



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 15 039 T2** 2004.03.11

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 925 938 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 15 039.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 310 377.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **17.12.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.06.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.03.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B41J 2/205**
B41J 2/21

(30) Unionspriorität:

995774 22.12.1997 US

(73) Patentinhaber:

**Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(72) Erfinder:

**Lund, Mark D., Vancouver, US; Heim, Rory A.,
Corvallis, US; Castle, Steven T., Philomath, US**

(54) Bezeichnung: **Dichtesteuerung zur Verbesserung der Druckqualität und zur Verlängerung der Druckkopflebensdauer in Tintenstrahldruckern**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich allgemein auf Tintenstrahldrucker und insbesondere auf Verfahren zum Verbessern der Druckqualität und zum Verlängern der Lebensdauer von Tintenstrahldruckköpfen durch Steuern von Punktdichten bei Druckkopfbändern.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Tintenstrahldrucker arbeiten, indem einen Druckkopf mit einer oder mehreren Tintenstrahldüsen über ein Druckmedium geführt werden, und eine präzise Tintenmenge aus festgelegten Düsen eingebracht wird, während sie festgelegte Pixelpositionen auf dem Druckmedium passieren. Ein Typ von Tintenstrahldüse verwendet einen kleinen Widerstand, um in einer zugeordneten Tintenkammer Wärme zu erzeugen. Um eine Düse abzufeuern, wird eine Spannung an den Widerstand angelegt. Die sich ergebende Wärme bewirkt, daß sich Tinte in der Kammer schnell ausdehnt, wodurch ein oder mehrere Tröpfchen aus der zugeordneten Düse gepreßt werden. Widerstände werden für jede Düse einzeln gesteuert, um ein gewünschtes Pixelmuster zu erzeugen, während der Druckkopf über das Druckmedium läuft.

[0003] Um höhere Pixelauflösungen zu erreichen, wurden Druckköpfe mit einer großen Anzahl von Düsen ausgelegt. Dies schafft das Potential für ein Überhitzen von Druckköpfen. Jedes Düsenabfeuern erzeugt Restwärme. Falls zu viele Düsen innerhalb eines kurzen Zeitraums abgefeuert werden, kann der Druckkopf unerwünscht hohe Temperaturen erreichen. Derartige Temperaturen können den Druckkopf beschädigen und seine Lebensdauer verkürzen. Ferner können stark variierende Druckkopftemperaturen während des Druckens die Größe von aus den Düsen ausgestoßenen Tröpfchen verändern. Dies hat eine negative Auswirkung auf die Druckqualität.

[0004] Ein Überhitzen von Druckköpfen ist oft das Ergebnis einer hohen „Punktdichte“ während eines einzelnen Bandes des Druckkopfes. Beim Herstellen eines Bandes wird der Druckkopf über eine bekannte Anzahl von verfügbaren Pixeln geführt, von denen manche Tinte aufnehmen und andere keine Tinte aufnehmen. Die Pixel, die Tinte aufnehmen, werden als Punkte (dots) bezeichnet. Die „Punktdichte“ ist der Prozentsatz an Pixeln in einem Band, die Tinte aufnehmen und deshalb Punkte werden. Beim Drucken vieler Typen von Bildern, beispielsweise Textbildern, sind Punktdichten relativ niedrig und führen nicht zu einem Überhitzen. Dichtere Bilder wie beispielsweise photographische Bilder erfordern jedoch eine viel höhere Punktdichte und erzeugen das charakteristische Potential für eine Überhitzung.

[0005] Ein anderes Problem, das durch ein Drucken von Bildern hoher Dichte verursacht wird, besteht darin, daß in dem Düsenbereich des Druckkopfes nicht

ausreichend Tinte zum Drucken des nächsten Bandes vorliegen kann. Mit der Zeit führt ein Abfeuern einer Düse, wenn sie einen unzureichenden Tintenvorrat aufweist, zu einer Zerstörung der Düse.

[0006] Allgemein wandten sich bekannte Drucker beiden dieser Probleme zu, indem sie den Druckkopf pausieren ließen. Dort, wo eine übermäßige Druckkopftemperatur ein Problem ist, wird eine Pause verwendet, um es dem Druckkopf zu ermöglichen, abzukühlen. Desgleichen wird eine Pause verwendet, um zu ermöglichen, daß zusätzliche Tinte in den Düsenbereich des Druckkopfes fließt.

[0007] Jegliche bedeutende Pause beim Drucken kann jedoch unerwünschte Auswirkungen auf die Druckqualität haben. Willkürliche Verzögerungen zwischen Bändern führen zu horizontalen Streifen mit Farbtonverschiebungen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß unterschiedliche Farbtöne gebildet werden, wenn nasse Tinte auf Tintentröpfchen eines variierenden Trockenheitsgrads, die während vorheriger, überlappender Bänder aufgebracht wurden, landet. Noch beträchtlichere Farbtonverschiebungen ergeben sich bei Start-/Stoppgrenzen, wenn in der Mitte von Bändern pausiert wird.

[0008] Eine andere Art und Weise, die Probleme des Überhitzens und unzureichender Tintenqualität anzugehen, besteht darin, die Geschwindigkeit des Druckkopfes, während er sich über das Druckmedium bewegt, zu verlangsamen. Der bedeutendste Nachteil dieser Taktik besteht darin, daß sie den Durchsatz für alle Dokumente unabhängig von ihrer Dichte konsequent verringert. Ein etwas besserer Lösungsansatz besteht darin, den Druckkopf nur während solcher Bänder, von denen vorhergesagt wird, daß sie ein Überhitzen oder niedrige Tintenquantitäten bewirken, zu verlangsamen. Dies macht eine Tropfenausrichtung jedoch schwierig. Die horizontale Position eines Tintentropfens wird teilweise durch die horizontale Geschwindigkeit des Druckkopfes, wenn der Tintentropfen aus dem Druckkopf ausgestoßen wird, bestimmt. Somit ist es sehr schwierig, die Punkte von zwei verschiedenen Bändern aneinanderzureihen, wenn die Bänder bei unterschiedlichen Druckkopfgeschwindigkeiten gedruckt werden.

[0009] Man beachte, daß jedes der oben angegebenen Probleme auch die Folge eines langsamen Datenstroms von einem Host sein kann. Im einzelnen kann ein langsamer Datenstrom Pausen oder ein Verlangsamen des Druckkopfes erfordern, was die beschriebenen Verschlechterungen der Druckqualität bewirkt.

[0010] In der französischen Patentanmeldung FR 2744061 ist ein Tinteneinsparsystem für ein Tintenstrahlbildtransfersystem offenbart. Das System bewirkt, daß das Gerät bei einem geringeren Tintenverbrauch arbeitet, wenn sich die verbleibende Tinte unter einem festgelegten Pegel befindet. Der Bedarf an Tinte wird verringert, indem die Dichte der auf die Seite gedruckten Punkte verringert wird oder indem die Anzahl der verwendeten Farben verringert wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Steuern einer durchschnittlichen Druckdichte über der Zeit bei einem Tintenstrahldrucker, der einen Druckkopf mit einer Mehrzahl von Düsen aufweist, die in einer oder mehreren Spalten angeordnet sind, um über ein Druckmedium ein Druckband einer vollen Höhe zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: wiederholtes Führen des Druckkopfs in einzelnen Bändern über ein Druckmedium; wiederholtes Abfeuern einzelner Düsen während jedes Druckkopfbandes, um ein Tintenmuster auf das Druckmedium aufzubringen; Verwenden lediglich eines Teilsatzes der Düsen während eines bestimmten Bandes, um ein Band einer reduzierten Höhe mit einer reduzierten Druckdichte zu erzeugen.

[0012] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung schafft ein Verfahren zum Steuern einer durchschnittlichen Druckdichte über der Zeit bei einem Tintenstrahldrucker, der einen Druckkopf mit einer Mehrzahl von Düsen aufweist, die in einer oder mehreren Spalten angeordnet sind, um über ein Druckmedium ein Druckband einer vollen Höhe zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: wiederholtes Führen des Druckkopfs in einzelnen Bändern über ein Druckmedium; wiederholtes Abfeuern einzelner Düsen während jedes Druckkopfbandes, um ein Tintenmuster auf das Druckmedium aufzubringen; Berechnen einer Bandpunktdichte vor jedem Band; falls die Bandpunktdichte eines bevorstehenden Bandes größer ist als eine maximal zulässige Banddichte, Verwenden lediglich eines Teilsatzes der Düsen während des bevorstehenden Bandes, um ein Band einer reduzierten Höhe mit einer reduzierten Druckdichte zu erzeugen.

[0013] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beschäftigt sich mit dem Erfordernis, den Durchsatz in den drei oben beschriebenen Situationen zu verlangsamen: wenn eine hohe Druckdichte ein Überhitzen zu bewirken droht; wenn eine hohe Druckdichte Tintenmengen in den Düsenbereichen der Druckköpfe verringert; und wenn ein Host Daten bei einer Rate liefert, die niedriger ist als die maximale Druckrate des Druckers.

[0014] Gemäß der Erfindung wird jede dieser drei Situationen verwendet, um einen Durchsatzverringungsmodus auszulösen. Beim Arbeiten in diesem Modus werden Gruppen von benachbarten Düsen in dem Druckkopf deaktiviert, was zu Bändern führt, die eine geringere Höhe als die maximale Höhe aufweisen. Die Bänder mit der reduzierten Höhe führen zu einer niedrigeren Druckdichte, wodurch das Erwärmen des Druckkopfes verringert wird und ermöglicht wird, daß mehr Tinte in die Düsenbereiche des Druckkopfes fließt. Der verringerte Durchsatz, der sich aus der reduzierten Bandhöhe ergibt, ermöglicht ferner eine langsamere Datenrate von einem Host.

[0015] Infolge des Verringerns der Anzahl von Düsen, die bei einem bestimmten Band verwendet wer-

den, besteht üblicherweise kein Bedarf, den Druckkopf entweder zwischen Bändern oder während einzelner Bänder anzuhalten. Ferner besteht kein Bedarf, die Geschwindigkeit des Druckkopfes zu variieren. Demgemäß vermeidet die Erfindung die oben beschriebenen Farbton- und Tropfenausrichtprobleme.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das zugehörige Komponenten eines Tintenstrahldruckers gemäß der Erfindung zeigt.

[0017] **Fig. 2** ist eine konzeptionelle Darstellung eines Druckkopfes, wie er bei dem Drucker der **Fig. 1** verwendet werden könnte.

[0018] **Fig. 3** und **4** sind Flußdiagramme, die Schritte zeigen, die gemäß der Erfindung durchgeführt werden.

[0019] **Fig. 5** und **6** veranschaulichen aufeinanderfolgende überlappende Druckkopfbänder oder -durchläufe gemäß der Erfindung.

Ausführliche Beschreibung

[0020] **Fig. 1** zeigt zugehörige Komponenten eines Druckers **10** gemäß der Erfindung. Der Drucker **10** ist ein Tintenstrahldrucker, der einen Druckkopf **12** aufweist. Der Druckkopf weist mehrere Düsen auf (in **Fig. 1** nicht gezeigt). Dem Drucker **10** ist eine Schnittstellenelektronik **13** zugeordnet, um zwischen den Steuerlogikkomponenten und den elektromechanischen Komponenten des Druckers eine Schnittstelle zu bilden. Die Schnittstellenelektronik **13** umfaßt beispielsweise Schaltungen zum Bewegen des Druckkopfes und Papiers und zum Abfeuern einzelner Düsen.

[0021] Der Drucker **10** umfaßt eine Steuerlogik in Form eines Mikroprozessors **14** und eines zugeordneten Speichers **15**. Der Mikroprozessor **14** ist insofern programmierbar, als er Programmanweisungen aus dem Speicher ausliest und seriell ausführt. Allgemein führen diese Anweisungen verschiedene Steuerschritte und Funktionen durch, die für Tintenstrahldrucker typisch sind. Zusätzlich überwacht und steuert der Mikroprozessor Tintenstrahlspitzentemperaturen, wie unten ausführlicher erläutert wird. Der Speicher **15** ist vorzugsweise eine Kombination aus ROM, dynamischem RAM und möglicherweise einem Typ von nicht-flüchtigem und beschreibbarem Speicher, wie beispielsweise einem batteriegestützten Speicher oder Flash-Speicher.

[0022] Dem Druckkopf ist ein Temperatursensor **16** zugeordnet. Er ist wirksam verbunden, um der Steuerlogik durch die Schnittstellenelektronik **13** eine Druckkopf Temperaturmessung zu liefern. Der Temperatursensor ist bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ein Wärmeauffassungswiderstand. Er produziert ein analoges Signal, das in der Schnittstellenelektronik **13** digitalisiert wird, so daß es durch den Mi-

koprozessor **14** gelesen werden kann. Weitere Einzelheiten bezüglich des Temperatursensors, seiner Kalibrierung und seiner Verwendung finden sich in der gleichzeitig mit der vorliegenden Anmeldung eingereichten europäischen Patentanmeldung mit dem Titel „Method and Apparatus for Detecting the End of Life of a Print Cartridge For a Thermal Ink Jet Printer“, die die Veröffentlichungsnummer EP-A-0,924,083 aufweist und durch Bezugnahme in das vorliegende Dokument aufgenommen ist.

[0023] Der Mikroprozessor **14** ist verbunden, um durch ein(en) oder mehrere I/O-Kanäle oder -Tore **20** Anweisungen und Daten von einem (nicht gezeigten) Host-Computer zu empfangen. Der I/O-Kanal **20** ist ein Parallele- oder Serielle-Kommunikation-Tor, wie es von vielen Druckern verwendet wird.

[0024] **Fig. 2** zeigt einen exemplarischen Entwurf von Düsen **21** in einem Beispiel eines Druckkopfes **12**. Der Druckkopf **12** weist eine oder mehrere lateral beabstandete Düsen- oder Punkt- spalten auf. Jede Düse **21** ist in einer anderen vertikalen Position positioniert (wobei die vertikale Richtung die Richtung der Druckmedienbewegung ist, die zu der Richtung der Druckkopfbewegung rechtwinklig liegt) und entspricht einer jeweiligen Pixelreihe auf dem zugrundeliegenden Druckmedium. Bei den meisten Bändern des Druckkopfes werden alle Düsen verwendet, was dazu führt, was hierin als Band einer vollen Höhe bezeichnet wird.

[0025] Selbstverständlich sind viele verschiedene Druckkopfkonfigurationen möglich, und die Erfindung ist nicht auf das in **Fig. 2** gezeigte vereinfachte Beispiel beschränkt. Bei einem aktuellen Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der Druckkopf beispielsweise Düsen auf, die 288 Pixelreihen entsprechen. Ferner verwenden manche Druckköpfe redundante Düsen spalten für verschiedene Zwecke. Des weiteren weisen Farbdrucker in der Regel drei oder mehr Düsen sätze auf, die positioniert sind, um Tintentröpfchen unterschiedlicher Farben auf dieselben Pixelreihen aufzubringen. Die Düsen sätze können in einem einzigen Druckkopf enthalten oder in drei unterschiedliche Druckköpfe integriert sein. Die hierin beschriebenen Prinzipien der Erfindung gelten in beiden Fällen.

[0026] Allgemein spricht der Druckkopf **12** auf die Steuerlogik, die durch den Mikroprozessor **14** und den Speicher **15** implementiert ist, an, um in einzelnen, horizontalen Bändern wiederholt über ein Druckmedium geführt zu werden. Die einzelnen Düsen des Druckkopfes werden während jedes Druckkopfbandes wiederholt abgefeuert, um ein Tintennmuster auf das Druckmedium aufzubringen. Bei manchen Druckern überlappen die Bänder einander, so daß der Druckkopf zwei oder mehrere Male über jede Pixelreihe geführt wird.

[0027] Ein Drucker gemäß der Erfindung verringert die Höhe ausgewählter Bänder, um die Druckdichte für diese ausgewählten Bänder zu reduzieren und um dadurch die durchschnittliche Druckdichte über der

Zeit zu steuern und dabei eine gleichmäßige Bandwiederholungsrate beizubehalten. Die Bandhöhe wird ansprechend auf eine(n) der drei Faktoren oder Bedingungen reduziert: (a) eine Verzögerung beim Empfangen von ankommenden Druckdaten; (b) eine hohe Druckdichte für das Band, von der vorhergesagt wird, daß sie die Druckkopftemperatur auf ein unannehmbar hohes Niveau erhöht; und (c) eine hohe Druckdichte für das Band, von der vorhergesagt wird, daß sie Tintenvorräte von Düsen auf unannehmbar niedrige Pegel absenkt.

[0028] Gemäß der Erfindung ist die Steuerlogik konfiguriert, um eine Bandpunktdichte vor jedem Band zu berechnen. Diese Bandpunktdichte, die auch als Vollband-Punktdichte D_F bezeichnet wird, ist die Banddichte, die sich normalerweise aus einem Drucken eines Bandes einer vollen Höhe – unter Verwendung aller Düsenreihen – ergeben würde. D_F variiert mit jedem Band, je nach dem gedruckten Bild. Die Vollbanddichte gibt ein Verhältnis von Düsenabfeuerungen während eines einzelnen Bandes zu der Anzahl von Düsenabfeuerungen an, die normalerweise während des Bandes durchgeführt würden, wenn jede Düse auf jedes Pixel in ihrer entsprechenden Reihe abgefeuert würde. Wie unten ausführlicher beschrieben ist, kann ein tatsächliches Band dadurch, daß lediglich ein Teilsatz der verfügbaren Düsen in dem Druckkopf verwendet wird, auf weniger als ein vollständiges bzw. volles Band begrenzt sein. Ein derartiges Band wird hierin als ein Band einer reduzierten Höhe bezeichnet. Eine Punktdichte D_{ACT} ($ACT = actual = tatsächlich$) eines tatsächlichen Bandes ist der Prozentsatz von Düsenabfeuerungen, die während eines Bandes tatsächlich durchgeführt werden, im Vergleich zu einem Abfeuern jeder Düse (einschließlich deaktivierter Düsen) auf jedes Pixel in der entsprechenden Reihe. Im Fall eines beliebigen gegebenen Bandes mit einer reduzierten Höhe ist D_{ACT} geringer als D_F .

[0029] Nach einem Berechnen der Vollbanddichte für ein bevorstehendes bzw. an die Reihe kommenden Band vergleicht die Steuerlogik dieselbe mit einer maximal zulässigen Bandpunktdichte. Falls die Vollbandpunktdichte die maximal zulässige Bandpunktdichte übersteigt, begrenzt die Steuerlogik die Anzahl von Düsenabfeuerungen während des bevorstehenden Bandes. Genauer gesagt wählt und verwendet die Steuerlogik lediglich einen Teilsatz der verfügbaren Düsen während des bevorstehenden Bandes, um ein Band mit einer reduzierten Höhe und einer reduzierten Druckdichte zu erzeugen. Die Pixelreihen, die andernfalls während des Bandes gedruckt worden wären, werden für das nächste Band gespart. Dies verringert die Punktdichte auf einen unterhalb der maximal zulässigen Bandpunktdichte liegenden Wert.

[0030] **Fig. 3** veranschaulicht dieses Verfahren zum Steuern einer durchschnittlichen Druckdichte. Die Schritte der **Fig. 3** werden durch die Steuerlogik des Druckers **10** durchgeführt und werden vor jedem

Druckkopfband wiederholt.

[0031] Ein erster Schritt **50** umfaßt ein Prüfen, ob von dem Host-Computer genügend Daten empfangen wurden, um ein gesamtes Vollband zu drucken. Falls das Ergebnis dieses Tests wahr ist, geht die Ausführung zu Schritt **52** über. Falls jedoch nicht genügend Daten empfangen wurden, wird ein Schritt **51** eines Verringerns der Bandhöhe durch ein Auswählen eines ersten Teilsatzes der Düsen des Druckkopfes **12** durchgeführt, wobei die Düsen des Teilsatzes Pixelreihen entsprechen, für die bereits Daten empfangen wurden. Etwaige Düsen, die sich nicht in diesem Teilsatz befinden, werden vorübergehend deaktiviert, was bedeutet, daß sie während des bevorstehenden Bandes nicht abgefeuert werden.

[0032] Schritt **52** weist ein Berechnen der Tatsächlichen-Band-Dichte D_{ACT} des bevorstehenden Bandes auf. Falls der Schritt **51** umgangen wurde, gilt: $D_{ACT} = D_F$. Andernfalls wird D_{ACT} auf der Basis der Daten für den ausgewählten ersten Teilsatz von Düsen berechnet, die bei dem bevorstehenden Band verwendet werden. Ein Schritt **53** umfaßt ein Vergleichen von D_{ACT} mit D_{MAX} , wobei D_{MAX} die maximal zulässige Banddichte ist. Falls $D_{ACT} > D_{MAX}$, wird ein Schritt **55** eines Auswählens eines zweiten, kleineren Teilsatzes der Düsen des Druckkopfes **12** zur Verwendung während des bevorstehenden Bandes durchgeführt. Der zweite Teilsatz ist ein Teilsatz des ersten Teilsatzes. Die Anzahl von Düsen in dem zweiten Teilsatz wird so berechnet, daß die tatsächliche Druckdichte D_{ACT} für das Band geringer oder gleich D_{MAX} sein wird.

[0033] Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird jedes Band mit einer reduzierten Höhe dadurch bezüglich seiner Höhe reduziert, daß eine Anzahl von Düsen, die ein ganzzahliges Vielfaches eines vorausgewählten Minimums ist, deaktiviert wird. Beispielsweise kann die Anzahl von deaktivierten Düsen auf das nächsthöchste ganzzahlige Vielfache von 16 oder 32 aufgerundet werden.

[0034] Schritt **56** weist ein Durchführen des Druckkopfbandes mit dem ausgewählten Teilsatz von Düsen auf. Die Steuerlogik überwacht die Druckkopftemperatur während dieses Schrittes und zeichnet die Spitzendruckkopftemperatur T_{PEAK} (Peak = Spitze) zur Verwendung in den unten unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschriebenen Schritten auf.

[0035] D_{MAX} ist eine sich potentiell verändernde Zahl, die auf der Basis von bekannten und gemessenen Charakteristika des Druckkopfes durch die Steuerlogik aufrechterhalten wird. Die maximal mögliche Tintenflußrate richtet die Obergrenze von D_{MAX} ein. Im einzelnen wird die Obergrenze von D_{MAX} bei einem Wert eingerichtet, der eine durchschnittliche Tintenflußrate von weniger als oder gleich der maximal möglichen Flußrate erzeugt. D_{MAX} , das dieser Obergrenze unterworfen ist, wird auf der Grundlage von aufgezeichneten Spitzentemperaturen, die der Druckkopf während vorheriger Bänder, die bekannte Druckdichten aufweisen, erreicht hat, während eines Druckerbetriebs aktualisiert.

[0036] Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung berechnet die Druckersteuerlogik D_{MAX} , indem sie die Tatsächlichen-Band-Punktdichte und die Spitzendruckkopftemperatur T_{PEAK} während jedes Druckkopfbandes überwacht, und berechnet D_{MAX} wiederholt (nach jedem Band) als eine Funktion der Tatsächlichen-Band-Punktdichte D_{ACT} und der Spitzentemperatur T_{PEAK} . D_{MAX} ist so berechnet, daß ein Druckkopfband, bei dem $D_{ACT} = D_{MAX}$, zu einer Spitzendruckkopftemperatur führt, die eine maximal zulässige Spitzendruckkopftemperatur T_{MAX} nicht übersteigt.

[0037] D_{MAX} wird dadurch berechnet, daß die Tatsächlichen-Band-Punktdichte D_{ACT} eines bestimmten Druckkopfbandes mit einem Faktor multipliziert wird, der zumindest teilweise auf der Spitzentemperatur T_{PEAK} des Druckkopfes während des Bandes und auf einer festgelegten maximal zulässigen Temperatur T_{MAX} des Druckkopfes beruht. Bei dem hierin beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der Faktor gleich $(T_{MAX} - T_{START}) / (T_{PEAK} - T_{START})$; wobei T_{START} gleich der Temperatur des Druckkopfes vor dem Druckkopfband ist. Bei dem hierin beschriebenen Ausführungsbeispiel ist T_{START} eine Konstante, die sich zum Beginn jedes Bandes an die Druckkopftemperatur annähert. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel erwärmt oder kühlt die Druckkopfsteuerlogik in dem Drucker **10** den Druckkopf vor jedem Druckkopfband auf eine Solltemperatur. T_{START} gleicht dieser Solltemperatur. Ein Druckkopf kühlen wird dadurch erreicht, daß vor einem bevorstehendem Band eine kurze Verzögerung eingelegt wird. Ein Druckkopferwärmen wird durch eine als „Pulserwärmung“ bekannte Technik erreicht, bei der Düsen wiederholt mit elektrischen Pulsen einer derart kurzen Dauer gepulst werden, daß sie Wärme erzeugen, ohne Tinte auszustoßen.

[0038] D_{MAX} wird nach jedem Band wie folgt aktualisiert:

$$D_{MAX} = D_{ACT} \cdot ((T_{MAX} - T_{START}) / (T_{PEAK} - T_{START}))$$

[0039] Diese Gleichung wird wie folgt abgeleitet. Zuerst wird angenommen, daß zwischen der Druckkopfdichte D und der Druckkopftemperatur T eine lineare Beziehung besteht. Somit gilt:

$$(1) T = m \cdot D + T_{START}$$

[0040] Mit Blick auf diese Beziehung kann D_{MAX} in Bezug auf T_{MAX} , T_{START} und die Neigung m berechnet werden

$$(2) D_{MAX} = (T_{MAX} - T_{START}) / m$$

[0041] Wenn man nach m auflöst, ergibt sich:

$$(3) m = (T_{MAX} - T_{START}) / D_{MAX}$$

[0042] Ein Ersetzen der Gleichung (1) durch die

Gleichung (3) ergibt

$$(4) T = ((T_{MAX} - T_{START})/D_{MAX})^*D + T_{START}$$

[0043] Wenn man nach D_{MAX} auflöst, folgt

$$(5) D_{MAX} = D^*((T_{MAX} - T_{START})/(T - T_{START}))$$

[0044] Wenn also eine Temperatur T_{PEAK} gegeben ist, die während eines Druckkopfbandes mit einer Dichte D_{ACT} auftritt, folgt:

$$(6) D_{MAX} = D_{ACT}^*((T_{MAX} - T_{START})/(T_{PEAK} - T_{START}))$$

[0045] Tatsächliche Veränderungen von D_{MAX} werden gefiltert, um Schwankungen, die durch Meßanomalien hervorgerufen werden, zu verringern. Ein Filterverfahren besteht darin, jeden neuen Wert von D_{MAX} bei einer Ober- und einer Untergrenze abzuschneiden. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel wird ein derartiges Abschneiden lediglich durchgeführt, falls sich die Druckkopftemperatur T_{PEAK} außerhalb eines definierten Temperaturbereichs befindet, wobei der Bereich diejenigen Temperaturen umfaßt, von denen bestimmt wurde, daß sie einer Beziehung zwischen der linearen Dichte und der Temperatur zugeordnet sind.

[0046] Ein weiteres Filterverfahren besteht darin, jegliche Änderungen des berechneten D_{MAX} zu dämpfen. Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel erfolgt dies durch ein Multiplizieren von Änderungen des D_{MAX} mit einem vorbestimmten Dämpfungsfaktor. Vorzugsweise werden nach oben gerichtete Änderungen des berechneten D_{MAX} durch einen ersten Dämpfungsfaktor gedämpft, und nach unten gerichtete Änderungen werden durch einen zweiten, unterschiedlichen Dämpfungsfaktor gedämpft.

[0047] **Fig. 4** veranschaulicht Schritte, die an der Berechnung von D_{MAX} beteiligt sind. Die veranschaulichten Schritte werden nach jedem Druckkopfband wiederholt durchgeführt. D_{ACT} und T_{PEAK} werden während des vorausgehenden Bandes aufgezeichnet und in den Berechnungen der **Fig. 4** verwendet.

[0048] Ein Schritt **60** weist ein Berechnen von D_{MAX} als Funktion von D_{ACT} und T_{PEAK} gemäß der obigen Gleichung (6) auf. Ein nachfolgender Entscheidungsschritt **61** weist ein Bestimmen auf, ob T_{PEAK} in einem Temperaturbereich liegt, der eine lineare Beziehung zu der Druckkopfdichte aufweist. Dieser Schritt weist ein Vergleichen von $T_{PEAK} - T_{START}$ mit einer vordefinierten Konstante auf, die die Temperaturobergrenze des linearen Druckkopfverhaltens darstellt. Falls $T_{PEAK} - T_{START}$ geringer oder gleich der Konstanten ist, geht die Ausführung zu Schritt **63** über. Falls T_{PEAK} größer ist als die Konstante, wird ein Schritt **62** eines Abschneidens von D_{MAX} bei vordefinierten Ober- und Untergrenzen durchgeführt. Beispielsweise kann die Ober- bzw. die Untergrenze auf 95% bzw. 80 eingestellt sein. Der Schritt **62** beschneidet oder be-

schränkt D_{MAX} auf diese Werte. Jeglicher Wert von D_{MAX} unter der Untergrenze wird gleich der Untergrenze gesetzt. Jeglicher Wert von D_{MAX} über der Obergrenze wird gleich der Obergrenze gesetzt.

[0049] Ein Schritt **63**, der nach den oben beschriebenen Abschneideschritten durchgeführt wird, weist ein Dämpfen von Änderungen des D_{MAX} von einem Druckkopfdurchlauf zu einem anderen auf. Zu diesem Zweck wird die Änderung ΔD_{MAX} als $D_{MAX} - D_{MAXOLD}$ (OLD = ALT) berechnet, wobei D_{MAXOLD} der Wert von D_{MAX} ist, der während der vorhergehenden Iteration der Schritte der **Fig. 4** berechnet wurde. D_{MAX} wird dann wie folgt gedämpft: $D_{MAX} = D_{MAX} - \Delta D_{MAX}/F_{DAMP}$, wobei F_{DAMP} ein vorbestimmter Dämpfungsfaktor ist. Alternativ dazu werden zwei unterschiedliche Dämpfungsfaktoren verwendet: einer, wenn ΔD_{MAX} positiv ist, und ein anderer, wenn ΔD_{MAX} negativ ist. Ferner kann es in manchen Fällen vorteilhaft sein, den Dämpfungsschritt **63** nur dann durchzuführen, wenn der Absolutwert von ΔD_{MAX} größer als eine vorbestimmte Dichte ist. Dies ergibt eine Bandbreite von ΔD_{MAX} , bei der kein Dämpfen durchgeführt wird.

[0050] Der Schritt **64** weist ein Speichern von D_{MAX} in einem nichtflüchtigen Speicher zur Rückhaltung, wenn der Drucker ausgeschaltet wird, auf. Dieser Wert von D_{MAX} wird bei Schritt **53** (**Fig. 3**) vor dem nächsten Druckkopfband verwendet.

[0051] Man beachte, daß die obigen Berechnungen auf einer Annahme beruhen, daß das Wärmeverhalten eines Druckkopfes linear sei. Dies vereinfacht Berechnungen und ermöglicht es, Druckkopftemperaturen vorherzusagen, ohne beträchtliche Mengen an nicht-flüchtiger Speicherung zu erfordern. Es können auch andere Lösungsansätze verwendet werden. Beispielsweise kann ein anderes mathematisches Modell (das nicht das lineare Modell ist) verwendet werden, um das Wärmeverhalten eines Druckkopfes vorherzusagen. Alternativ kann eine Tabelle in einem Druckerspeicher aufrechterhalten werden, die historische Spitzentemperaturen angibt, die unterschiedlichen Druckkopfdichten entsprechen. In diesem Fall wird die Tabelle verwendet, um D_{MAX} zu bestimmen, und nicht das oben beschriebene lineare Modell.

[0052] Das oben beschriebene Verfahren zum Verringern einer Druckkopfdichte kann an zahlreiche unterschiedliche Druckmethodologien angepaßt werden. Beispielsweise verwenden viele Drucker ein Bandüberlappen, um eine Streifenbildung zu verringern. Die oben erläuterten Prinzipien können ohne weiteres in derartige Drucker integriert werden.

[0053] Beispielsweise veranschaulicht **Fig. 5** zwei aufeinanderfolgende Bänder in einem Zweidurchlauf-Drucker, der überlappende Bänder verwendet. Der mit „Durchlauf 1“ bezeichnete Block veranschaulicht die vertikalen Grenzen eines ersten Bandes. Der mit „Durchlauf 2“ bezeichnete Block veranschaulicht die vertikalen Grenzen eines zweiten, nachfolgenden Bandes. Der mit „Durchlauf 3“ bezeichnete Block veranschaulicht die vertikalen Grenzen eines dritten

Bandes, das nach dem Durchlauf **2** durchgeführt wird. Unter Bezugnahme auf das zweite Band beachte man, daß es einen ersten Streifen von Pixelreihen **82** umfaßt, der Pixelreihen, die durch das erste Band gedruckt wurden, überlappt. Zusätzlich umfaßt das zweite Band einen zweiten Streifen von Pixelreihen **83**, der anschließend durch den ersten Streifen des dritten Bandes überlappt wird. Somit druckt jedes Band einen „überlappenden“ Satz von Punktreihen (Streifen **82**) über Punktreihen, die durch ein vorheriges Band gedruckt wurden, und einen „neuen“ Satz von Punktreihen (Streifen **83**), die durch ein nachfolgendes Band überlappt werden sollen. Um eine gute Druckqualität aufrechtzuerhalten, verwendet jedes Band einen Teilsatz von Düsen, der zumindest genügend Düsen aufweist, um die neuen Punktreihen, die durch das vorherige Band gedruckt wurden, zu überlappen. Dadurch wird dem Ausmaß der Höhenreduktion, die während eines beliebigen gegebenen Bandes stattfinden kann, eine Grenze auferlegt – jedes Band muß hoch genug sein, um den „neuen“ Abschnitt des vorherigen Bandes vollständig zu überlappen.

[0054] **Fig. 6** veranschaulicht ein Band **90** mit einer reduzierten Höhe und ein folgendes Band **91**. Das Band **90** weist einen überlappenden Streifen **90A** und einen neuen Streifen **90B** auf. Man beachte, daß eine Höhenreduktion von dem neuen Streifen genommen wird. Das folgende Band **91** weist desgleichen einen überlappenden Streifen **91A** und einen neuen Streifen **91B** auf. Da das Band **91** einem Streifen mit reduzierter Höhe folgt, wird die Höhe des überlappenden Streifens **91A** des Bandes **91** verringert, um zu dem neuen Streifen **90B** des Bandes **90** zu passen. Der neue Streifen **91B** des Bandes **91** kann verringert werden, um die Druckdichte zu steuern. Jedoch sollte der neue Streifen eines beliebigen Bandes beim Zweidurchlauf-Drucken nicht mehr als die Hälfte der gesamten Pixelreihen eines Bandes mit voller Höhe umfassen. Als Beispiel sei angenommen, daß ein Druckkopf **288** Reihen von Düsen aufweist; der neue Streifen eines bestimmten beliebigen Bandes sollte nicht höher als $144\ (288/2)$ Pixelreihen sein. Allgemeiner sollte der neue Streifen für ein n-Band drucken nicht mehr als x/n Pixelreihen aufweisen, wobei x die Gesamtanzahl von Pixelreihen in einem Band mit voller Höhe ist.

[0055] Es können auch mehrere Druckköpfe untergebracht sein. Wenn mehrere Druckköpfe verwendet werden, wird die oben beschriebene Analyse unabhängig für jeden Druckkopf durchgeführt. Jedoch wird dieselbe Anzahl von Düsen für alle Druckköpfe in einem beliebigen gegebenen Band verwendet. Die für ein gegebenes Band verwendete Anzahl von Düsen wird durch den Druckkopf bestimmt, dessen Bandhöhe infolge der oben beschriebenen Analyse am stärksten reduziert ist.

[0056] Die Erfindung schafft eine effektive Möglichkeit zum Steuern einer Druckdichte und Druckkopf-temperatur, um die Lebensdauer von Druckköpfen zu

verlängern und die Druckqualität zu verbessern. Dies erfolgt auf eine Art und Weise, die nicht zu Farbton- oder Punktausrichtproblemen führt und den Druckdurchsatz nicht unnötig verringert.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Steuern einer durchschnittlichen Druckdichte über der Zeit bei einem Tintenstrahldrucker (**10**), der einen Druckkopf (**12**) mit einer Mehrzahl von Düsen (**21**) aufweist, die in einer oder mehreren Spalten angeordnet sind, um über ein Druckmedium ein Druckband einer vollen Höhe zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

wiederholtes Führen des Druckkopfs (**12**) in einzelnen Bändern über ein Druckmedium;
wiederholtes Abfeuern einzelner Düsen (**21**) während jedes Druckkopfbandes, um ein Tintenmuster auf das Druckmedium aufzubringen;
Verwenden lediglich eines Teilsatzes der Düsen (**21**) während eines bestimmten Bandes, um ein Band einer reduzierten Höhe mit einer reduzierten Druckdichte zu erzeugen.

2. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Verwendens lediglich eines Teilsatzes der Düsen ansprechend auf eine Verzögerung beim Empfangen von ankommenden Druckdaten durchgeführt wird, um eine gleichmäßige Bandwiederholungsrate aufrechtzuerhalten.

3. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Verwendens lediglich eines Teilsatzes der Düsen ansprechend auf hohe Druckdichten, von denen vorhergesagt wird, daß sie die Druckkopf-temperatur auf unannehmbar hohe Niveaus erhöhen, durchgeführt wird.

4. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das folgende zusätzliche Schritte aufweist:

Überwachen einer tatsächlichen Bandpunktdichte und Spitzentemperatur des Druckkopfs (**12**) während jedes Druckkopfbandes;
wiederholtes Berechnen einer maximal zulässigen Bandpunktdichte ansprechend auf den Überwachungsschritt als Funktion der tatsächlichen Bandpunktdichte und Spitzentemperatur, wobei die maximal zulässige Bandpunktdichte zu einer Spitzendruckkopf-temperatur führt, die eine maximal zulässige Spitzendruckkopf-temperatur nicht überschreitet;
Begrenzen der Bandpunktdichte auf nicht mehr als die maximal zulässige Bandpunktdichte während einzelner Druckkopfbänder.

5. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Verwendens lediglich eines Teilsatzes der Düsen ansprechend auf hohe Druckdichten, von denen vorhergesagt wird, daß sie Tintenlieferungen an die Düsen auf unannehmbar niedrige Niveaus ab-

senken, durchgeführt wird.

6. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Verwendens lediglich eines Teilsatzes der Düsen ansprechend auf eine der folgenden Bedingungen durchgeführt wird:

eine Verzögerung beim Empfangen ankommender Druckdaten;

hohe Druckdichten, von denen vorhergesagt wird, daß sie die Druckkopftemperatur auf unannehmbar hohe Niveaus anheben; und

hohe Druckdichten, von denen vorhergesagt wird, daß sie Tintenlieferungen an die Düsen auf unannehmbar niedrige Niveaus absenken.

7. Ein Verfahren zum Steuern einer durchschnittlichen Druckdichte über der Zeit bei einem Tintenstrahldrucker (**10**), der einen Druckkopf (**12**) mit einer Mehrzahl von Düsen (**21**) aufweist, die in einer oder mehreren Spalten angeordnet sind, um über ein Druckmedium ein Druckband einer vollen Höhe zu erzeugen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

wiederholtes Führen des Druckkopfs (**12**) in einzelnen Bändern über ein Druckmedium;

wiederholtes Abfeuern einzelner Düsen (**21**) während jedes Druckkopfbandes, um ein Tintenmuster auf das Druckmedium aufzubringen;

Berechnen einer Bandpunktdichte vor jedem Band; falls die Bandpunktdichte eines bevorstehenden Bandes größer ist als eine maximal zulässige Banddichte, Verwenden lediglich eines Teilsatzes der Düsen während des bevorstehenden Bandes, um ein Band einer reduzierten Höhe mit einer reduzierten Druckdichte zu erzeugen.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

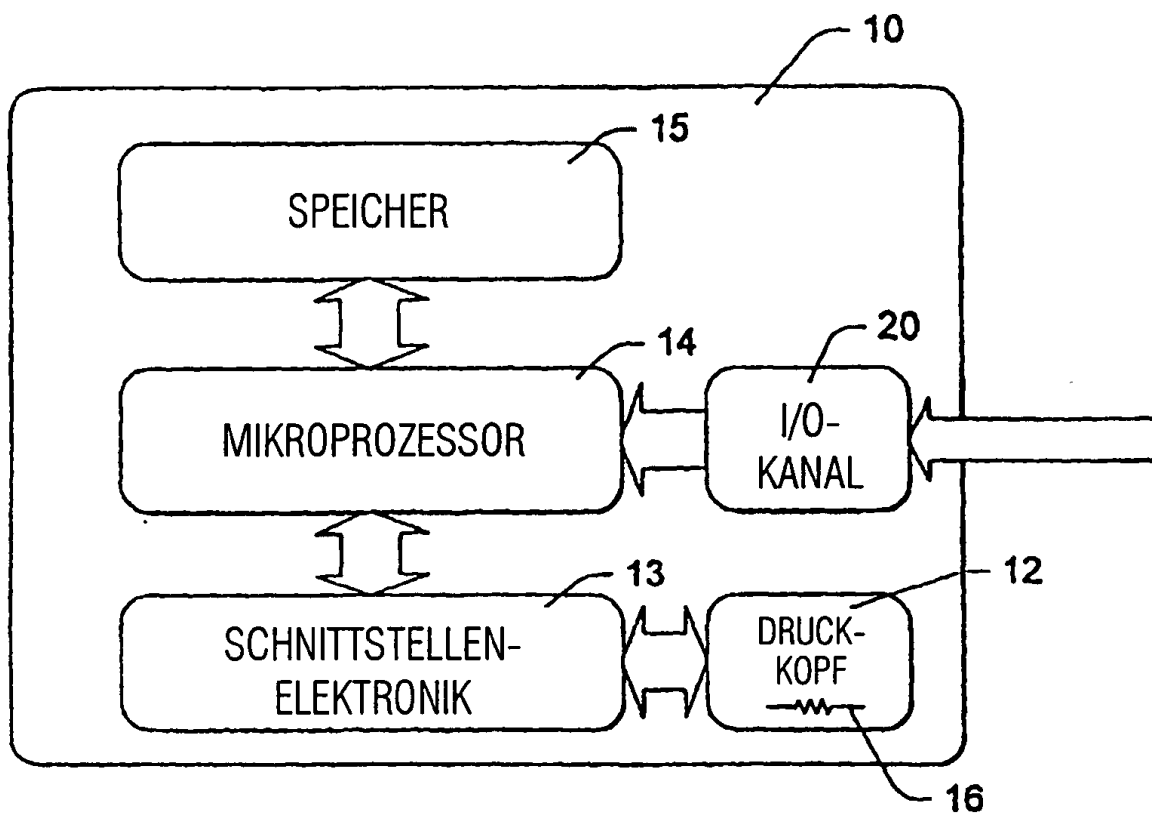


Fig. 1

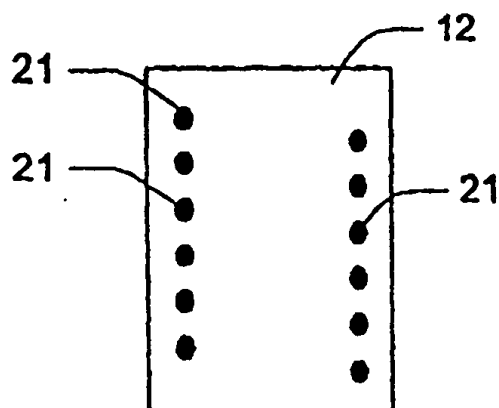


Fig. 2

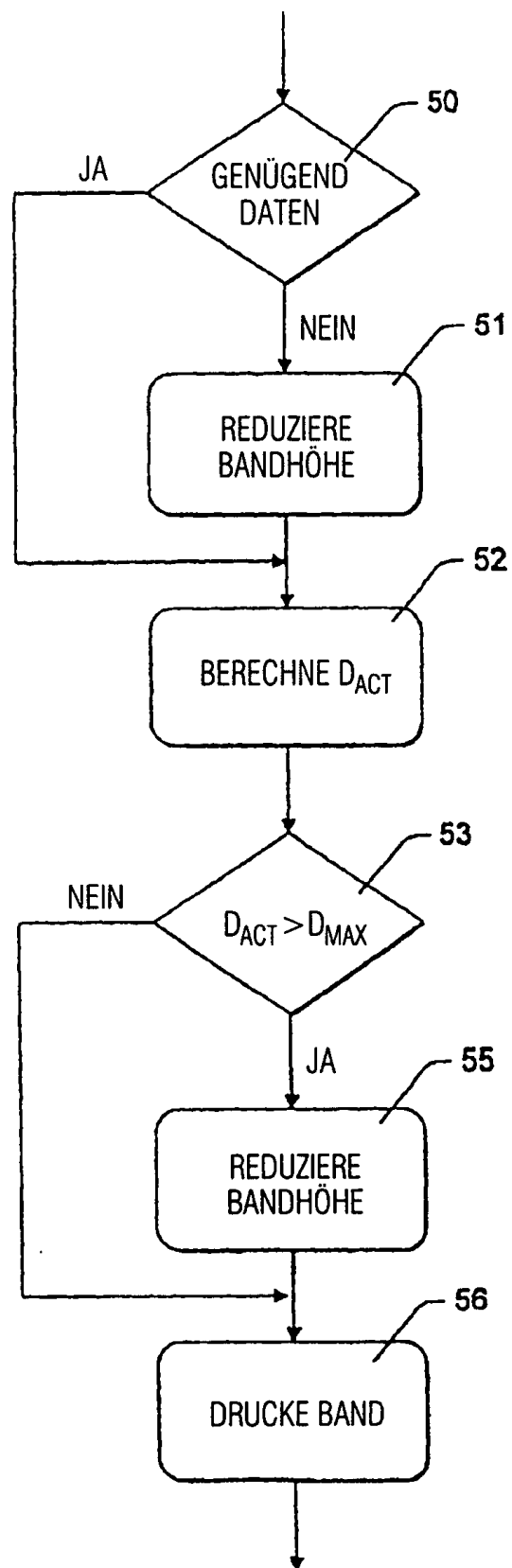


Fig. 3

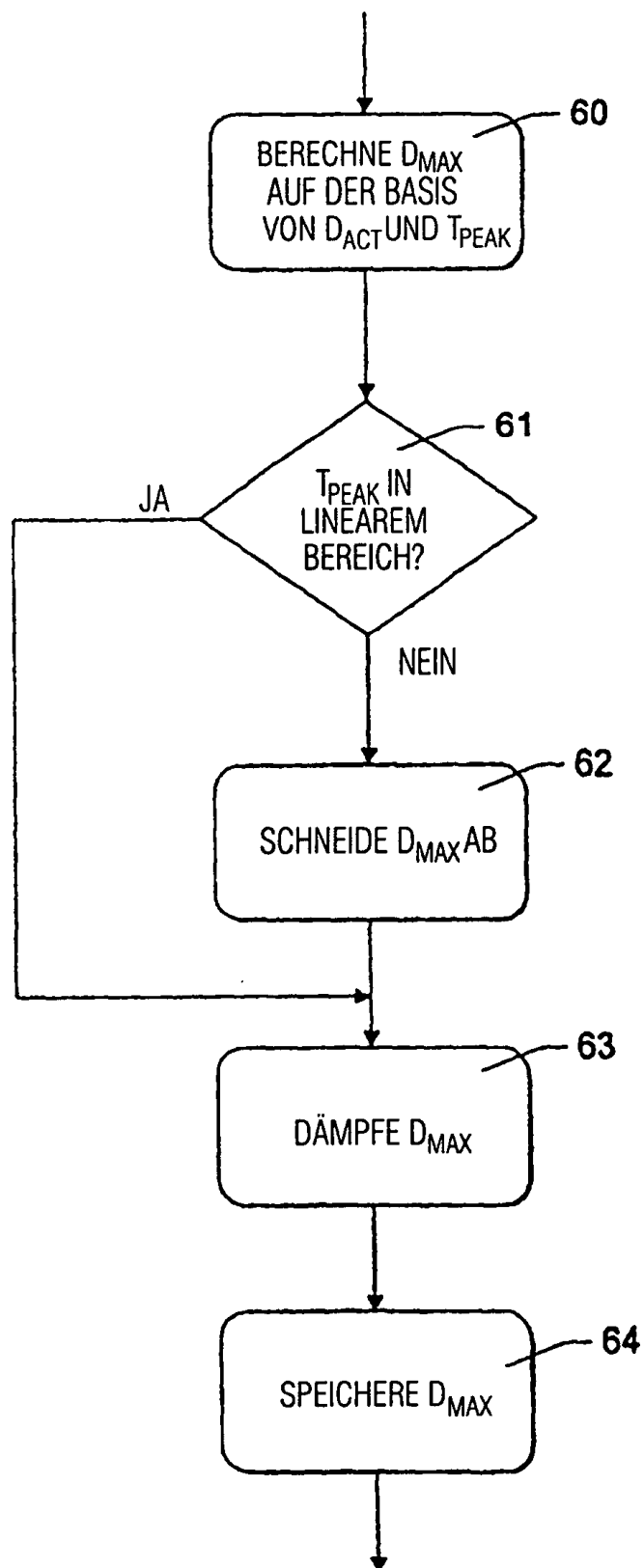


Fig. 4

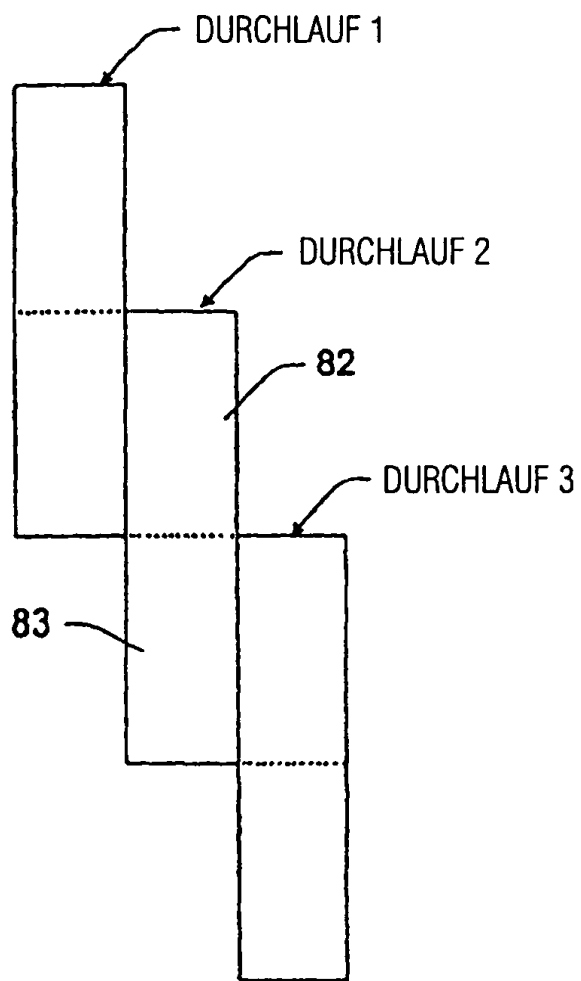


Fig. 5

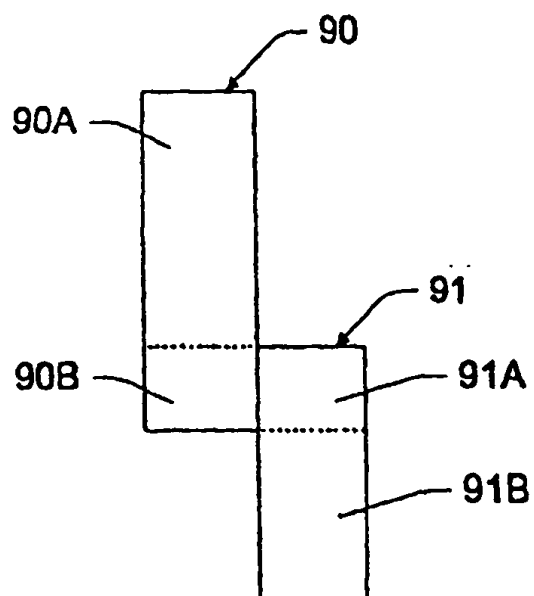


Fig. 6