitäts-Matrizen  $S_{MK}$  zur Verfügung. Diese werden wie vorstehend beschrieben in die grundsätzliche Beziehung  $\Delta F = S * \Delta D$  eingesetzt und führen zu einem System von 81 Matrizen-Gleichungen, das nach dem unbekanntem Schichtdickenänderungsvektor  $\Delta D$  aufgelöst werden muss. Die Auflösung erfolgt wiederum mittels einer gewichteten linearen Ausgleichsrechnung mit der Nebenbedingung, dass der mittlere quadratische Fehler minimal sein soll, wobei unter dem mittleren quadratischen Fehler der Mittelwert der Quadrate der nach der Anwendung der durch  $\Delta D$  korrigierten Schichtdicken verbleibenden mittleren Farbabstände  $\Delta E_{MK}$  der einzelnen Sensitivitätsklassen verstanden wird.

25 [0073] Das Gleichungssystem stellt sich wie folgt dar:

$$\{\Delta F_z\} = \{S_z\} * \Delta D$$

30 [0074] Darin bedeutet  $\{\Delta F_z\}$  einen Spaltenvektor mit  $4 \times 81$  Komponenten, der sich durch Untereinanderstellung der 81 Vektoren  $\Delta F_{MK}$  mit ihren je 4 Komponenten ergibt.  $\{S_z\}$  ist eine Matrix mit 4 Zeilen und 81 Spalten, die sich durch horizontale Nebeneinanderreihung der 81 Sensitivitäts-Matrizen  $S_{MK}$  ergibt.  $\Delta D$  ist ein Spaltenvektor mit den vier Unbekannten  $\Delta D_c$ ,  $\Delta D_g$ ,  $\Delta D_m$  und  $\Delta D_s$  als Komponenten.

35 [0075] Nach den Regeln der Ausgleichsrechnung und mit der genannten Nebenbedingung lässt sich die Lösung dieses Gleichungssystems allgemein wie folgt darstellen:

$$\Delta D = \{Q_z\} * \{\Delta F_z\}$$

[0076] Darin ist  $\{Q_z\}$  eine rechteckige Matrix mit 81 Spalten und 4 Zeilen, die sich folgendermassen errechnet:

40

$$\{Q_z\} = \{S_z\}^T * \{S_z\}^{-1} * \{S_z\}^T$$

wobei  $\{S_z\}^T$  und  $\{S_z\}^{-1}$  die transponierte bzw. die inverse Matrix zu  $\{S_z\}$  ist.

45 [0077] Als Ergebnis all dieser Berechnungen erhält man für jede Druckzone den gesuchten Schichtdickenänderungsvektor  $\Delta D$  mit seinen Komponenten  $\Delta D_c$ ,  $\Delta D_g$ ,  $\Delta D_m$  und  $\Delta D_s$ , welche als Eingangsgrössen der Steuereinrichtung 9 zugeführt werden und die erforderliche Verstellung der Farbgebungsorgane der Druckmaschine 1 in dem Sinne hervorgerufen, dass der genannte mittlere quadratische Fehler in jeder Druckzone minimal wird.

### Patentansprüche

50

1. Verfahren zur Regelung des Farbauftrags bei einer Druckmaschine, bei welchem ein mit der Druckmaschine (1) gedruckter Druckbogen (3) in einer Anzahl von Bildelementen (4) bezüglich eines ausgewählten Farbkoordinatensystems farbmessungsmässig ausgemessen wird, aus den dabei gewonnenen Farbvektoren (F) für jedes Bildelement Farbabstandsvektoren ( $\Delta F$ ) zu auf dasselbe Farbkoordinatensystem bezogenen vorgegebenen oder aus einem Referenz-Druckbogen ermittelten Soll-Farbvektoren berechnet werden, diese Farbabstandsvektoren ( $\Delta F$ ) mit Hilfe von Sensitivitäts-Matrizen (S) in Eingangsgrössen, insbesondere Schichtdickenänderungsvektoren ( $\Delta D$ ), für eine Steuereinrichtung (9) für die Farbgebungsorgane der Druckmaschine (1) umgerechnet werden, und die Regelung der Farbführung der Druckmaschine (1) aufgrund der aus den Farbabstandsvektoren ( $\Delta F$ ) umgerechneten Ein-

55

gangsgrößen, insbesondere Schichtdickeänderungsvektoren ( $\Delta D$ ) vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet,**

5 dass für jedes ausgemessene Bildelement (4) des Druckbogens (3) eine eigene Sensitivitäts-Matrix (S) bestimmt wird, dass die Bildelemente 4 nach Sensitivitätsklassen ( $K_{iK}$ ) klassifiziert werden, dass die Farbabstandsvektoren ( $\Delta F$ ) und die Sensitivitäts-Matrizen (S) der jeweils einer Sensitivitätsklasse angehörenden Bildelemente 4 für jede Sensitivitätsklasse ( $K_{iK}$ ) gemittelt werden, und dass die genannten Eingangsgroßen, insbesondere ' Schichtdickeänderungsvektoren ( $\Delta D$ ), aus den gemittelten Farbsbstandsvektoren ( $\Delta F_{MK}$ ) und den gemittelten Sensitivitäts-Matrizen ( $S_{MK}$ ) aller Sensitivitätsklassen ( $K_{iK}$ ) berechnet werden.

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

15 daß die Sensitivitäts-Matrizen (S) aus vorbekannten Flächendeckungswerten bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

20 dass für jedes Bildelement 4 mindestens ein Messwert (I) im nahen Infrarot-Bereich gewonnen wird, dass der für jedes Bildelement 4 ermittelte Farbvektor (F) vierdimensional ist wobei drei Komponenten des Farbvektors (F) die Koordinatenwerte eines angenähert gleichabständigen Farbraums sind und die vierte Komponente aus dem mindestens einen Messwert (I) im nahen Infrarot-Bereich gebildet wird, dass der für jedes Bildelement 4 ermittelte Farbabstandsvektor ( $\Delta F$ ) entsprechend vierdimensional ist, und dass die für jedes Bildelement 4 bestimmte Sensitivitäts-Matrix (S) durch die Gradienten der vier Komponenten des vierdimensionalen Farbvektors (F) nach den am Druck beteiligten Druckfarben gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

30 dass für jedes Bildelement 4 mindestens ein Messwert (I) im nahen Infrarot-Bereich gewonnen wird, dass der für jedes Bildelement 4 ermittelte Farbvektor (F) vierdimensional ist, wobei drei Komponenten des Farbvektors (F) die Koordinatenwerte eines angenähert gleichabständigen Farbraums sind und die vierte Komponente aus dem mindestens einen Messwert (I) im nahen Infrarot-Bereich gebildet wird, dass der für jedes Bildelement 4 ermittelte Farbabstandsvektor ( $\Delta F$ ) dreidimensional ist, und dass die für jedes Bildelement 4 bestimmte Sensitivitäts-Matrix (S) durch die Gradienten der drei Komponenten des dreidimensionalen Farbvektors (F) nach den am Druck beteiligten Druckfarben gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

40 dass die Farbabstandsvektoren ( $\Delta F$ ) und die Sensitivitäts-Matrizen (S) der jeweils einer Sensitivitätsklasse ( $K_{iK}$ ) angehörenden Bildelemente 4 für jede Sensitivitätsklasse gewichtet gemittelt werden, wobei jedem Bildelement 4 Gewichtungsfaktoren ( $g_1$ ;  $g_2$ ) zugeordnet werden, die aus der Flächendeckung des Bildelements 4 und/oder den Farbabständen des Bildelements 4 zu seinen benachbarten Bildelementen 4 bestimmt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**

50 dass die Flächendeckungen jedes Bildelements bezüglich der beteiligten Druckfarben ermittelt werden, dass der Gewichtungsfaktor ( $g_1$ ) eines Bildelements 4 den Wert 1, erhält wenn der Mittelwert oder eine der Flächendeckungen des Bildelements 4 einen vorgegebenen ersten Schwellenwert, insbesondere den Wert 10%, überschreitet, und dass der Gewichtungsfaktor ( $g_2$ ) andernfalls einen kleineren Wert, insbesondere den Wert 0 erhält.

55 7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Flächendeckungen jedes Bildelements (4) bezüglich der beteiligten Druckfarben ermittelt werden, dass

der Gewichtungsfaktor ( $g_1$ ) eines Bildelements (4) einen Maximalwert, insbesondere den Wert 1 erhält, wenn die Summe der Flächendeckungen des jeweiligen Bildelementes (4) einen vorgegebenen Schwellwert, insbesondere den Wert 250, unterschreitet, und dass der Gewichtungsfaktor ( $g_1$ ) andernfalls einen kleineren Wert, insbesondere den Wert 0, erhält.

5

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**

10

dass anstelle der Flächendeckungen für jedes Bildelement (4) der Farbabstand zu einer unbedruckten Stelle des Druckbogens (3) bestimmt wird, dass der Gewichtungsfaktor ( $g_1$ ) eines Bildelements (4) den Wert 1 erhält, wenn der Farbabstand des Bildelements einen vorgegebenen zweiten Schwellwert, insbesondere den Wert 5, überschreitet, und dass der Gewichtungsfaktor ( $g_1$ ) andernfalls einen kleineren Wert, insbesondere den Wert 0, erhält.

15

9. Verfahren nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**

20

dass für jedes Bildelement (4) die Farbabstände zu seinen unmittelbar benachbarten Bildelementen (4) bestimmt werden, dass der Gewichtungsfaktor ( $g_2$ ) eines Bildelements (4) den Wert 1 erhält, wenn die Summe der Farbabstände einen vorgegebenen dritten Schwellwert, insbesondere den Wert 8, unterschreitet, und dass der Gewichtungsfaktor ( $g_2$ ) andernfalls mit zunehmender Summe der Farbabstände oder mit zunehmender Differenz der Flächendeckung zu den benachbarten Bildelementen (4) einen gegen 0 gehenden kleineren Wert erhält.

25

10. Verfahren nach Anspruch 9 und einem der Ansprüche 6 und 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**

30

dass für jedes Bildelement (4) ein Gewichtungsfaktor ( $g$ ) ermittelt wird, der sich durch multiplikative Verknüpfung des aufgrund der Farbabstände des Bildelements (4) zu seinen benachbarten Bildelementen (4) berechneten Gewichtungsfaktors ( $g_2$ ) mit dem aufgrund der Flächendeckungen oder des Farbabstands des Bildelements (4) zu einer unbedruckten Stelle des Druckbogens (3) berechneten Gewichtungsfaktor ( $g_1$ ) ergibt.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**

35

dass für eine vorgegebene erste Anzahl von diskreten Rasterwertkombinationen ( $R_{iR}$ ) der am Druck beteiligten Druckfarben eine zugehörige Sensitivitäts-Matrix ( $S_{iR}$ ) berechnet und in einer Raster-Farb-Tabelle (RFT) abgelegt wird, dass für jedes Bildelement (4) aus dem für dieses ermittelten Farbvektor ( $F$ ) die zugehörige Rasterwertkombination ( $R$ ) berechnet wird, und dass dem Bildelement (4) diejenige Sensitivitäts-Matrix ( $S_{iR}$ ) aus der Raster-Farb-Tabelle (RFT) zugeordnet wird, deren zugehörige diskrete Rasterwertkombination ( $R_{iR}$ ) der für das Bildelement (4) berechneten Rasterwertkombination ( $R$ ) am nächsten liegt.

40

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**

45

dass im durch den Infrarot-Anteil ( $I$ ) auf vier Dimensionen erweiterten Farbraum eine zweite Anzahl von diskreten Farborten ( $F_{iF}$ ) festgelegt wird, dass für jeden dieser diskreten Farborte die zugehörige Rasterwertkombination der am Druck beteiligten Druckfarben berechnet wird, dass für jeden diskreten Farbort die zugehörige berechnete Rasterwertkombination durch die ihr am nächsten liegende diskrete Rasterwertkombination ( $R_{iR}$ ) ersetzt wird, und dass die Zuordnungen der diskreten Farborte ( $F_{iF}$ ) zu den diskreten Rasterwertkombination ( $R_{iR}$ ) in einer Raster-Index-Tabelle (RIT) abgelegt werden.

50

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**

55

dass für die Bestimmung der Sensitivitätsmatrix eines Bildelements (4) der für dieses ermittelte vierdimensionale Farbvektor ( $F$ ) durch den nächstliegenden diskreten Farbort ( $F_{iF}$ ) ersetzt wird, dass aus der Raster-Index-Tabelle (RIT) die diesem diskreten Farbort zugeordnete Rasterwertkombination ( $R_{iR}$ ) entnommen wird, dass

## EP 0 914 945 A2

aus der Raster-Farb-Tabelle (RFT) die zu dieser Rasterwertkombination ( $R_{iR}$ ) gehörende Sensitivitäts-Matrix ( $S_{iR}$ ) entnommen wird, und dass diese Sensitivitäts-Matrix ( $S_{iR}$ ) dem Bildelement (4) zugeordnet wird.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

5

dass die Sensitivitäts-Matrizen ( $S_{iR}$ ) mit Hilfe eines mathematischen Modells der zugrundeliegenden Druckmaschine (1) aus Messwerten an mit der Druckmaschine (1) gedruckten Volltonbereichen und unter Mitberücksichtigung der Kennlinien der Druckmaschine berechnet werden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

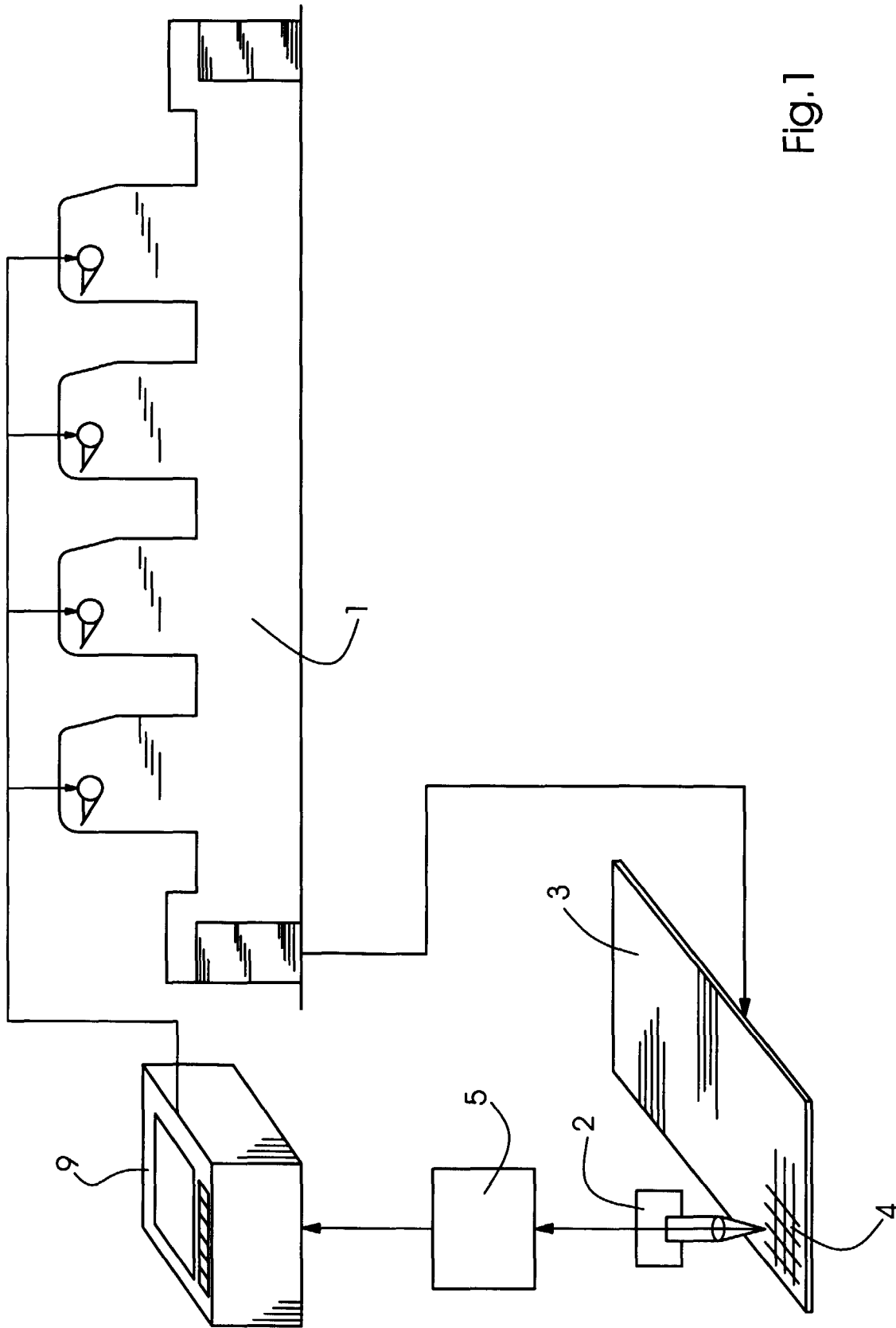


Fig.1

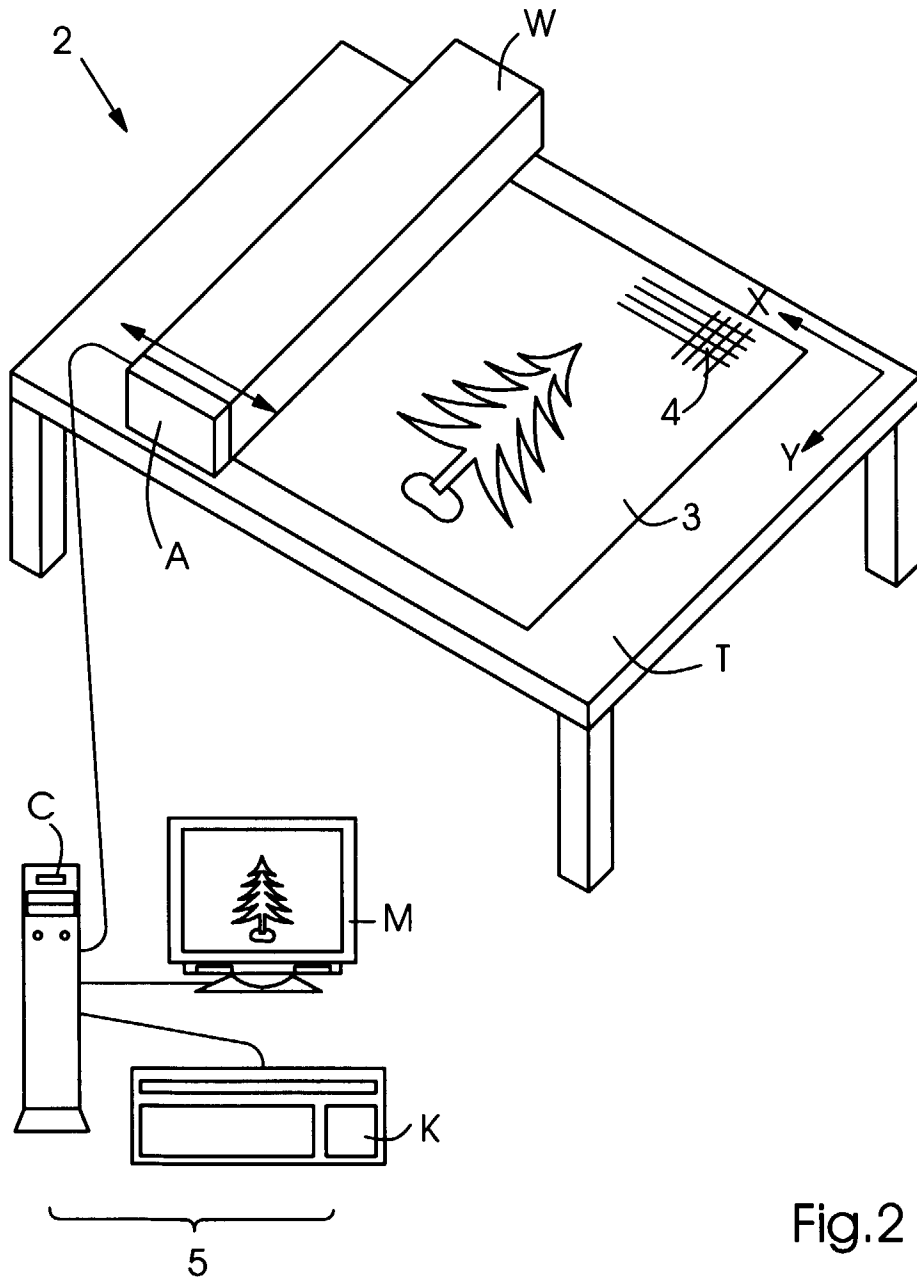


Fig.2