



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 08 289 T2 2004.04.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 033 251 B1**

(51) Int Cl.7: **B41J 2/165**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 08 289.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 103 283.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **19.02.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.09.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.04.2004**

(73) Patentinhaber:

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

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

**Girones, Xavier, 43770 Mora la Nova, Tarragona,
ES; Murcia, Antoni, 08190 Sant Cugat Del Vallès,
Barcelona, ES; Bruch, Xavier, 08190 Sant Cugat
Del Vallès, Barcelona, ES; Taylor, Christopher,
08006 Barcelona, ES**

(54) Bezeichnung: **Druckverfahren zum automatischen Kompensieren von fehlerhaften Tintenstrahldüsen**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich Tintenstrahldrucksysteme und insbesondere, obwohl nicht ausschließlich, auf ein Druckverfahren, das schlecht funktionierende Tintenstrahldüsen kompensiert.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Tintenstrahldruckmechanismen können bei einer Vielzahl von unterschiedlichen Produkten, wie z. B. Plottern, Faksimilemaschinen und Tintenstrahldruckern, die nachfolgend zusammen als Drucker bezeichnet werden, verwendet werden, um Bilder unter Verwendung eines Farbmittels, das hierin allgemein als „Tinte“ bezeichnet wird, zu drucken. Diese Tintenstrahldruckmechanismen verwenden Tintenstrahlkassetten, die oft als „Stifte“ bezeichnet werden, um Tintentropfen auf eine Seite oder ein Blatt von Druckmedien zu schießen. Einige Tintenstrahldruckmechanismen tragen eine Tintenkassette mit einem vollen Vorrat von Tinte vor und zurück über das Blatt. Andere Tintenstrahldruckmechanismen, die als „Außerachsen“-Systeme bekannt sind, treiben nur einen kleinen Tintenvorrat mit dem Druckkopfwagen über die Druckzone, und speichern den Haupttintenvorrat in einem stationären Reservoir, das „außeraxial“ von dem Weg des Druckkopfverlaufs positioniert ist. Typischerweise wird eine flexible Leitung oder Röhrenverbindung verwendet, um Tinte von dem Außerachsen-Hauptreservoir zu der Druckkopfkassette zu übertragen. Bei Mehrfarben-Kassetten werden mehrere Druckköpfe und Reservoirs in einer einzigen Einheit kombiniert, wobei jede Reservoir/Druckkopfkombination für eine bestimmte Farbe hierin ebenfalls als ein „Stift“ bezeichnet wird.

[0003] Jeder Stift weist einen Druckkopf auf, der mit sehr kleinen Düsen gebildet ist, durch die die Tintentropfen gefeuert werden. Der spezielle Tintenausstoßmechanismus in dem Druckkopf kann eine Vielzahl von unterschiedlichen Formen annehmen, die einem Fachmann auf diesem Gebiet bekannt sind, wie z. B. diejenigen, die eine piezoelektrische oder eine thermische Druckkopftechnologie verwenden. Zweifelhafte thermische Tintenausstoßmechanismen sind beispielsweise in den US-Patenten Nr. 5,278,584 und 4,683,481 gezeigt, die beide an die Anmelderin der vorliegenden Anmeldung, die Hewlett-Packard Company, übertragen sind. Bei einem thermischen System ist eine Sperrschicht, die Tintenkanäle und Verdampfungskammern enthält, zwischen einer Düsenöffnungsplatte und einer Substratschicht angeordnet. Diese Substratschicht enthält typischerweise lineare Arrays von Heizelementen, wie z. B. Widerstände, die mit Energie versorgt werden, um Tinte in den Verdampfungskammern zu erwärmen. Bei dem Erwärmen wird ein Tintentröpfchen von einer Düse ausgestoßen, die dem mit Energie versorgten Widerstand zugeordnet ist.

[0004] Um ein Bild zu drucken, wird der Druckkopf über eine Druckzone oberhalb des Blattes vor und zurück bewegt, wobei der Stift Tintentropfen schießt, während sich derselbe bewegt. Indem die Widerstände selektiv mit Energie versorgt werden, während sich der Druckkopf über das Blatt bewegt, wird die Tinte in einem Muster auf das Druckmedium ausgestoßen, um eine gewünschte Abbildung (z. B. Bild, Tabelle oder Text) zu bilden. Die Düsen sind typischerweise in einem oder mehreren linearen Arrays angeordnet. Falls es mehr als eines ist, sind die beiden linearen Arrays Seite an Seite auf dem Druckkopf parallel zueinander und senkrecht zu der Bewegungsrichtung angeordnet. Somit definiert die Länge der Düsenarrays einen Druckstreifen oder ein Druckband. Das heißt, falls alle der Düsen von einem Array fortlaufend abgefeuert werden, während der Druckkopf eine vollständige Überquerung durch die Druckzone durchführt, erscheint ein Tintenband oder ein Tintenstreifen auf dem Blatt. Die Höhe dieses Bandes ist als die „Streifenhöhe“ des Stifts bekannt, die maximale Größe eines Tintenmusters, das bei einem einzigen Durchlauf abgelegt werden kann.

[0005] Die Öffnungsplatte des Druckkopfs neigt dazu, während dem Druckprozeß Verunreinigungen aufzunehmen, wie z. B. Papierstaub und dergleichen. Solche Verunreinigungen haften an der Öffnungsplatte, entweder aufgrund des Vorliegens von Tinte auf dem Druckkopf oder aufgrund von elektrostatischen Ladungen. Außerdem kann sich überschüssige getrocknete Tinte um den Druckkopf sammeln. Die Ansammlung von Tinte oder von anderen Verunreinigungen kann die Qualität der Ausgabe behindern, durch Stören der richtigen Aufbringung von Tinte auf das Druckmedium. Falls Farbstifte verwendet werden, kann außerdem jeder Druckkopf unterschiedliche Düsen aufweisen, die jeweils unterschiedliche Farben ausstoßen. Falls sich Tinte auf der Öffnungsplatte sammelt, kann sich während der Verwendung das Mischen von Tinten unterschiedlicher Farbe (Kreuzverunreinigung) ergeben. Falls auf der Öffnungsplatte Farben gemischt werden, kann die Qualität des resultierenden gedruckten Produkts beeinträchtigt werden. Aus diesen Gründen ist es wünschenswert, die Druckkopfoffnungsplatte auf einer regelmäßigen Basis von solchen Verunreinigungen und Tinte zu reinigen, um den Aufbau derselben zu verhindern. Ferner können die Düsen eines Tintenstrahldruckers verstopfen, insbesondere wenn die Stifte in einer Büroumgebung unbedeckt gelassen werden.

[0006] Bei einem Außerachsenstift ist die Lebensdauer in der Größenordnung von 40 Mal höher als bei einem herkömmlichen Nicht-Außerachsen-System, z. B. den Druckkopfkassetten, die bei DesignJet® 750C Farbdruckern erhältlich sind, die von der Hewlett Packard Company, Palo Alto, Kalifornien, der Anmelderin der vorlie-

genden Erfindung, erzeugt werden. Eine längere Lebensdauer und das Abfeuern von mehr Tintentropfen bedeutet, daß es eine größere Wahrscheinlichkeit gibt, daß sich die Druckerdruckqualität verschlechtern kann und/oder im Verlauf der Lebensdauer abweichen kann. Dies erfordert das Finden besserer Möglichkeiten, die Druckköpfe während langer Zeitperioden und großen abgefeuerten Tintenmengen funktional und stabil zu erhalten.

[0007] In der US 5.455.608 ist beschrieben, wie ein Drucker das Warten des Stifts einstellen kann, lediglich auf der Basis des Ergebnisses des aktuellen Tropfenerfassungsschritts. Bevor ein Druck begonnen wird, führen die Drucker eine Tropfenerfassung an allen Stiftten durch, um zu erfassen, ob es irgendwelche nichtabfeuernden Düsen („Düsen aus“) gibt. Falls ein einzige Düse-Aus in einem Stift erfaßt wird, löst der Drucker einen sogenannten automatischen Wiederherstellungswartungsprozeß zum Warten des schlecht funktionierenden Stiftes aus, um die schlecht funktionierende(n) Düse(n) wiederherzustellen.

[0008] Dieser Prozeß umfaßt eine Sequenz von drei Düsenwartungs- oder Reinigungsprozeduren mit zunehmender Intensität, die nacheinander durchgeführt werden, solange einige der Düsen des Druckkopfs nicht in der Lage sind, nach Tintenabfeuerungspulsen, die an den Druckkopf geliefert werden, Tintentropfen abzufeuern, oder bis alle der Prozeduren durchgeführt wurden.

[0009] Am Ende jeder dieser Prozeduren wird eine neue Tropfenerfassung an dem Stift durchgeführt, um zu verifizieren, ob der Stift vollständig wiederhergestellt ist. Falls er dies gemäß dem aktuellen Ergebnis der Tropfenerfassung nicht ist, wird die nachfolgende Wartungsprozedur durchgeführt. Falls der Stift am Ende der drei Funktionen nach wie vor nicht vollständig wiederhergestellt ist (d. h. zumindest eine der Düsen ist nach wie vor aus), wird der Benutzer angewiesen, den Stift auszutauschen oder die Düsenprüfung zu deaktivieren. Ein großer Nachteil dieses Systems, wenn es implementiert ist, wie z. B. in den DesigJet® 750C-Druckern, ist, daß, falls der Drucker nicht in der Lage ist, die versagenden Düsen vollständig wiederherzustellen oder es einige instabile Düsen gibt, das System bis zum Ende der Lebensdauer des Druckkopfs in diesem Wiederherstellungswartungsmodus bleibt, und durch die permanente Düse-Aus gezwungen wird, diesen Prozeß am Anfang jedes Drucks laufen zu lassen. Dies führt normalerweise entweder zu einem unannehmbaren Verlust von Durchsatz und Druckerproduktivität (weil der Drucker anhält und auf eine Antwort wartet, ist der automatische Wiederherstellungsprozeß sehr zeitaufwendig und bewirkt einen großen Tintenverlust, insbesondere wenn die Vorbereitungsfunktionen durchlaufen werden), oder zu übermäßigen Druckkopfaustausch- oder Fortsetzungsmittelungen, so daß der Benutzer die Düsenprüfung über das Frontbedienfeld deaktiviert, was Durchsatzverluste bewirkt.

[0010] Es ist bekannt, Fehlerverstecken zu verwenden, um die Druckqualität zu verbessern. In der EP 0863004 wird eine Technik beschrieben, die eine strukturbasierte Düsengesundheitserfassungstechnik verwendet, auf der Basis eines LED-Liniensensors, der auf dem Stiftwagen befestigt ist, der ein gedruckte Struktur liest, um fehlgeleitete oder fehlende Punkte zu finden, die Düsen-Aus, schwachen Düsen und einigen Arten von Fehlaustrichtung entsprechen.

[0011] Diese Technik wird nach einer bestimmten Anzahl von Drucken ausgeführt und legt Fehlerverstecken auf die ausfallenden Düsen an. Dieser Lösungsansatz hat jedoch einige Beschränkungen:

- Er ist langsam, und dies beschränkt die Anzahl von Malen, die es möglich ist, denselben durchzuführen, ohne den Durchsatz und die Druckerproduktivität stark zu beeinträchtigen. Dies bedeutet, daß das Ergebnis einer einzigen Erfassung für mehrere Drucke verwendet wird, mit dem Risiko, daß sich die Druckkopfdüsengesundheit im Verlauf der Zeit ändert.
- Nur die aktuellste Erfassung wird verwendet, wodurch es unmöglich wird, die Fehlerversteckstrategie auf Druckkopfdüsengesundheitsdynamikschwankungen einzustellen, wie z. B. interne Verunreinigungen, die sich in den Düsen bewegen, Luftansammlung, Düsenplattenverschmutzung, Kopfaufschlag (der Druckkopf berührt das Medium während dem Drucken), externe Verunreinigungen, die sich auf der Düsenplatte bewegen, und dergleichen.
- Jeder Zyklus der Technik impliziert eine bestimmte Medienverschwendung oder eine Medienänderung, da derselbe nicht erfolgreich auf allen Medien funktionieren kann.

[0012] Mit Bezugnahme auf die vorliegende Erfindung wird mit dem Begriff Druck bzw. Plot jede Art und Größe von gedruckter Ausgabe des Druckers identifiziert, der durch den Drucker als ein einziger Auftrag gesehen wird. Der Druck könnte dann ein CDA-Bild oder ein Graphikbild, wie z. B. ein Photo oder jede andere Art von Druck, identifizieren.

[0013] Um die Qualität der gedruckten Ausgabe des Druckergeräts beizubehalten, ist es wichtig, die Sicherheit zu verbessern, daß jeder Befehl an den Druckkopf, einen Tintentropfen von einer Düse der Mehrzahl von Düsen zu erzeugen, auch einen solchen Tintentropfen erzeugt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0014] Die spezifischen Ausführungsbeispiele und Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung zielen dar-

auf ab, die Fehlerverstecktechnik zu verbessern, um die Zeit zu verringern, die erforderlich ist, um sicherzustellen, welche Düsen versteckt werden müssen und dadurch die Druckqualität zu verbessern.

[0015] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Korrigieren von schlecht funktionierenden Tintenausstoßelementen in einem Drucksystem geschaffen, das folgende Schritte umfaßt: (a) Erhalten einer Standarddruckmaske; (b) Zuweisen zu zumindest zwei Tintenausstoßelementen einer Wahrscheinlichkeit, daß jedes von solchen zumindest zwei Tintenausstoßelementen ordnungsgemäß funktioniert; (d) Versuchen, die Standarddruckmaske zu modifizieren, indem Tintenausstoßelemente, die eine gewisse Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, durch andere Tintenausstoßelemente, die eine größere Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, ersetzt werden, um eine modifizierte Druckmaske zu erzeugen.

[0016] Das Zuweisen einer Wahrscheinlichkeit des ordnungsgemäßen Funktionierens einer Düse ist besonders vorteilhaft, da es einen größeren Bereich von Austauschmöglichkeiten liefert, die zu einer erhöhten Genauigkeit führen. Falls beispielsweise die Düse A während dem aktuellen Test ausgefallen ist, und die Düse B als funktionierend bestimmt wurde, würde gemäß herkömmlichen Systemen die Düse B als ein möglicher Austausch für die Düse A angesehen. Falls gemäß der vorliegenden Erfindung die ausfallende Düse A eine höhere Wahrscheinlichkeit zu funktionieren aufweist (z. B. dieselbe hat immer funktioniert, außer in letzter Zeit) als die funktionierende Düse B (z. B. dieselbe hat nie funktioniert, außer in der jüngsten Zeit), würde die vorliegende Austauschstrategie genau das Gegenteil vorschlagen wie der Stand der Technik und gemäß Experimenten, die durch den Anmelder durchgeführt wurden, zu einer besseren Auswahl führen.

[0017] Vorzugsweise umfaßt der Schritt (b) die Schritte (d) des Durchführens einer Tropfenerfassung, um zu prüfen, ob eines der Tintenausstoßelemente schlecht funktioniert und (e) des Speicherns des Ergebnisses der aktuelleren Tropfenerfassungsoperation zusammen mit den Ergebnissen der vorhergehenden Tropfenerfassungen, um eine Historie des Gesundheitsstatus von zumindest einem ersten Tintenausstoßelement beizubehalten, aufweist, wobei die Wahrscheinlichkeit, die jedem der zumindest zwei Tintenausstoßelemente zugewiesen ist, auf der entsprechenden Historie basiert.

[0018] Spezifische Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung erkennen, daß es durch Verwenden einer Historie der Düsendesundheit möglich ist, die Genauigkeit der Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, daß eine bestimmte Düse funktioniert.

[0019] Vorzugsweise wird die Wahrscheinlichkeit, daß ein Tintenausstoßelement ordnungsgemäß funktioniert, durch Anlegen der folgenden Formel erhalten:

$$w(\text{Nozzle}) = \frac{\sum_{i=0}^n \text{Dnozz}[i] \cdot b^i}{\sum_{i=0}^n b^i}$$

wobei b ein Gewichtungsfaktor ist; Dnozz[i] der Inhalt der Historie für das Tintenausstoßelement ist, als eine Serie von historischen Werten, die die Gesundheit des Tintenausstoßelements darstellen; und n die Anzahl von historischen Werten ist, die für das Tintenausstoßelement berücksichtigt werden.

[0020] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Gewichtungsfaktor b in einem Bereich von Werten zwischen 1 und 2 ausgewählt, vorzugsweise liegt n zwischen 15 und 4 und noch bevorzugter ist n = 7 und b liegt zwischen 1,4 und 1,6.

[0021] Typischerweise wird in der Historie, die dem Tintenausstoßelement entspricht, eine 1 gespeichert, wenn das Tintenausstoßelement als funktionierend erfaßt wird, und eine 0, wenn das Tintenausstoßelement als schlecht funktionierend erfaßt wird.

[0022] Noch bevorzugter umfaßt der Schritt (c) den Schritt (f) des Modifizierens der Standarddruckmaske, indem Tintenausstoßelemente, die eine bestimmte Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, durch andere Tintenausstoßelemente, die eine größere Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, ersetzt werden, um eine Mehrzahl von modifizierten Druckmasken zu erzeugen, und (g) des Auswählens der Druckmaske mit einem höheren Wahrscheinlichkeitswert, um die Standarddruckmaske zu ersetzen.

[0023] Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der höhere Wahrscheinlichkeitswert durch die Summe der Werte aller Tintenausstoßelemente, die in der Druckmaske verwendet werden, gegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Für ein besseres Verständnis der Erfindung, und um zu zeigen, wie dieselbe ausgeführt werden kann, werden nun beispielhaft spezifische Ausführungsbeispiele, Verfahren und Prozesse gemäß der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

- [0025] **Fig. 1** eine perspektivische Ansicht einer Form eines Tintenstrahldruckmechanismus, hier ein Tintenstrahldrucker, der eine Form eines Tintenstrahldruckkopfreinigungsdienststationssystem der vorliegenden Erfindung umfaßt, das hier gezeigt ist, um einen Satz von Tintenstrahldruckköpfen zu warten;
- [0026] **Fig. 2** eine vergrößerte perspektivische Ansicht des Wartungsstationssystems von **Fig. 1**;
- [0027] **Fig. 3A** Diagramme, die zeigen, wie die Wahrscheinlichkeit bis 3D des Findens einer Düse, die nicht funktioniert, gemäß ihrer Gesundheitshistorie und gemäß vier unterschiedlichen Gewichtungsgrundlagen variiert;
- [0028] **Fig. 4** eine verbesserte Tropfenerfassungsvorrichtung gemäß einer spezifischen Implementierung der vorliegenden Erfindung;
- [0029] **Fig. 5** schematisch eine Übersicht der Funktionsblöcke der verbesserten Tropfenerfassung gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung;
- [0030] **Fig. 6** beispielhaft ein Ausgangssignal einer Tropfenerfassungsvorrichtung gemäß einer spezifischen Implementierung der vorliegenden Erfindung vor der Analog-zu-Digital-Umwandlung;
- [0031] **Fig. 7** graphisch eine Region, die in die Tropfenerfassungszuverlässigkeitsspezifizierung fällt (schraffierte Region); das Tropfenerfassungs-Spitze-zu-Spitze-Signal (dicke Linie), und das Rausch-Spitze-zu-Spitze-Signal (dünne Linie) gemäß einer spezifischen Implementierung der vorliegenden Erfindung;
- [0032] **Fig. 8** schematisch verallgemeinerte Prozessschritte, die bei der Tropfenerfassung beteiligt sind, die durchgeführt wird, bevor eine Seite gedruckt wird, gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung;
- [0033] **Fig. 9** schematisch näher Schritte, die bei der Tropfenerfassung gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung beteiligt sind; und
- [0034] **Fig. 10** schematisch näher weitere Schritte, die bei der Tropfenerfassung gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung beteiligt sind;
- [0035] **Fig. 11** schematisch Schritte, die bei der Druckkopfwartung gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung beteiligt sind;
- [0036] **Fig. 12** näher Schritte, die bei der Druckkopfwartung bis 14 gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung beteiligt sind;
- [0037] **Fig. 15** graphisch zwei Schwellenwertkurven für zwei rekursive Wartungen für einen Druckkopf, um die Wiederherstellungseffektivität des vorhergehenden Wiederherstellungsdurchlaufs zu bestimmen;
- [0038] **Fig. 16** die Anzahl von Düsen, die außer Betrieb sind, wie und 17 es gemäß einer bekannten Technik und gemäß dem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung erfaßt wird; und
- [0039] **Fig. 18** schematisch Schritte, die bei Düsenfehlervorstellungen gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung beteiligt sind.

Detaillierte Beschreibung des besten Modus zum Ausführen der Erfindung

[0040] Nachfolgend wird nun der beste Modus beschrieben, der von den Erfindern zum Ausführen der Erfindung in Betracht gezogen wird. Bei der folgenden Beschreibung sind zahlreiche spezifische Einzelheiten aufgeführt, um ein gründliches Verständnis der vorliegenden Erfindung zu liefern. Für einen Fachmann auf diesem Gebiet ist es jedoch offensichtlich, daß die vorliegende Erfindung ohne Beschränkung auf diese spezifischen Einzelheiten praktiziert werden kann. In anderen Fällen wurden gut bekannte Verfahren und Strukturen nicht näher beschrieben, um die vorliegende Erfindung nicht unnötig unverständlich zu machen.

[0041] Spezifische Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung, die hierin beschrieben sind, beziehen sich auf Druckergeräte mit einem Druckkopf, eine Mehrzahl von Düsen umfaßt, wobei jede Düse der Mehrzahl von Düsen konfiguriert ist, um einen Strom von Tintentröpfchen zu sprühen. Das Drucken auf ein Druckmedium wird durch Bewegen des Druckkopfes in zueinander orthogonale Richtungen durchgeführt, zwischen Druckoperationen, wie es hierin oben beschrieben wurde. Es ist jedoch für einen Fachmann auf diesem Gebiet klar, daß allgemeine Verfahren, die in den Ansprüchen hierin offenbart und identifiziert sind, nicht auf Druckergeräte beschränkt sind, die eine Mehrzahl von Düsen aufweisen, oder auf Druckergeräte mit beweglichen Druckköpfen.

[0042] **Fig. 1** stellt ein Ausführungsbeispiel eines Tintenstrahldruckmechanismus dar, der hier als ein Tintenstrahldrucker **20** gezeigt ist, der gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist, der zum Drucken von herkömmlichen Konstruktions- und Bauzeichnungen und auch von hochwertigen Bildern in Postergröße und dergleichen in einer Industrie-, Büro-, Privathaushalt- oder anderen Umgebung verwendet werden kann. Eine Vielzahl von Tintenstrahldruckmechanismen ist im Handel erhältlich. Einige der Druckmechanismen, die die vorliegende Erfindung umfassen können, umfassen beispielsweise Tischdrucker, tragbare Druckeinheiten, Kopierer, Kameras, Videodrucker und Faxmaschinen, um einige zu nennen. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit sind die Konzepte der vorliegenden Erfindung in der Umgebung eines Tintenstrahldruckers **20** dargestellt.

[0043] Obwohl es offensichtlich ist, daß die Druckerkomponenten von Modell zu Modell variieren können, umfaßt der typische Tintenstrahldrucker **20** ein Chassis **22**, das durch ein Gehäuse- oder eine Ummantelungshül-

le **24**, typischerweise aus Kunststoffmaterial, umgeben ist, die zusammen einen Druckanordnungsabschnitt **26** des Druckers **20** bilden. Obwohl es offensichtlich ist, daß der Druckanordnungsabschnitt **26** durch eine Schreibtisch- oder Tischplatte getragen werden kann, wird es bevorzugt, den Druckanordnungsabschnitt **26** mit einem Paar von Schenkelanordnungen **28** zu tragen. Der Drucker **20** weist außerdem eine Druckersteuerung auf, die schematisch als ein Mikroprozessor **30** dargestellt ist, der Anweisungen von einem Hostgerät, typischerweise einem Computer, wie z. B. einem Personalcomputer oder einem rechnergestützten Zeichen- (CAD-) Computersystem (nicht gezeigt) empfängt. Die Druckersteuerung **30** kann außerdem ansprechend auf Benutzereingaben arbeiten, die durch einen Tastenfeld- und Statusanzeigeabschnitt **32** geliefert werden, der auf dem Äußeren der Ummantelung **24** positioniert ist. Ein Bildschirm, der mit dem Computerhost gekoppelt ist, kann ebenfalls verwendet werden, um visuelle Informationen für einen Betreiber anzuzeigen, wie z. B. den Druckerstatus oder ein spezielles Programm, das auf dem Hostcomputer läuft. Personal- und Zeichencomputer, deren Eingabegeräte, wie z. B. eine Tastatur und/oder ein Mausgerät und Bildschirme sind alle einem Fachmann auf diesem Gebiet gut bekannt.

[0044] Ein herkömmliches Druckmedienhandhabungssystem (nicht gezeigt) kann verwendet werden, um ein fortlaufendes Blatt von Druckmedium **34** von einer Rolle durch eine Druckzone **35** vorzuschieben. Die Druckmedien können jeder Typ von geeignetem Blattmaterial sein, wie z. B. Papier, Posterkarton, Gewebe, Transparentfolien, Mylar und dergleichen, aber aus Gründen der Zweckmäßigkeit ist das dargestellte Ausführungsbeispiel so beschrieben, daß es Papier als das Druckmedium verwendet. Eine Wagenführungsstange **36** ist an dem Chassis **22** befestigt, um eine Bewegungsachse **38** zu definieren, wobei die Führungsstange **36** gleitbar einen Tintenstrahlwagen **40** trägt, für das reziproke Vor- und Zurücklaufen über die Druckzone **35**. Ein herkömmlicher Wagentreiber motor (nicht gezeigt) kann verwendet werden, um den Wagen **40** ansprechend auf ein Steuersignal, das von der Steuerung **30** empfangen wird, zu treiben. Um Wagenpositionsrückmeldeinformationen zu der Steuerung **33** zu liefern, kann sich ein herkömmlicher Metallcodierstreifen (nicht gezeigt) entlang der Länge der Druckzone **35** und über die Wartungsregion **42** erstrecken. Ein herkömmlicher optischer Codierleser kann auf der Rückoberfläche des Druckkopfwagens **40** befestigt sein, um Positionsinformationen zu lesen, die durch den Codierstreifen geliefert werden, wie es z. B. in dem US-Patent Nr. 5,276,970 beschrieben ist, das ebenfalls an die Hewlett-Packard Company übertragen wurde, die Anmelderin der vorliegenden Erfindung. Die Art und Weise des Lieferens von Positionsrückmeldeinformationen über den Codierstreifenleser können ebenfalls auf eine Vielzahl von Wegen durchgeführt werden, die dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannt sind. Auf die Beendigung des Druckens eines Bildes hin kann der Wagen **40** verwendet werden, um ein Schneidemechanismus über den letzten Nachlaufabschnitt des Mediums zu ziehen, um die Abbildung von dem Rest der Rolle **34** abzutrennen. Geeignete Schneidemechanismen sind für **650C** und **750C** DesignJet® Farbplottern, die von der Hewlett-Packard Company aus Palo Alto Kalifornien, der Anmelderin der vorliegenden Erfindung, hergestellt werden, im Handel erhältlich. Selbstverständlich kann das Abtrennen des Blattes auf eine Vielzahl von anderen Arten und Weisen durchgeführt werden, die dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannt sind. Darüber hinaus kann der dargestellte Tintenstrahl Druckmechanismus ebenfalls zum Drucken von Abbildungen auf vorgeschrittenen Blättern verwendet werden, anstatt auf Medien, die in einer Rolle **34** geliefert werden.

[0045] In der Druckzone **35** empfängt das Medienblatt Tinte von einer Tintenstrahlkassette, wie z. B. einer Schwarz- und Farbtintenkasette **50** und drei einfarbigen Farbtintenkasetten **52**, **54** und **56**, die in **Fig. 2** näher dargestellt sind. Die Kassetten **50** bis **56** werden in der Technik auch oft als „Stifte“ bezeichnet. Der Schwarz- und Farbtintenstift **50** ist hierin so dargestellt, daß er eine Tinte auf Pigmentbasis enthält. Zu Darstellungszwecken sind die Farbstifte **52**, **54** und **56** so beschrieben, daß sie jeweils eine Tinte auf Farbstoffbasis der Farben gelb (yellow = Y), magenta und cyan enthalten, obwohl es offensichtlich ist, daß die Farbstifte **52** bis **56** bei einigen Implementierungen auch Tinten auf Pigmentbasis enthalten können. Es ist offensichtlich, daß in den Stiften **50** bis **56** auch andere Tintentypen verwendet werden können, wie z. B. Tinten auf Paraffinbasis, und auch Hybridtinten oder zusammengesetzte Tinten, die sowohl Farbstoff- als auch Pigment-Charakteristika aufweisen. Der dargestellte Drucker **20** verwendet ein „Außerachsen“-Tintenzuführsystem mit stationären Hauptreservoirs (nicht gezeigt) für jede Tinte (schwarz, Cyan, magenta, gelb), die in einer Tintenvorratsregion **58** positioniert sind. Bei diesem Außerachsen-System können die Stifte **50** bis **56** mit Tinte nachgefüllt werden, die durch ein herkömmliches flexibles Röhrenverbindungssystem (nicht gezeigt) von den stationären Hauptreservoirs geliefert wird, so daß nur ein kleiner Tintenvorrat durch den Wagen **40** über die Druckzone **35** getrieben wird, die „außeraxial“ von dem Weg des Druckkopflaufs positioniert ist. Wie er hierin verwendet wird, kann sich der Begriff „Stift“ oder „Kassette“ auch auf auswechselbare Druckkopfkassetten beziehen, wobei jeder Stift ein Reservoir aufweist, das den gesamten Tintenvorrat trägt, während sich der Druckkopf über die Druckzone hin- und herbewegt.

[0046] Die dargestellten Stifte **50**, **52**, **54** und **56** weisen Druckköpfe **60**, **62**, **64** bzw. **66** auf, die selektiv Tinte ausstoßen, um eine Abbildung auf einem Blatt eines Mediums **34** in der Druckzone **35** zu bilden. Diese Tintenstrahl Druckköpfe **60–66** weisen ein großes Druckband auf, beispielsweise etwa 20 bis 25 mm (etwa 1 Zoll) breit oder breiter, obwohl die hierin beschriebenen Druckkopfwartungskonzepte auch bei kleineren Tintenstrahl Druckköpfen angewendet werden können. Die hierin offenbarten Konzepte zum Reinigen der Druckköpfe **60–**

66 sind gleichermaßen auf die vollständig auswechselbaren Tintenstrahlkassetten anwendbar, und auch auf die dargestellten semipermanenten oder permanenten Außerachsen-Druckköpfe, obwohl die größten Vorteile des dargestellten Systems bei einem Außerachsensystem realisiert werden können, bei dem eine ausgedehnte Druckkopflebensdauer besonders wünschenswert ist.

[0047] Die Druckköpfe **60**, **62**, **64** und **66** weisen jeweils eine Öffnungsplatte mit einer Mehrzahl von Düsen auf, die auf eine Weise durch dieselbe gebildet sind, die dem Fachmann auf diesem Gebiet gut bekannt ist. Die Düsen jedes Druckkopfs **60–66** sind typischerweise in zumindest einem, aber typischerweise zwei linearen Arrays entlang der Öffnungsplatte gebildet. Somit kann der Begriff „linear“, wie er hierin verwendet wird, als „beinahe linear“ oder im wesentlichen linear interpretiert werden, und kann Düsenanordnungen umfassen, die leicht voneinander versetzt sind, beispielsweise in einer Zick-Zack-Anordnung. Jedes lineare Array ist typischerweise in einer longitudinalen Richtung senkrecht zu der Bewegungsachse **38** ausgerichtet, wobei die Länge jedes Arrays das maximale Abbildungsband für einen einzelnen Durchlauf des Druckkopfs bestimmt. Die dargestellten Druckköpfe **60–66** sind thermische Tintenstrahl Druckköpfe, obwohl andere Druckkopftypen verwendet werden können, wie z. B. piezoelektrische Druckköpfe. Die thermischen Druckköpfe **60–66** umfassen typischerweise eine Mehrzahl von Widerständen, die den Düsen zugeordnet sind. Wenn ein ausgewählter Widerstand mit Energie versorgt wird, wird eine Gasblase gebildet, die ein Tintentröpfchen von der Düse und auf ein Blatt Papier in der Druckzone **35** unter der Düse ausstößt. Die Druckkopfwiderstände werden selektiv mit Energie versorgt, ansprechend auf Abfeuerbefehlsteuersignale, die von der Steuerung **30** zu dem Druckkopf **40** gesendet werden.

[0048] **Fig. 2** zeigt den Wagen **40**, bei dem die Stifte **50** bis **56** so positioniert sind, daß dieselben bereit sind, um durch ein auswechselbares Druckkopfreinigungswartungsstationssystem **70** gewartet zu werden, das gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist. Die Wartungsstation **70** umfaßt eine translationsmäßig bewegbare Palette **72**, die selektiv durch einen Motor **74** durch eine Zahnbalangetriebeanordnung **25** in einer Vorwärtsrichtung **76** und in einer Rückwärtsrichtung **78** getrieben wird, ansprechend auf ein Treibersignal, das von der Steuerung **30** empfangen wird. Die Wartungsstation **70** umfaßt vier auswechselbare Tintenstrahl Druckkopfreinigungseinheiten **80**, **82**, **84** und **86**, die gemäß der vorliegenden Erfindung zum Warten der jeweiligen Druckköpfe **50**, **52**, **54** und **56** aufgebaut sind. Jede der Reinigungseinheiten **80–86** umfaßt einen Einbau- und Entfernungsgriff **88**, der durch einen Betreiber erfaßt werden kann, wenn die Reinigungseinheiten **80–88** in ihre jeweiligen Kammern oder Abteile **90**, **92**, **94** und **96** eingebaut werden, die durch die Wartungsstationspalette **72** definiert sind. Nach der Entfernung werden die Reinigungseinheiten **80–86** typischerweise entsorgt und mit einer neuen Einheit ersetzt, so daß die Einheiten **80–86** auch als „Einmalreinigungseinheiten“ bezeichnet werden können, obwohl es vorzuziehen wäre, die verbrauchten Einheiten zum Wiederauffüllen zu einem Recyclingzentrum zurückzubringen. Um einen Betreiber beim Einbauen der richtigen Reinigungseinheit **80–86** in das zugeordnete Abteil **90–96** zu unterstützen, kann die Palette **72** Zeichen umfassen, wie z. B. eine „B“-Markierung **97**, die dem schwarzen Stift **50** entspricht, wobei die Schwarzdruckkopfreinigungseinheit **80** andere Zeichen umfaßt, wie z. B. eine „B“-Markierung **98**, die durch einen Betreiber mit der Markierung **97** zusammengepaßt werden kann, um einen richtigen Einbau sicherzustellen.

[0049] Die Reinigungseinheit **80–86** umfaßt außerdem einen Spucknapf **108**. Für die Farbreinigungseinheiten **82–86** ist der Spucknapf **108** mit einem Tintenabsorber **124** gefüllt, vorzugsweise aus einem Schaummaterial, obwohl eine Vielzahl anderer absorbierender Materialien ebenfalls verwendet werden kann. Der Absorber **129** nimmt Tinte auf, die von den Farbdruckköpfen **62–66** ausgeworfen wird, und hält diese Tinte, während die flüchtigen oder flüssigen Komponenten verdampfen, wodurch die festen Komponenten der Tinte in den Kammern des Schaummaterials gefangen bleiben. Der Spucknapf **108** der Schwarzreinigungseinheit **80** wird als eine leere Kammer geliefert, die sich dann im Verlauf der Lebensdauer der Reinigungseinheit mit dem teerartigen Schwarztintenrest füllt.

[0050] Die Reinigungseinheit **80–86** umfaßt eine zweiblättrige Wischeranordnung, die zwei Wischerblätter **126** und **128** aufweist, die vorzugsweise mit abgerundeten äußeren Wischkanten aufgebaut sind, und einer eckigen inneren Wischkante, wie es in dem US-Patent Nr. 5,614,930 der Hewlett-Packard Company beschrieben ist. Vorzugsweise ist jedes der Wischerblätter **126**, **128** aus einem flexiblen, nachgiebigen, abriebfreien elastomeren Material, wie z. B. Nitrilkunststoff oder noch bevorzugter Ethylenpolypropylenmonomer (EPDM) oder anderen vergleichbaren Materialien aufgebaut, die in der Technik bekannt sind. Für die Wischer kann ein geeignetes Härtemaß, d. h. die relative Härte des Elastomers, in dem Bereich von **35–80** auf der Shore-A-Skala gewählt werden, oder noch bevorzugter innerhalb des Bereichs von **60–80**, oder sogar noch bevorzugter ein Härtemaß von 70 ± 5 , was eine Standardherstellungstoleranz ist.

[0051] Zum Zusammenbauen der Schwarzreinigungseinheit **80**, die verwendet wird, um die Tinte auf Pigmentbasis in dem Schwarzstift **50** zu warten, nimmt die Tintenlösungsmittelkammer **106** ein Tintenlösungsmittel **130** auf, das in einem porösen Lösungsmittelreservoirkörper oder -block **132** gehalten wird, der in der Kammer **106** eingebaut ist. Vorzugsweise besteht der Reservoirblock **132** aus einem porösen Material, beispielsweise einem offenzelligen wärmehärtbaren Kunststoff, wie z. B. einem Polyurethanschaum, einem gesinterten Polyethylen oder anderen funktional ähnlichen Materialien, die dem Fachmann auf diesem Gebiet bekannt

sind. Das Tintenstrahl-Lösungsmittel **130** ist vorzugsweise ein hygroskopisches Material, das Wasser aus der Luft absorbiert, weil Wasser ein gutes Lösungsmittel für die dargestellten Tinten ist. Geeignete hygroskopische Lösungsmittelmateriale umfassen Polyethylenglykol („PEG“), Lipponic-Ethylenglykol („LEG“), Diethylenglykol („DEG“), Glycerin oder andere Materialien, von denen ein Fachmann auf diesem Gebiet weiß, daß dieselben ähnliche Eigenschaften aufweisen. Diese hygroskopischen Materialien sind flüssige oder gelatineartige Zusammensetzungen, die während ausgedehnten Zeiträumen nicht leicht austrocknen, weil dieselben beinahe keinen Dampfdruck aufweisen. Für Darstellungszwecke wird der Reservoirblock **132** mit dem bevorzugten Tintenlösungsmittel, PEG, getränkt.

[0052] Um das Lösungsmittel **130** von dem Reservoir **132** zu liefern, umfaßt die Schwarzreinigungseinheit **80** einen Lösungsmittelaufbringer, der unter dem Reservoirblock **132** liegt

[0053] Die Reinigungseinheit **80–86** umfaßt außerdem ein Kappenhaltevorrichtungsbauglied **175**, das sich in der Z-Achsenrichtung bewegen kann, während dasselbe außerdem in der Lage ist, zwischen der X- und der Y-Achse zu kippen, was das Abdichten der Druckköpfe **60–66** unterstützt. Die Haltevorrichtung **175** weist außerdem eine obere Oberfläche **168** auf, die eine Reihe von Kanälen oder Durchgängen definieren kann, um als ein Entlüftungsweg zu wirken, um das Rückgängigmachen der Vorbereitung der Druckköpfe **60–66** bei der Abdichtung zu verhindern, wie es beispielsweise in der genehmigten US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/566,221 beschrieben ist, die derzeit der Anmelderin der vorliegenden Erfindung, der Hewlett-Packard Company, zugewiesen ist.

[0054] Die Reinigungseinheit **80–86** umfaßt außerdem einen Schnauzenwischer **190** zum Reinigen eines nach hinten zeigenden vertikalen Wandabschnitts der Druckköpfe **60–66**, der zu einem elektrischen Verbindungsabschnitt der Stifte **50–56** führt. Der Schnauzenwischer **190** umfaßt einen Basisabschnitt **192**, der in einer Schnauzenwischerbefestigungsgrille **194** aufgenommen wird, die durch die Abdeckung **180** definiert ist. Obwohl der Schnauzenwischer **190** kombinierte runde und eckige Wischkanten aufweisen kann, wie es vorher für die Wischerblätter **126** und **128** beschrieben wurde, werden stumpfe rechteckige Wischkanten bevorzugt, da es nicht nötig ist, daß der Schnauzenwischer Tinte von den Düsen extrahiert. Die Einheitsabdeckung umfaßt außerdem eine Lösungsmittelaufbringerhaube **195**, die das äußerste Ende des Lösungsmittelaufbringerdichts **135** und den Lippenabschnitt **140** der Dichtfeder **138** schützt, wenn dieselben zusammengebaut sind.

[0055] Mit Bezugnahme auf **Fig. 4** hierin ist schematisch ein allgemeiner Druckkopf und eine verbesserte Tropfenerfassungsvorrichtung gemäß spezifischen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung dargestellt. Ein Druckkopf **400**, der sich auf jedem der Druckköpfe **60–66** bezieht, umfaßt eine Anordnung von Druckerdüsen **410**. Vorzugsweise besteht der Druckkopf **400** aus zwei Reihen von Druckerdüsen **410**, wobei jede Reihe **524** Druckerdüsen enthält. Gemäß einem spezifischen Verfahren der vorliegenden Erfindung sind die Druckerdüsen in einer ersten Reihe mit ungeraden Zahlen bezeichnet und die Druckerdüsen in einer zweiten Reihe sind mit geraden Zahlen bezeichnet. Vorzugsweise ist ein Abstand **490** zwischen entsprechenden Düsen der ersten und der zweiten Reihe in der Größenordnung von 4 mm, und ein Abstand zwischen benachbarten Druckerdüsen **495** in einer gleichen Reihe ist 2/600 Zoll. Es gibt einen Versatz von 1/600 Zoll zwischen unmittelbar benachbarten Düsen in der ersten und der zweiten Reihe des Druckkopfs, was eine gedruckte Auflösung von 600 Punkten pro Zoll ergibt.

[0056] Der Druckkopf **400** ist konfiguriert, um auf das Empfangen eines Befehls von dem Drucker hin einen einzigen Tintentropfen **480** von einer einzigen Düse der Mehrzahl von Düsen zu sprühen oder auszustoßen.

[0057] Jede Düse **410** der Mehrzahl von Düsen, die der Drucker **400** umfaßt, sind gemäß dem besten Modus, der hierin präsentiert wird, konfigurierbar, um ansprechend auf einen Befehl von dem Druckergerät eine Sequenz von Tintentröpfchen freizugeben. Zusätzlich zu dem Druckkopf **400** ist auch eine Tintentröpfchenerfassungseinrichtung enthalten, die ein Gehäuse **460** umfaßt, das eine Hochintensitätsinfrarotlichtemittierende Diode enthält; ein Detektorgehäuse **450**, das einen Photodiodendetektor und ein längliches im wesentlichen gerades starres Bauglied **470** enthält. Das Emittiergehäuse **460**, der Stab **470** und das Detektorgehäuse **450** umfassen alle eine starre Positioniereinrichtung, die konfiguriert ist, um die Hochintensitätsinfrarotlicht-emittierende Diode bezüglich des Photodiodendetektors aktiv zu positionieren.

[0058] Der Druckkopf **400** und die starre Positioniereinrichtung **460**, **470** und **450** sind bezüglich zueinander ausgerichtet, so daß ein Weg, der von einem Tintentröpfchen **480** verfolgt wird, das von einer Düse der Mehrzahl von Düsen gesprüht wird, die der Druckkopf **400** umfaßt, zwischen dem Emittiergehäuse **460** und dem Detektorgehäuse **450** verläuft.

[0059] Die Hochintensitätsinfrarotlicht-emittierende Diode, die in dem Emittiergehäuse **460** enthalten ist, ist in einem transparenten Kunststoffmaterialgehäuse eingehüllt. Das transparente Kunststoffmaterialgehäuse ist konfiguriert, um das Licht, das durch die lichtemittierende Diode emittiert wird, in einen Lichtstrahl zu kollimieren. Gemäß dem besten Modus, der hierin beschrieben ist, verläuft der kollimierte Lichtstrahl, der durch die Hochintensitätsinfrarot-LED emittiert wird, die in dem Emittiergehäuse **460** enthalten ist, über eine Apertur **461**. Der kollimierte Lichtstrahl von dem Emittiergehäuse **460** wird durch die Apertur **451** in das Detektorgehäuse **450** eingelassen. Der Lichtstrahl, der in das Detektorgehäuse **450** eingelassen wird, beleuchtet den Photodiodendetektor, der in dem Detektorgehäuse **450** enthalten ist. Ein von einer Düse **410** gesprühtes Tintentröpf-

chen **480**, das in den kollimierten Lichtstrahl eintritt, der sich zwischen den Aperturen **461** und **451** erstreckt, bewirkt eine Verringerung bei der Lichtmenge, die in die Apertur **451** eintritt, und trifft somit die Photodiode, die in dem Detektorgehäuse **450** enthalten ist. Tintentröpfchen werden nur erfaßt, wenn sie durch eine effektive Erfassungszone in dem kollimierten Lichtstrahl verlaufen, der eine schmalere Breite aufweist als eine Breite des kollimierten Lichtstrahls. Vorzugsweise ist die Breite der effektiven Erfassungszone **462** 2 mm. Eine Breite **463** der Emittergehäuseöffnung **461** und eine gleiche Breite der Detektorgehäuseöffnung **451** sind vorzugsweise 1,7 mm. Vorzugsweise liegt eine Hauptlänge des kollimierten Lichtstrahls transversal zu und im wesentlichen senkrecht zu der Abfeuerungsrichtung der Düsen des Druckkopfs.

[0060] Tintentröpfchen werden vorzugsweise mit einer Anfangsgeschwindigkeit in dem Bereich von 10 bis 16 Metern pro Sekunde von den Düsen injiziert. Aufgrund von Effekten des Luftwiderstands, wird die Anfangsgeschwindigkeit der Tintentröpfchen, die die Düsen verlassen, fortlaufend reduziert, je weiter sich jedes Tintentröpfchen von dem Druckkopf bewegt. Eine Sequenz von vier Tintentröpfchen, die von einer Düse abgefeuert werden, wobei die Tröpfchen eine Anfangsgeschwindigkeit von 16 Metern pro Sekunde aufweisen und eine Verzögerung zwischen dem Abfeuern jedes Tröpfchens von 83 Mikrosekunden, wie es hierin oben beschrieben wurde, würde einen Gesamtabstand von dem ersten Tintentröpfchen zu dem vierten Tintentröpfchen von etwa 4 mm einnehmen, unmittelbar nachdem das vierte Tröpfchen von der Düse ausgestoßen wird. Falls der Abstand zwischen dem ersten Tintentröpfchen und dem vierten Tintentröpfchen einer Sequenz von Tintentröpfchen, die von einer Düse abgefeuert werden, größer ist als die Breite der effektiven Erfassungszone in dem kollimierten Lichtstrahl, dann kann es sein, daß einige Tröpfchen unerfaßt bleiben. Eine Konsequenz des progressiven Verlangsamens aufgrund des Luftwiderstands einer Sequenz von Tintentröpfchen, die von einer Düse abgefeuert werden, ist, daß sich der Abstand zwischen jedem Tröpfchen der Sequenz von Tröpfchen verringert.

[0061] Um die Wahrscheinlichkeit zu maximieren, jedes Tröpfchen zu erfassen, das die Sequenz von Tröpfchen umfaßt, die von einer Düse abgefeuert werden, ist es wichtig, daß die Breite der effektiven Erfassungszone größer ist als der entsprechende Abstand zwischen dem ersten und dem letzten Tröpfchen, wenn die Tröpfchen durch die effektive Erfassungszone verlaufen. Der Abstand zwischen dem ersten und dem letzten Tröpfchen der Sequenz von Tröpfchen in der effektiven Erfassungszone wird durch Parameter bestimmt, die folgende umfassen:

- die Anfangsausstoßgeschwindigkeit von Tintentröpfchen von einer Düse in dem Druckkopf; und
- den Abstand von einem Düsenausgang eines Druckkopfs und der effektiven Erfassungszone.

[0062] Für eine gegebene Anfangsausstoßgeschwindigkeit von Tröpfchen, die die Düsen des Druckkopfs verlassen, muß die effektive Erfassungszone um so breiter sein, je näher der Druckkopf zu der effektiven Erfassungszone bewegt wird. Das Erhöhen der Breite der effektiven Erfassungszone macht jedoch eine proportionale Erhöhung der Zeit notwendig, zwischen dem Abfeuern des Tintentröpfchens von benachbarten Düsen, und erhöht dadurch die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um eine Tropfenerfassung gemäß dem besten Modus durchzuführen, der hierin präsentiert wird. Falls umgekehrt der Abstand zwischen dem Druckkopf und der effektiven Erfassungszone zu groß ist, dann kann für eine bestimmte Breite der effektiven Erfassungszone der Abstand zwischen dem ersten und dem letzten Tintentröpfchen der Sequenz von Tintentröpfchen wesentlich kleiner sein als diese gegebene Breite, und somit gibt es die Wahrscheinlichkeit, daß ein Tröpfchen, das von einer benachbarten Düse abgefeuert wird, fälschlicherweise gleichzeitig mit der Sequenz von Tintentröpfchen erfaßt wird, die von der Düse ausgestoßen werden, die derzeit getestet wird. Außerdem erhöht das Erhöhen des Abstands zwischen dem Druckkopf und der effektiven Erfassungszone erneut die Zeitdauer zwischen Sequenzen von Tintentröpfchen von benachbarten Düsen des Druckkopfs und erhöht dadurch die Gesamtzeit, die vor der Tropfenerfassung erforderlich ist. Somit ist es notwendig, die verschiedenen Parameter zu optimieren, beispielsweise die effektive Erfassungszonenbreite und den Abstand von dem Druckkopf zu der effektiven Erfassungszone, um die Wahrscheinlichkeit zu minimieren, gleichzeitig Tröpfchen zu erfassen, die von benachbarten Düsen des Druckkopfs ausgestoßen werden, während gleichzeitig die Gesamtzeit minimiert wird, die erforderlich ist, um Tropfenerfassung durchzuführen. Die Optimierung kann experimentell durchgeführt werden.

[0063] Mit Bezugnahme auf **Fig. 5** sind schematisch die Funktionsblöcke dargestellt, die die verbesserte Tropfenerfassung gemäß dem hierin präsentierten besten Modus umfassen. Die Hochintensitätsinfrarot-LED **540** emittiert Licht **500**, das durch den Photodiodendetektor **560** absorbiert wird. Der Ausgangsstrom des Photodiodendetektors **560** wird durch einen Verstärker **510** verstärkt. Außerdem ist der Verstärker **510** konfiguriert, um einen Treiberstrom zu der Hochintensitätsinfrarot-LED **540** zu erhöhen, ansprechend auf eine Verringerung bei dem Ausgangsstrom des Photodiodendetektors **560**, und einen Eingangsstrom in die Hochintensitätsinfrarot-LED **540** zu verringern, ansprechend auf eine Erhöhung des Ausgangsstroms des Photodiodendetektors **560** über den Signalweg **515**. Ein verstärkter Ausgangsstrom des Verstärkers **510** wird dann in einen Analog-Digital- (A/D-) Wandler **520** eingegeben. Der A/D-Wandler **520** tastet den verstärkten Ausgangsstrom der Photodiode ab. Vorzugsweise tastet der A/D-Wandler **520** den verstärkten Ausgangsstrom **64** mal mit einer

Abtastfrequenz von 40 kHz ab. Die Periode zwischen den Abtastwerten ist vorzugsweise 25 Mikrosekunden, was eine Gesamtabtastzeit von 1,6 Millisekunden ergibt. Die **64** Abtastwerte des Ausgangsstroms der Photodiode **560** werden in einer Speichervorrichtung in der Tropfenerfassungseinheit **530** gespeichert.

[0064] Gemäß dem besten Modus, der hierin präsentiert wird, verarbeitet die Tropfenerfassungseinheit **530** den abgetasteten Ausgangsstrom des Photodiodendetektors **560**, um zu bestimmen, ob ein Tintentröpfchen den kollimierten Lichtstrahl zwischen der Hochintensitätsinfrarot-LED **540** und dem Photodiodendetektor **560** überkreuzt hat oder nicht.

[0065] Die Analyse des Ausgangsstroms des Photodiodendetektors **560** ermöglicht es, daß Betriebscharakteristika der Druckerdüsen bestimmt werden.

[0066] Die Tropfenerfassungseinheit **530** kann auch konfiguriert sein, um in einer Speichervorrichtung eine Anzeige zu speichern, ob eine Düse der Mehrzahl von Düsen, die der Druckkopf **400** umfaßt, „gut“ oder „schlecht“ ist oder nicht.

[0067] Gemäß dem besten Modus, der hierin präsentiert ist, prüft das Druckergerät vor dem Drucken einer Seite die Düsen, die der Druckkopf **400** enthält, durch Durchführen einer Sequenz von Operationen, die hierin nachfolgend als Tropfenerfassung bezeichnet werden. Jede Düse in einer Reihe von Düsen sprüht abwechselnd eine vorbestimmte Sequenz von Tintentröpfchen, so daß nur eine Düse Tintentröpfchen zu einem Zeitpunkt sprüht. Jede Düse innerhalb der Mehrzahl von Düsen, die der Druckkopf umfaßt, ist eindeutig durch eine Zahl identifiziert. Vorzugsweise wird eine erste Reihe von Düsen durch eine fortlaufende Reihe von ungeraden Zahlen zwischen **1** und **523** identifiziert, und eine zweite Reihe von Düsen wird durch eine fortlaufende Reihe von geraden Zahlen zwischen **2** und **524** identifiziert. Während der Tropfenerfassung sprühen die mit ungeraden Zahlen versehenen Düsen in einer Reihe eine vorbestimmte Sequenz von Tintentröpfchen, und dann wird der Druckkopf **400** bewegt, um die zweite Reihe von Düsen mit der effektiven Erfassungszone **462** auszurichten. Jede mit einer geraden Zahl versehene Düse sprüht wiederum eine gleiche vorbestimmte Sequenz von Tintentröpfchen.

[0068] Um die Signalausgabe des Photodiodendetektors zu maximieren, wird die vorbestimmte Sequenz von Tintentröpfchen zeitlich abgestimmt, so daß alle der Tintentröpfchen innerhalb der vorbestimmten Sequenz im wesentlichen im gleichen Moment innerhalb des kollimierten Lichtstrahls sind. Um an dem Ausgang des Photodiodendetektors **560** ein Signal zu erzeugen, das von dem Hintergrundrauschen unterscheidbar ist, gibt es ein minimales Tintenvolumen, das gleichzeitig den kollimierten Lichtstrahl verdecken muß. Vorzugsweise liegt das Gesamtvolumen der Tintentröpfchen, die gleichzeitig in dem kollimierten Lichtstrahl positioniert sind, in dem Bereich von 30 bis 100 pl. Somit umfaßt bei einem einfarbigen Stift eines Druckers, der ein Tintentröpfchen mit einem Volumen von 35 pl erzeugt, die vorbestimmte Sequenz zwei Tintentröpfchen, die durch eine Periode von 83 Mikrosekunden getrennt sind. Der Betrieb des Sprühens einer vorbestimmten Sequenz von Tintentröpfchen ist auch als „Auswerfen“ bekannt. Die Zeitdauer von 83 Mikrosekunden entspricht einer Auswurf Frequenz von 12 kHz. Die Auswurf Frequenz ist hierin auch als eine Ausstoßfrequenz bekannt. Bei Druckergeräten, die konfiguriert sind, um Farbdrucke zu erzeugen, hat jedes Tintentröpfchen ein Volumen von 11 Picolitern und somit ist die Anzahl der Tröpfchen, die gleichzeitig in dem kollimierten Lichtstrahl liegen müssen, zum Erzielen eines Gesamtintentröpfchenvolumens in dem Lichtstrahl von 44 Picolitern. Vorzugsweise ist die Auswurf Frequenz für Tintentröpfchen in Druckergeräten, die konfiguriert sind, um Farbdrucke zu erzeugen, 12 kHz. Für einen Fachmann auf diesem Gebiet ist klar, daß ein allgemeines Verfahren, das hierin offenbart ist, an Druckergeräte angewendet werden kann, die andere Tintentröpfchenvolumen und Auswurf Frequenzen haben.

[0069] Mit Bezugnahme auf **Fig. 6** ist graphisch beispielhaft eine Ausgabe eines A/D-Wandlers **520** dargestellt, die ein Signal **610** darstellt, das durch ein einzelnes Tröpfchen der vorbestimmten Sequenz von Tintentröpfchen erzeugt wird, die den kollimierten Lichtstrahl zwischen dem Hochintensitätsinfrarot-LED **540** und der Photodiode **560** kreuzt. Mit Bezugnahme auf **Fig. 6** wird zu einem Zeitpunkt 0 Millisekunden (ms) ein erstes Tröpfchen einer vorbestimmten Sequenz von Tröpfchen von einer Düse gesprüht. Nach einer Verzögerung von 0,2 ms, um es den Tröpfchen zu erlauben, von der Düse zu dem kollimierten Lichtstrahl zu verlaufen, beginnt der A/D-Wandler **520** das Abtasten des verstärkten Ausgangssignals des Photodiodendetektors **560**. Die Zeitverzögerung von 0,2 ms ist auch als Flugzeit bekannt. Von etwa 0,4–0,6 ms fällt der Ausgangsstrom des Photodiodendetektors **560**, da die vorbestimmte Sequenz von Tintentröpfchen Licht blockiert, das in die Photodiode eindringt. Bei etwa 0,65 ms erhöht sich der abgetastete Ausgangsstrom des Photodiodendetektors **560** ansprechend auf einen erhöhten Eingangsstrom in die Hochintensitätsinfrarot-LED **540** als Folge eines verringerten Ausgangsstroms des Photodiodendetektors **560**, wie es hierin oben beschrieben ist. Das analoge Ausgangssignal des Verstärkers **510** wird regelmäßig bei einer Abtastfrequenz in dem Bereich von 30 kHz bis 50 kHz abgetastet und vorzugsweise bei 40 kHz, durch den Analog/Digital-Wandler **520**. Die Tropfenerfassungseinheit **530** gibt einen Strom von 64 digitalen Abtastwerten mit verschiedenen Amplituden ein, die das Pulssignal **510** darstellen, das sich von dem Durchgang des Tintentropfens entlang dem Detektor ergibt. Die Quantisierung des Amplitudenelements des Pulssignals kann in dem A/D-Wandler **520** implementiert sein, oder in dem Tropfendetektor **530**, um eine Messung einer Amplitude jedes Abtastwerts der **64** Abtastwerte des einzi-

gen Pulssignals zu erzeugen, das sich von dem Tintentropfen ergibt. Das Spitze-zu-Spitze-Signal **620** entspricht einer Differenz zwischen einer höchsten Anzahl von Zählwerten, die abgetastet werden, und einer niedrigsten Anzahl von Zählwerten, die abgetastet werden, wobei ein Zählwert eine Quantisierungseinheit von Strom oder Spannung des Detektorausgangssignals ist. Vorzugsweise quantisiert der A/D-Wandler **520** den Strom oder die Spannung des Detektorausgangssignals in ein 8-Bit-Digitalsignal. Somit kann gemäß dem besten Modus, der hierin präsentiert ist, der Strom oder die Spannung des Detektorausgangssignals durch ein Maximum von 256 Zählwerten dargestellt werden.

[0070] Eine Düse wird als ordnungsgemäß funktionierend bestimmt, falls nach dem Sprühen eines oder einer Mehrzahl von Tintentröpfchen von der Düse in einer vorbestimmten Sequenz, der Spitze-zu-Spitze-Signalpegel, der sich von einem oder einer Mehrzahl von Tintentröpfchen ergibt, größer ist als ein Schwellenwert. Es ist wichtig, einen Schwellenwertpegel zu wählen, der außerhalb des Bereichs der natürlichen Variabilität der gemessenen Spitze-zu-Spitze-Amplitudenschwankung des Detektorausgangssignals **620** liegt, und der auch außerhalb des Bereichs der Variabilität des Rauschens liegt, das in das System eingeführt wird, beispielsweise durch die Photodiode **560** und den Verstärker **510**.

[0071] Mit Bezugnahme auf **Fig. 7** hierin sind graphisch typische A/D-Zählwerte für Spitze-zu-Spitze-Signale **730** dargestellt, für die Mehrzahl von Düsen, die ein Druckkopf umfaßt, ein durchschnittlicher Rauschpegel für Rauschen, das durch die Photodiode eingeführt wird, usw. **710**, und eine schraffierte Region **720** dargestellt, die den Bereich von Schwellenwerten darstellt, der bei dem Tropfenerfassungsalgorithmus verwendet werden könnte. Die gestrichelte Linie **730** stellt für jede Düse eine Spitze-zu-Spitze-Amplitude von einem oder mehreren Signalen dar, die einem oder mehreren Tintentröpfchen entsprechen, die von der Düse ausgestoßen werden. Bei einer optimalen Implementierung ist es ein Ziel, eine zuverlässige Spitze-zu-Spitze-Lesung von einem einzigen Signalpuls zu erhalten, der durch den Durchgang eines einzigen Tintentröpfchens erzeugt wird, das von einer Düse ausgestoßen wird, so daß ein zuverlässiger Druckkopf von nur einem Tintentröpfchen pro Düse, das ausgestoßen wird, erhalten werden kann. Somit wird bei der beispielhaften Düsencharakteristik von **Fig. 7** Idealerweise die gestrichelte Linie **730** der Spitze-zu-Spitze-Signale für einen 525-Düsen-Druckkopf durch **525** Tintentröpfchen (einen pro Düse) und **525** entsprechende Pulssignale **610** erzeugt, die jeweils in 64 quantisierte Abtastwerte abgetastet sind. Das Signal/Rausch-Verhältnis des erfaßten Signals für ein einziges Tröpfchen hängt jedoch von dem Volumen des Tintentröpfchens ab. Je größer das Tintentröpfchen ist, um so besser ist das Signal/Rausch-Verhältnis. Um eine verbesserte Zuverlässigkeit auf Kosten der Geschwindigkeit des Testens zu erreichen, kann die Druckkopfcharakteristik **730** durch Mittelwertbilden des Spitze-zu-Spitze-Signals einer Mehrzahl von Pulsen, die durch eine entsprechende Mehrzahl von Tröpfchen erzeugt werden, die von der Düse ausgestoßen werden, für jede Düse erzeugt werden. Bei dem besten Modus hierin werden in einer Testsequenz zwei Pulse pro Druckdüse ausgestoßen, daher wird für einen 525-Düsen-Druckkopf die Druckkopfcharakteristik **730** durch Analysieren von 1.050 Tintentröpfchen erzeugt, jeweils mit einem Volumen von 35 Picolitern. Alternativ müssen durch Reduzieren des Tröpfchenvolumens auf 11 Picoliter vier Tintentröpfchen pro Düse ausgestoßen und erfaßt werden, um ein durchschnittliches Spitze-zu-Spitze-Pulsantwortsignal für jede Düse zu bestimmen. Somit werden für 11 Picolitertröpfchen für ein 525-Düsen-Array 2.100 einzelne Tintentröpfchen einer Testsequenz ausgestoßen, vier pro Düse, um eine Druckkopfcharakteristik **730** zu liefern, die ausreichend von dem Hintergrundrauschen getrennt ist, wobei das Spitze-zu-Spitze-Signal für jede Düse von einer Mehrzahl von Signalpulsen bestimmt wird, die durch eine Mehrzahl von Tintentröpfchen erzeugt werden, die von der Düse ausgestoßen werden.

[0072] Vorzugsweise beträgt der Schwellenwert der Spitze-zu-Spitze-Anzahl von Zählwerten, der verwendet wird, um zu bestimmen, ob eine Düse ordnungsgemäß funktioniert oder nicht, 45 A/D-Zählwerte. Dieser Schwellenwert wird durch Verwenden der folgenden Beschränkungen erstellt

1. Die Wahrscheinlichkeit des falschen Erfassens eines guten Tropfens von dem Rauschpegel ist geringer als 0,001 Teile pro Million. Um diese Spezifikation zu erreichen, sollte der Schwellenwertpegel vorzugsweise bei zumindest 6 Standardabweichungen über dem durchschnittlichen Rauschpegel eingestellt werden. Dies ergibt einen minimalen Schwellenwertpegel von etwa 25 A/D-Zählwerten.
2. Die Wahrscheinlichkeit, daß eine korrekt funktionierende Düse versehentlich verpaßt wird, ist geringer als 1 Teil pro Million. Um diese Spezifikation zu erreichen, muß der Schwellenwertpegel um 5 Standardabweichungen zwischen dem mittleren Spitze-zu-Spitze-Signalpegel liegen. Dies ergibt einen maximalen Schwellenwertpegel von etwa 55 A/D-Zählwerten.

[0073] Somit liegt die Wahl des Schwellenwertpegels von 45 A/D-Zählwerten etwa in der Mitte zwischen einem maximalen und einem minimalen Schwellenwertpegel, wobei der maximale und der minimale Wert berechnet werden unter der Annahme, daß sowohl der Rauschpegel als auch die Spitze-zu-Spitze-Zählwerte normal verteilt sind.

[0074] Mit Bezugnahme auf Tabelle 1 sind wichtige Parameter, gemäß dem besten Modus, der hierin beschrieben ist, zusammengefaßt.

Tabelle 1

Tropfenerfassungsalgorithmusparameter	Wert
Anzahl von Tropfen, die pro Düse abgefeuert werden	2 x 35 pl/4 x 11 pl
Auswurffrequenz	12 kHz
Signalabtastfrequenz	40 kHz
Gesamtzahl von Abtastwerten	64
Flugzeit	0,2 ms
Erfassungsschwellenwert	45 A/D

[0075] Mit Bezugnahme auf **Fig. 8** hierin ist schematisch ein Blockdiagramm der Schritte dargestellt, die auftreten, wenn ein Druckergerät ein Befehlssignal empfängt, um gemäß dem hierin beschriebenen besten Modus zu drucken. Es ist klar, daß der Druckkopf durch eine Reihe von Signalen gesteuert wird, die durch ein Druckkopftreibergerät erzeugt werden. Das Druckkopftreibergerät umfaßt einen Prozessor und einen zugeordneten Speicher, die gemäß einem Satz von Algorithmen arbeiten. Die Algorithmen können entweder als Hardware implementiert werden, die gemäß programmiert Befehlen arbeitet, die in Speicherpositionen gespeichert sind, oder als Firmware, bei der die Algorithmen explizit in ein physikalisches Layout von physikalischen Komponenten entworfen sein können. Die Prozeßschritte sind hierin in einer Weise beschrieben, die unabhängig von deren speziellen physikalischen Implementierung ist, und die physikalische Implementierung solcher Prozeßschritte ist für einen Fachmann auf diesem Gebiet verständlich. In Schritt **800** empfängt das Druckergerät einen Befehl, eine Seite zu drucken. In Schritt **805** führt der Drucker eine Tropfenerfassungsprozedur durch, die das Sprühen einer vorbestimmten Sequenz von Tintentröpfchen von jeder Düse abwechselnd umfaßt, wenn versucht wird, die gesprühten Tintentröpfchen zu erfassen. In Schritt **810** werden die identifizierten Zahlen von Düsen, die während der Tropfenerfassung als nicht korrekt funktionierend entdeckt wurden, die auch als „schlechte“ Düsen bekannt sind, in einer Speichervorrichtung gespeichert. Falls in Schritt **815** die Anzahl von schlechten Düsen größer ist als eine Schwellenwertzahl, dann führt das Druckergerät in dem Schritt **820** eine automatische Druckkopfintervention durch. Das Durchführen einer automatischen Druckkopfintervention **820** kann das erhöhte Reinigen der schlechten Düsen umfassen, in einem Versuch, dieselben wiederherzustellen. Außerdem kann der Schritt **820** ferner die Schritte des Erzeugens von Fehlerversteckinformationen umfassen, durch die während einer Druckoperation gute Düsen erneut verwendet werden, um anstatt den nichtfunktionierenden Düsen eine vorbestimmte Sequenz von Tintentröpfchen zu sprühen, und dadurch die Druckqualität zu verbessern. Falls in Schritt **815** die Anzahl von schlechten Düsen geringer ist als eine gleiche Schwellenwertzahl, dann beginnt das Druckergerät in Schritt **825** zu drucken. Vorzugsweise wird der Schritt des Durchführens einer automatischen Druckkopfintervention **820** eingeleitet, falls während einer letzten festen Anzahl von Tropfenerfassungen die Anzahl der schlechten Düsen größer war als der Schwellenwertpegel. Vorzugsweise ist die feste Anzahl von vorhergehenden Tropfenerfassungen **8**, **16** oder **64**.

[0076] Mit Bezugnahme auf **Fig. 9** hierin ist schematisch ein Blockdiagramm der Schritte dargestellt, die der Tropfenerfassungsschritt **805** umfaßt. In Schritt **900** wird eine Nummer, die eine aktuelle Düse der Mehrzahl von Düsen des Druckkopfs identifiziert, der unter Verwendung einer Tropfenerfassung getestet werden soll, gleich 1 gesetzt. In Schritt **905** wird die aktuelle Düse angewiesen, eine vorbestimmte Sequenz von Tröpfchen zu sprühen. Für einen Drucker, der konfigurierbar ist, um einfarbige Ausgaben zu erzeugen, umfaßt die vorbestimmte Sequenz vorzugsweise, wie es hierin oben beschrieben wurde, zwei Tröpfchen, die zeitlich durch eine Periode von 83 Mikrosekunden getrennt sind. Wo das Druckergerät konfigurierbar ist, um eine Farbausgabe zu erzeugen, umfaßt die vorbestimmte Sequenz vorzugsweise vier Tröpfchen, die durch eine gleiche Zeitdauer von 83 Mikrosekunden beabstandet sind. In Schritt **910** gibt es eine Verzögerung von 0,2 Millisekunden, die im wesentlichen im gleichen Zeitpunkt beginnt, zu dem ein erstes Tröpfchen der vorbestimmten Sequenz von Tröpfchen die aktuelle Düse verläßt. Diese Verzögerung ermöglicht es, daß die Tröpfchen in den Infrarotlichtstrahl eindringen, der sich zwischen dem Emittiergehäuse **460** und dem Empfängergehäuse **450** erstreckt, bevor der Ausgangsstrom des Photodiodendetektors **560** gemessen wird. Diese Verzögerungszeit ist auch als „Flug“-Zeit bekannt. In Schritt **915** mißt der A/D-Wandler 520 ein verstärktes Ausgangssignal des Photodiodendetektors **560**. Vorzugsweise tastet der A/D-Wandler 520 das verstärkte Ausgangssignal des Photodiodendetektors **560** 64 mal mit einer gleichen Zeitdauer von 25 Mikrosekunden zwischen jeder Messung ab. Dies entspricht einer Signalabtastfrequenz von 40 kHz. In Schritt **920** werden die Abtastwerte unter Verwendung eines Algorithmus verarbeitet, um die Spitze-zu-Spitze-Zählwerte zu bestimmen, die verwendet werden, um zwi-

schen Erfassung und Nichterfassung von Tintentröpfchen zu unterscheiden, die von der aktuellen Düse gesprüht werden. Jede Düse empfängt ein Antriebssignal, das bewirkt, daß die Düse eine Anzahl von Tintentröpfchen freigibt, die einem vorbestimmten Tintenvolumen entspricht, vorzugsweise in dem Bereich von 30–100 Picoliter. Das Tintenvolumen ist so ausgewählt, daß entweder ein einzelnes Tintentröpfchen von zumindest dem vorbestimmten Volumen ein Detektorsignal erzeugt, das ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis aufweist, um die Erfassung des Tropfens zuverlässig zu bestimmen, und/oder, so daß eine Reihe von zwei oder mehr Tröpfchen, die ein kombiniertes Volumen aufweisen, das zumindest das vorbestimmte Volumen aufweist, zu einer Reihe von erfaßten Signalpulsen führt, die, wenn sie zusammen analysiert werden, ein Signal-Rausch-Verhältnis aufweisen, das ausreicht, um einen zufriedenstellenden Betrieb der Düse zuverlässig zu bestimmen. Es wurde experimentell herausgefunden, wie es hierin oben in dieser Beschreibung beschrieben ist, daß bei dem besten Modus ein vorbestimmtes Volumen von etwa 70 Picolitern, geteilt in zwei aufeinanderfolgend freigegebene Tröpfchen, optimal zum Charakterisieren einer Düse ist, die schwarze Tinte freigibt, und ein vorbestimmtes Volumen von etwa 44 Picolitern, das in vier aufeinanderfolgend freigegebene Tröpfchen enthalten ist, optimal zum Charakterisieren einer Düse ist, die farbige Tinte freigibt, von einer anderen Farbe als schwarz. In dem Schritt **923** wird die Zahl, die die aktuelle Düse identifiziert, um 2 inkrementiert. Dadurch werden die Düsen-Nr. 1, 3, 5, ..., 523, die die erste Reihe umfaßt, nach einer korrekten Funktionalität getestet, gemäß dem besten Modus, der hierin präsentiert wird. Falls in Schritt **925** die Nummer, die die aktuelle Düse identifiziert, geringer ist als **524**, dann werden die Schritte **905–925** für die nächste Düse wiederholt. Falls in Schritt **940** die Nummer, die die aktuelle Düse identifiziert, **524** ist, dann ist der Tropfenerfassung-Durchführen-Schritt **805** abgeschlossen. Andernfalls wird der Druckkopf **400** in Schritt **930** bewegt, um sicherzustellen, daß Tröpfchen, die von der zweiten Reihe von geradzahligem Düsen gesprüht werden, durch die effektive Erfassungszone des Infrarotlichtstrahls verläuft. In Schritt **935** wird die Nummer, die die aktuelle Düse identifiziert, gleich 2 gesetzt, und die Schritte **905–925** werden für die geradzahligem Düsen wiederholt, die die zweite Reihe des Druckkopfs umfaßt.

[0077] Mit Bezugnahme auf Fig. 10 hierin ist schematisch ein Flußdiagramm dargestellt, das die Schritte, die in Schritt **920** von Fig. 9 beteiligt sind, näher darstellt. In dem Schritt **1005** wird ein minimaler Zählpegel, der durch den A/D-Wandler **520** abgetastet wird, der den Ausgangsstrom der Photodiode **560** abtastet, identifiziert. In Schritt **1010** wird ein maximaler Zählpegel, der dem Spitzen-Ausgangsstrom von dem Photodiodendetektor **560** entspricht, identifiziert. In Schritt **1015** werden die Spitze-zu-Spitze-Zählwerte berechnet, durch Bilden einer Differenz zwischen dem maximalen Zählwertpegel und dem minimalen Zählwertpegel. In dem besten Modus hierin wird diese Verarbeitung durch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) durchgeführt, die Befehle ausführt, die in einem Nur-Lese-Speicher gespeichert sind.

[0078] Mit Bezugnahme auf Tabelle 2 hierin sind die minimalen Erfassungszeiten zusammengefaßt, die erforderlich sind, um die **524** Düsen zu prüfen, die ein Druckkopf umfaßt. Die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um einen Stift zu prüfen, der **524** Düsen umfaßt, in einem Druckergerät, das konfiguriert ist, um einfarbige Drucke zu drucken, ist in der Größenordnung von 2 Sekunden. Etwa 1 Sekunde ist erforderlich, um die Düsen bezüglich der Tropfenerfassungseinheit in Position zu bewegen, und eine weitere Periode von etwa 1 Sekunde ist erforderlich, um Tropfenerfassung auf den **524** Düsen durchzuführen. Gleichartig dazu ist die Zeit, die für das verbesserte Tropfenerfassungsverfahren und die Vorrichtung erforderlich ist, um die 2.096 Düsen zu testen, die vier Stiften in einem Druckergerät entsprechen, das konfiguriert ist, um Farbdrucke zu erzeugen, in der Größenordnung von 5 Sekunden. Dies stellt eine wesentliche Verbesserung im Vergleich zu herkömmlichen Tropfenerfassungsverfahren dar, wo typischerweise 25 Sekunden erforderlich waren, um 600 Düsen zu bewerten.

Tabelle 2

Tropfenerfassungsdurchsatz	Sekunden
Einfarbige Drucke (1 Stift)	2
Farbdrucke (4 Stifte)	5

[0079] Das Reduzieren der Zeit, die erforderlich ist, um die einzelnen Düsen einer Mehrzahl von Düsen zu testen, die ein Druckkopf umfaßt, reduziert die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um einen Druckkopf zu testen. Eine Verringerung der Zeit, die erforderlich ist, um einen Druckkopf zu testen, entspricht auch einer Erhöhung bei dem Tropfenerfassungsdurchsatz. Ein erhöhter Tropfenerfassungsdurchsatz führt zu den folgenden Verbesserungen:

- es ist möglich, eine erhöhte Anzahl von Tests jeder Düse von der Mehrzahl von Düsen durchzuführen, ohne die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um eine Seite zu drucken, wesentlich zu beeinträchtigen;
- das Erhöhen der Anzahl von Tests an jeder Düse verbessert die Zuverlässigkeit des Druckkopfs, da dies eine aktuellere Kenntnis des Zustands der Druckköpfe ergibt;

- eine genaue Kenntnis der schlecht funktionierenden Düsen verbessert den Betrieb der Fehlerversteckdruckmodi, die durch das Druckgerät durchgeführt werden. Fehlerversteckdruckmodi arbeiten durch Deaktivieren einer schlecht funktionierenden Düse und Wiederverwenden einer funktionierenden Düse, um statt derselben während einer Druckoperation zu drucken; und
- verbesserte Tests bezüglich der Funktionsweise von Düsen ermöglicht eine genauere Funktionsweise eines Satzes von Wartungsalgorithmen über das Druckergerät. Die Wartungsalgorithmen sind Sätze von Befehlen, die durchgeführt werden, bevor eine Seite gedruckt wird, während dem Drucken und nachdem eine Seite gedruckt wurde und entworfen sind, um einen korrekten Betrieb der Düsen beizubehalten, die der Druckkopf umfaßt. Eine verbesserte Wartung der Düsen führt zu einer verbesserten Betriebslebensdauer des Druckkopfs.

[0080] Nachfolgend wird mit Bezugnahme auf **Fig. 11** beschrieben, wie ein genauere Wartungs- oder Reinigungsprozeß implementiert werden kann, beispielsweise in dem Tintenstrahldrucker **20**.

[0081] Dieser Prozeß ermöglicht es, die Wartung auf der Basis der Düsengesundheitsinformationen einzustellen, die während der letzten acht verwendbaren Tropfenerfassungen gesammelt wurden, und nicht nur in der aktuellsten (die auch als „Aktuelle Tropfenerfassung“ bezeichnet wird), und es ermöglichen, zu zeigen, wie dauerhaft oder unwiederherstellbar die Ausfälle der Düsen sind. Es wäre für einen Fachmann auf diesem Gebiet klar, daß Informationen, die sich auf mehr als die letzten acht Tropfenerfassungen beziehen, gespeichert werden können, bis zu allen Tropfenerfassungen, die während der vollständigen Lebensdauer eines Druckers durchgeführt werden, um die Zuverlässigkeit dieses Prozesses zu verbessern.

[0082] Die folgenden Definitionen werden verwendet, um den Prozeß näher zu beschreiben:

[0083] D (historisches Tropfenerfassungsarray): Es enthält die Gesamtzahl von fehlerhaften Düsen, die in den letzten verwendbaren acht Tropfenerfassungen gefunden wurden, in chronologischer Reihenfolge

[0084] $D[7]$ ist die Gesamtzahl von Düsedefekten, die während der letzten Tropfenerfassung erfaßt wurde

[0085] $D[0]$ ist die Gesamtzahl von Düsedefekten, die vor acht verwendbaren Tropfenerfassungen erfaßt wurden.

[0086] D_{sort} (sortierte historische Tropfenerfassung): Enthält die gleichen Informationen wie D , aber in fortlaufender Reihenfolge von einer minimalen Anzahl von Düsen-Aus, die gefunden wurden - $D_{\text{sort}}[0]$ - bis zu der maximalen Anzahl - $D_{\text{sort}}[7]$ -.

[0087] DD_{ntes} (ntes Perzentil von D): Zeigt zu einem Wert, der in $D_{\text{sort}}[n]$ enthalten ist. Wird erhalten unter Verwendung von Lesen des D_p -Werts in D_{sort} . Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das verwendete Perzentil 50%, das durch Verwenden von $D_p = 3$ erhalten wird. Somit enthält DD_{ntes} das Ergebnis der Mediantropfenerfassung, außer den höheren Ausfallwerten, die in $D_{\text{sort}}[4] - D_{\text{sort}}[7]$ enthalten sind.

[0088] D_p (Zeigerindex): Identifiziert das DD_{ntes} Perzentil in dem D_{sort} -Vektor. Null bedeutet das Erste, 7 das Letzte. Wie bereits bei diesem Ausführungsbeispiel angemerkt wurde, ist dieser Wert 3.

[0089] DD_{Map} (Array des Ergebnisses der letzten Tropfenerfassung): Dieses Array zeigt den Status für jede Düse. Eine funktionierende Düse ist eine Null, eine schlecht funktionierende Düse ist eine Eins.

[0090] Der Klarheit halber sind eine Mehrzahl von DD_{Map} -Arrays in dem Speicher beibehalten, wobei jedes die Gesundheitsinformationen für jede der Düsen während einer anderen verwendbaren Tropfenerfassung enthält (z. B. wie es in der nächsten Tabelle 3 gezeigt ist), obwohl im Nachfolgenden, wenn sich die Beschreibung auf DD_{Map} bezieht, es die DD_{Map} ist, die sich auf die aktuellste Tropfenerfassung bezieht.

[0091] Perm_{Map} (Array der Düsen, die eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen, während dem nächsten Druck nach der letzten Tropfenerfassung auszufallen): Dieses Array enthält einen Wert von Null für eine funktionierende Düse und einen Wert von Eins für eine Düse, die als permanent defekt erfaßt wird.

[0092] $\text{Perm}_{\text{Score}}$ (Array der Zähler, die verwendet werden, um die Fortdauer der Düsengesundheitsprobleme nach der letzten Tropfenerfassung zu verfolgen): Dieses Array enthält den Wert, der jeder Düse gemäß den folgenden Regeln zugewiesen ist.

– WoundNozzleScore : Betrag, um den der $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ jedes Mal inkrementiert wird, wenn die Düse[j]-Prüfung am Anfang eines Drucks oder am Ende eines Drucks ausfällt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist dieser Wert 0.

– DeadNozzleScore : Betrag, um den $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ jedes Mal inkrementiert wird, wenn Nozzle[j]-Prüfung nach dem Durchführen einer Wiederherstellungswartung versagt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist dieser Wert +9.

– LivingNozzleScore : Betrag, um den $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ jedesmal reduziert wird, wenn Nozzle[j]-Prüfung OK ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist dieser Wert 20.

– NozzleKillScore : wenn $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ diesen Pegel erreicht, geht der Prozeß davon aus, daß Nozzle[j] einen permanenten Defekt erleidet und stellt $\text{Perm}_{\text{Map}}[j]$ auf 1 ein. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist dieser Pegel 50. $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ wird sich nicht erhöhen und wird bei dem NozzleKillScore -Pegel bleiben, falls Nozzle[j]-Prüfungen weiterhin versagen.

– $\text{NozzleResurrectScore}$: wenn $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ diesen Pegel erreicht, betrachtet der Prozeß Düse[j] als von dem permanenten Defekt wiederhergestellt und stellt $\text{Perm}_{\text{Map}}[j]$ auf 0 ein. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die-

ser Pegel 0. Gemäß diesem Schema wird eine Düse normalerweise von dem Perm_{Map} -Array entfernt, nachdem dieselbe während 3 aufeinanderfolgenden Tropfenerfassungen als funktionierend erfaßt wurde. Dies ermöglicht es, auch eine zwischenliegende Düse für eine längere Periode als aus zu markieren. $\text{Perm}_{\text{Score}}[j]$ wird nicht niedriger werden und wird auf dem NozzleResurrectScore-Pegel bleiben, falls $\text{Nozzle}[j]$ -Prüfungen weiterhin OK sind.

[0093] Um die Verwendung der obigen Parameter nachfolgend klarer zu machen, wird ein Beispiel mit einem Stift geliefert, der einen Druckkopf mit nur acht Düsen aufweist.

[0094] Bei der Anfangstropfenerfassung hat Perm_{Map} die folgenden Werte {1 0 0 0 0 0 1}, während das $\text{Perm}_{\text{Score}}$ -Array {30 0 0 0 42 15 5 50} aufweist. Dies bedeutet, daß die Düsen 1 und 8 als unter einem permanenten Defekt leidend identifiziert werden.

[0095] Die nächsten Tabellen 3, 4, 5 zeigen die Historie der letzten acht verwendbaren Tropfenerfassungen von der ältesten Tropfenerfassung 0 zu der aktuelleren 7. Bei den Tabellen entsprechen die Tropfenerfassungen 7, 4 und 1 Tropfenerfassungen, die an dem Ende des Druckens eines Drucks (EOP) durchgeführt werden, 6, 3 und 0 entsprechen Tropfenerfassungen, die vor dem Beginn des Druckens eines Drucks (BOP) durchgeführt werden, während 5 und 2 Tropfenerfassungen entsprechen, die nach dem Durchführen einer Wiederherstellungswartung (INT) durchgeführt werden.

Tabelle 3

	EOP	BOP	INT	EOP	BOP	INT	EOP	BOP
$\text{DD}_{\text{Map}}[j]$								
Düse	0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	1	0	0	1
6	0	1	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0	0	0
D	3	3	2	1	2	1	0	1
D_{sort}	1	1	1	1	2	2	3	3
D_p								3
DD_{50%}								1

Tabelle 4

Perm _{Score} [j]								
Düse	0	1	2	3	4	5	6	7
1	32	12	0	0	0	9	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	44	44	50	50	50	30	10	10
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50	50	50	30	10	0	0	0

Tabelle 5

Perm _{Map} [j]								
Düse	0	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	0	0	0

[0096] Am Ende der acht verwendbaren Tropfenerfassungen sind die Werte wie folgt: Perm_{Map} = { 0 0 0 0 1 0 0 0 }, Perm_{Score} = { 0 0 0 0 12 0 0 0 } und DD_{50%} = 1. Zu diesem Zeitpunkt wird nur die Düse 5 als permanent defekt angesehen.

[0097] Mit Bezugnahme auf **Fig. 11** wird der Wartungsprozeß, wie er bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung implementiert ist, der Einfachheit halber als auf die Wartung von einem Stift beschränkt beschrieben. Ein Fachmann auf diesem Gebiet wird erkennen, daß der gleiche Prozeß ohne wesentliche Modifikationen für den vollen Satz von Stiften durchgeführt werden kann, durch Durchführen einiger Schritte parallel auf den unterschiedlichen Stiften (z. B. Warten), und einige nacheinander (z. B. Tropfenerfassung) oder sogar alle parallel oder nacheinander.

[0098] Der Prozeß beginnt bei Schritt **1100**, wenn das Signal zum Beginnen eines Drucks an den Drucker 20 gesendet wird. In dieser Stufe wird ein leichter Wartungsschritt **1180** ausgeführt. Eine leichte Wartung kann herkömmlicherweise das Auswerfen einer vorbestimmten Anzahl von Tröpfchen in den Spucknapf **108** umfassen. Gemäß der Zeit, die der Stift in der Wartungsstation abgedeckt verblieb, kann eine höhere vorbestimmte Anzahl von Tröpfchen ausgestoßen werden und ein herkömmlicher Wischschrift kann auch hinzugefügt werden. Bei Schritt **1110** wird ein Tropfenerfassungsprozeß durchgeführt, und, wie es vorher beschrieben wurde, an dem Druckkopf **400** durchgeführt. Bei dem Test **1120** wird verifiziert, ob die Anzahl von Düsen aus dem nten Perzentil, bei diesem Ausführungsbeispiel **50**, der Tropfenerfassungshistorie unter einem vorbestimmten Wiederherstellungsschwellenwert liegt, hier 2, falls der Druckkopf sich auf den schwarzen Stift bezieht oder 6, falls sich der Druckkopf auf den für Farbstifte bezieht, oder die letzte Tropfenerfassung hat offenbart, daß eine aktuelle Anzahl von Düsen außer Betrieb kleiner ist als ein vorbestimmter Lebensdauerende-Schwellenwert. Die-

ser ist hier gleich 5 für schwarze Stifte und gleich 8 für Farbstifte. Falls das Ergebnis des Tests **1140** JA ist, verläuft der Prozeß zu Schritt **1140**, wo der Drucker den Druck druckt. Falls das Ergebnis NEIN ist, verläuft die Steuerung zu Test **1130**. In **1130** werden die Düsen, die in DD_{Map} präsent sind und nicht in $Perm_{Map}$, gezählt und summiert. Falls diese Summe kleiner ist als ein vorbestimmter Permanente-Düsen-Außer-Betrieb-Schwellenwert, verläuft die Steuerung erneut zu Schritt **1140**. Schritt **1130** versucht das Warten von Düsen zu vermeiden, die wahrscheinlich durch die Wiederherstellungswartung nicht wiedergewonnen werden. Falls in der Tat alle Düsen, die in der letzten Tropfenerfassung als außer Betrieb erfaßt wurden, bereits in der $Perm_{Map}$ waren und eine Wiederherstellungswartung durchlaufen haben, würde dies wahrscheinlich nur den Durchsatz des Druckens verringern, oder andere funktionierende Düsen beschädigen und Tinte verlieren.

[0099] Falls das Ergebnis des Tests **1130** NICHT ist, wird die Wiederherstellungswartungsprozedur begonnen, um zu versuchen, alle Düsen außer Betrieb wiederherzustellen. Diese Prozedur wird mit Bezugnahme auf **Fig. 12 – 14** näher beschrieben.

[0100] Nach dem Abschluß der Wiederherstellungsprozedur wird eine weitere Tropfenerfassung durchgeführt, um das Ergebnis der Wartung zu prüfen. Der Wert dieser Tropfenerfassung wird als Teil der Historie des Druckkopfs gespeichert, wie es vorher gezeigt ist, und nun werden keine weiteren Wartungsaktivitäten durchgeführt. Dann wird Schritt **1140** durchgeführt. Wenn der Druck abgeschlossen ist, wird eine neue Tropfenerfassung bei Schritt **1170** an dem Druckkopf durchgeführt. Unmittelbar danach wird bei Schritt **1190** eine Druck-Ende-Wartung an dem Stift durchgeführt. Eine Druck-Ende-Wartung kann herkömmlicherweise das Auswerfen einer vorbestimmten Anzahl von Tröpfchen in der Spucknapf **108** umfassen. Gemäß den Ergebnissen der letzten Tropfenerfassung kann eine höhere vorbestimmte Anzahl von Tröpfchen ausgeworfen werden, und ein herkömmlicher Wischschritt kann auch hinzugefügt werden. Nach der Wartung wird der Stift bei Schritt **1195** in der Wartungsstation abgedeckt, bis eine Anforderung zum Drucken eines neuen Drucks an den Drucker gesendet wird, dann beginnt der Prozeß erneut von Schritt **1100**.

[0101] Mit Bezugnahme auf **Fig. 12–14** ist ein Beispiel der Wiederherstellungswartungsprozedur **1160** vorgehen.

[0102] Gemäß diesem Beispiel wurden weitere Schwellenwerte definiert, wobei alle vorbestimmten Werte, die den verschiedenen Schwellenwerten zugewiesen sind, für dieses Ausführungsbeispiel spezifisch sind, und gemäß unterschiedlichen Wartungsanforderungen unterschiedlicher Ausführungsbeispiele variieren können.

[0103] Der absolute Schwellenwert für das Auswerfen, der absolute Schwellenwert für das Wischen und der absolute Schwellenwert für das Vorbereiten beziehen sich auf die absolute Anzahl von Düsen außer Betrieb in der letzten Tropfenerfassung für jeden jeweiligen Druckkopf, d. h. $DD_{Map}[j]$ -Inhalte für jeden Druckkopf. Diese Schwellenwerte beziehen sich auf den Pegel, mit dem der Druckkopf beginnen würde, Druckqua-Litätsdefekte zu zeigen. Der Pegel ist eingestellt, so daß ein rauschhaftes Nieder-Pegel-Aus von Düsen keine übermäßig hohe Interventionsfrequenz erzwingen. Der Wert des absoluten Schwellenwerts für das Auswerfen und der absolute Schwellenwert für das Wischen ist für alle Druckköpfe auf 1 eingestellt, während der Wert für den absoluten Schwellenwert zum Vorbereiten für die Farbdruckköpfe (CMY) auf 4 und für den schwarzen Druck auf 2 eingestellt ist.

[0104] Der relative Schwellenwert für das Auswerfen, der relative Schwellenwert für das Wischen und der relative Schwellenwert für das Vorbereiten vergleichen die aktuellen Düsen außer Betrieb, $DD_{Map}[j]$, mit den Düsen, die in der Abbildung der permanenten Düsen existieren, $Perm_{Map}[j]$, und bestimmt, ob die aktuelle Momentaufnahme der Düse außer Betrieb genug von den permanenten Düsen abweicht, um eine Wiederherstellung zu rechtfertigen. Dieser Schwellenwert ist entworfen, um sicherzustellen, daß permanente Düsen keine unnötigen Wiederherstellungsroutinen auslösen, wenn die Wahrscheinlichkeit, daß eine Wiederherstellung keinen Effekt auf die permanenten Düsen außer Betrieb hat, sehr hoch ist. Die Werte für alle relativen Schwellenwerte und für alle Druckköpfe ist auf 2 eingestellt.

[0105] Der rekursive Schwellenwert für das Auswerfen und der rekursive Schwellenwert für das Vorbereiten ermöglichen die Bestimmung der Wiederherstellungseffektivität des vorhergehenden Wiederherstellungsdurchlaufs, und dieselbe wird verwendet, um anzuzeigen, ob es wahrscheinlich ist, daß ein zusätzlicher Durchlauf durch den gleichen Wiederherstellungsdurchlauf, eine weitere wesentliche Anzahl von Düsen außer Betrieb wiederherstellt. Falls die Wiederherstellungseffizienz unterhalb den Schwellenwert fällt, wird bestimmt, daß ein weiterer ähnlicher Schritt keinen vorteilhaften Effekt auf den Druckkopfstadium hätte.

[0106] Die Schwellenwerte für Auswerfen und für Vorbereiten variieren, wie es gemäß **Fig. 15** ersichtlich ist, wo die Kurve **1510** sich auf den Vorbereitungsprozentsatzschwellenwert bezieht und die Kurve **1520** sich auf den Auswurfprozentsatzschwellenwert bezieht. Bei dem Graph von **Fig. 15** auf der X-Achse ist die Anzahl der Düsen außer Betrieb vor dem Durchführen eines rekursiven Durchlaufs angezeigt, während auf der Y-Achse der Schwellenwert bezüglich des Prozentsatzes von Düsen außer Betrieb plazierte ist, die wiederhergestellt werden müssen, um einen rekursiven Wiederherstellungsdurchlauf auszulösen.

[0107] Die allgemeine Gleichung, die diese Kurven **1510**, **1520** bestimmt, ist Wiederherstellungsprozentsatz $= A * e^{-B(NO)} + C$ wobei A, B und C durch eine Kurve bestimmt werden, die durch verschiedene kritische Punkte verläuft, wie es in Tabelle 6 gezeigt ist, wo NEIN die Anzahl von Düsen außer Betrieb vor dem Wiederherstel-

lungsdurchlauf ist. Bei diesem Beispiel ist für das Auswerfen $A = 90$, $B = -0,05$, $C = 10$ und für das Vorbereiten $A = 75$, $B = -0,11$, $C = 25$.

Tabelle 6

Auswerfen		Vorbereiten	
Düsen außer Betrieb	Prozentsatz	Düsen außer Betrieb	Prozentsatz
0	100	0	100
16	50	10	50
Unendlichkeit	10	Unendlichkeit	25

[0108] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird kein rekursiver Wischschritt verwendet, aber ein Fachmann auf diesem Gebiet kann erkennen, daß gleichartig dazu eine weitere Kurve verwendet werden kann zum Definieren eines rekursiven Schwellenwerts für das Wischen. Dieser Wert ist auf eine Konstante 0 eingestellt.

[0109] Maximale rekursive Auswurfzyklen ist die maximale Anzahl des gleichen Auswurfdurchlaufs, die sequentiell während der Wiederherstellungswartung **1160** durchgeführt werden kann. Dieser Schwellenwert ist für alle Druckköpfe auf 3 eingestellt.

[0110] Maximale rekursive Wischzyklen ist die maximale Anzahl des gleichen Wischdurchlaufs, die sequentiell während der Wiederherstellungswartung **1160** durchgeführt werden kann. Dieser Schwellenwert ist für alle Druckköpfe auf 1 eingestellt.

[0111] Maximale rekursive Vorbereitungszyklen ist die maximale Anzahl des gleichen Vorbereitungsdurchlaufs, der sequentiell während der Wiederherstellungswartung **1160** durchgeführt werden kann. Dieser Schwellenwert ist für alle Druckköpfe auf 2 eingestellt.

[0112] Maximale Gesamtzubereitungszyklen ist die maximale Anzahl von Druckzyklen, die während der Lebensdauer des Druckkopfs durchgeführt werden können. Dieser Schwellenwert ist auf 35 für jeden Farbdruck (CMY) und auf 50 für den schwarzen Druckkopf eingestellt.

[0113] Mit Bezugnahme auf **Fig. 12** wird die Wiederherstellungswartungsprozedur in Verbindung mit einem Magentastift näher beschrieben. Für einen Fachmann auf diesem Gebiet ist klar, wie die Wiederherstellungsprozedur mit den unterschiedlichen Stiften funktioniert.

[0114] Bei Schritt **1200** beginnt die Wiederherstellungswartungsprozedur **1160** und wird unter der Annahme beschrieben, daß die Tests **1120** und **1130** identifiziert haben, daß der Magentastift Wiederherstellung benötigt. Bei Schritt **1210** wird der Magentadruckkopf ausgewählt.

[0115] Bei Schritt **1220** zwingt ein Auswurfwartungsbefehl den Magentadruckkopf, eine vorbestimmte Menge an Tinte in den entsprechenden Spucknapf **108** desselben auszuwerfen. Beispielsweise kann der Druckkopf **1000** Tropfen nur von den Düsen außer Betrieb bei einer Frequenz von 6 kHz und einer Temperatur von 50 Grad ausstoßen (für den Cyanstift sind das 600 Tropfen bei 6 kHz und 50 Grad, für den gelben Stift **450** Tropfen bei 6 kHz bei 50 Grad, für den schwarzen Stift **1500** bei 2 kHz ohne Vorwärmen des Druckkopfs), gefolgt von Auswerfen von 4 Tropfen von allen Düsen bei 10 kHz und 50 Grad (alle der Farbstifte verwenden die gleiche Strategie und der schwarze Stift feuert 15 Tropfen bei 10 kHz bei 50 Grad ab). Bei Schritt **1230** wird ein Tropfenerfassungsschritt an dem Druckkopf durchgeführt, um die Ergebnisse des Auswurfdurchlasses zu prüfen. Der Test **1250** wird durchgeführt, um zu verifizieren, ob der Prozentsatz wiederhergestellter Düsen (gesamte Zahl von Düsen außer Betrieb an der aktuellen Tropfenerfassung geteilt durch die Gesamtzahl von Düsen außer Betrieb bei der vorhergehenden Tropfenerfassung) über dem rekursiven Schwellenwert für den Magentadruckkopf liegt. Falls NICHT, verläuft die Steuerung zu Test **1300** bei **Fig. 13**. Falls das Ergebnis des Tests **1250** JA ist, wird ein nachfolgender Test **1260** aufgeführt, um zu verifizieren, ob die Anzahl von Auswurfdurchläufen **1220**, die während der aktuellen Wiederherstellungsprozedur ausgeführt werden, gleich dem maximalen rekursiven Auswurfzyklenschwellenwert für den Magentastift ist, d. h. 3.

[0116] Der Test **1260** verbessert herkömmliche Wiederherstellungsstrategien, wo die Wiederherstellungen entwickelt werden mußten, um den Ausfall im schlechtesten Fall für jeden Typ erfolgreich wiederherzustellen. Falls beispielsweise einige Ausfälle das Auswerfen von 500 Tropfen pro Düse für die Wiederherstellung erfordern würden, und andere das Auswerfen von **1500** Tropfen pro Düse erfordern würden, würde der Wiederherstellungsalgorithmus auf den höheren der beiden Pegel abgestimmt werden müssen, um beide Fälle abzudecken. Die aktuelle Wiederherstellungsprozedur ermöglicht durch eine schnelle Düsenprüfungsimplementierung ein Prüfen von Düsen außer Betrieb auch innerhalb des Wiederherstellungsschritts. Somit ist der Drucker in der Lage, das Auswerfen auf 500 Tropfen zu bemessen und es dem Drucker zu ermöglichen, diesen Aus-

werfdurchlauf rekursiv anzuwenden, nur wie es erforderlich ist, um den Druckkopf wiederherzustellen. Das Ergebnis ist eine Wiederherstellungsstrategie, die viel weniger schwerwiegend für den Druckkopf ist, aber die auch eine höhere Effizienz aufweisen kann.

[0117] Falls das Ergebnis mit Bezug auf Test **1260** JA ist, verläuft die Steuerung zu Test **1300**, andernfalls verläuft die Steuerung zu Test **1240**.

[0118] Der Test **1240** verifiziert, ob die Anzahl von aktuellen Düsen außer Betrieb, $DD_{Map}[j]$ mehr als der absolute Auswerfeschwellenwert für den Magentastift ist, d. h. 1, ob die Anzahl von aktuellen Düsen außer Betrieb, die nicht in dem Array der permanenten Düsen außer Betrieb sind, $Perm_{Map}[j]$ mehr als der relative Auswurfswellenwert für den Magentastift ist, d. h. 2.

[0119] Falls das Ergebnis des Tests **1240** „NEIN“ ist, im Gegensatz zu Düsen außer Betrieb, endet die Wiederherstellungsprozedur bei Schritt **1460**, andernfalls wird ein neuer Auswurf durchlauf **1220** erneut durchgeführt, wodurch die Anzahl von Auswurfzyklen, die in der aktuellen Wiederherstellung ausgeführt wird, erhöht wird, d. h. nun $1 + 1 = 2$, und der Fluß von Schritten wird wie vorher befolgt.

[0120] Test **1300** verifiziert, ob die Anzahl von aktuellen Düsen außer Betrieb, $DD_{Map}[j]$ mehr als der absolute Wischschwellenwert für einen Magentastift, d. h. 1, ist, UND ob die Anzahl von aktuellen Düsen außer Betrieb, die nicht in dem Array der permanenten Düsen außer Betrieb, $Perm_{Map}[j]$, sind, mehr als der relative Auswurfswellenwert für den Magentastift sind, d. h. 2.

[0121] Falls der Test **1300** „NEIN“ zurücksendet, endet die Wiederherstellungsprozedur bei Schritt **1460**, andernfalls erzwingt ein Wischwartungsbefehl bei Durchlauf **1310**, daß der Magentadruckkopf gemäß einer vorbestimmten Wischstrategie gewischt wird, wodurch die Anzahl von Wischzyklen, die in der aktuellen Wiederherstellungsprozedur ausgeführt werden, erhöht wird, d. h. nun $0 + 1 = 1$. Beispielsweise umfaßt die Wischstrategie für jeden Farbdruckkopf das Auswerfen von 20 Tropfen von allen Düsen bei 10 kHz und 50 Grad, dann Durchführen von 2 Zyklen von bidirektionalem Wischen bei einer Geschwindigkeit von 2 ips (Zoll pro Sekunde). Dann feuert der Magentastift **600** Tropfen (Y-Stift **600** und C-Stift **800**) von allen Düsen bei 10 kHz (Y- und C-Stift ebenso) und 60 Grad (Y- und C-Stift bei 50 Grad).

[0122] Falls der Stift schwarz ist, umfaßt die Wischwartung das Auswerfen von 10 Tropfen von allen Düsen bei 10 kHz bei 50 Grad, PEG des Stifts einmal bei einer Geschwindigkeit von 2 ips und mit einer Haltezeit von 0,5 Sek. Dann wird ein Wischen von der Vorderseite zu der Rückseite des Druckkopfs einmal bei 2 ips Geschwindigkeit durchgeführt, gefolgt von einem Zyklus von 3 bidirektionalen Wischdurchgängen bei 2 ips. Dann werfen alle Düsen **200** Tropfen jeweils bei 10 kHz bei 50 Grad aus.

[0123] Ein Endauswurfschritt wird dann durchgeführt: Farbstifte feuern 5 Tropfen bei 10 kHz bei 50 Grad ab, während ein schwarzer Stift **15** Tropfen bei 10 kHz bei 10 Grad abfeuert.

[0124] Ein Tropfenerfassungsschritt wird bei Durchlauf **1320** an dem Druckkopf durchgeführt, um das Ergebnis des Wischdurchlaufs zu prüfen. Test **1330** wird durchgeführt, um zu verifizieren, ob der Prozentsatz der wiederhergestellten Düsen (Gesamtzahl der Düsen außer Betrieb bei der aktuellen Tropfenerfassung geteilt durch die Gesamtzahl von Düsen außer Betrieb bei der vorhergehenden Tropfenerfassung) oberhalb des rekursiven Schwellenwerts für den Magentadruckkopf liegt.

[0125] Falls das Ergebnis des Tests **1330** „NEIN“ ist, verläuft die Steuerung zu Test **1400** bei Fig. 14. Falls das Ergebnis des Tests **1330** „JA“ ist, wird ein nachfolgender Test **1340** ausgeführt, um zu verifizieren, ob die Anzahl von Wischwartungen **1310**, die während der aktuellen Wiederherstellungsprozedur ausgeführt wurden, gleich dem maximalen rekursiven Auswurfzyklenschwellenwert für den Magentastift ist, d. h. 1. Falls das Ergebnis des Tests **1340** „JA“ ist, verläuft die Steuerung zu Test **1400** und andernfalls verläuft die Steuerung zu Test **1300**.

[0126] Test **1400** verifiziert, ob die Anzahl von aktuellen Düsen außer Betrieb, $DD_{Map}[j]$, mehr ist als der absolute Vorbereitungsschwellenwert für einen Magentastift, d. h. 4, und ob die Anzahl von aktuellen Düsen außer Betrieb, die sich nicht in dem Array der permanenten Düsen außer Betrieb, $Perm_{Map}[j]$, befinden, mehr ist als der relative Vorbereitungsschwellenwert für den Magentastift, d. h. 2.

[0127] Falls der Test **1400** „NEIN“ zurücksendet, endet die Wiederherstellungsprozedur bei Schritt **1460**, andernfalls verifiziert ein Test **1410**, ob die Gesamtzahl von Vorbereitungen, die durch den aktuellen Stift durchgeführt werden, den maximalen Gesamtzubereitungszyklus für den Magentastift überschreitet, d. h. 35. Falls der Test „JA“ zurücksendet, endet die Wiederherstellungsprozedur bei Schritt **1460**, andernfalls zwingt bei Durchlauf **1420** ein herkömmlicher Zubereitungsbefehl den Magentadruckkopf, vorzubereiten, wodurch die Anzahl von Zubereitungszyklen, die in der aktuellen Wiederherstellungsprozedur durchgeführt werden, erhöht wird, d. h. nun $0 + 1 = 1$, und auch die Gesamtzubereitungszyklen. Ein Tropfenerfassungsschritt wird an dem Druckkopf bei Durchlauf **1430** durchgeführt, um das Ergebnis des Zubereitungsdurchlaufs zu prüfen. Der Test **1440** wird durchgeführt, um zu verifizieren, ob der Prozentsatz der wiederhergestellten Düsen (Gesamtzahl von Düsen außer Betrieb bei der aktuellen Tropfenerfassung geteilt durch die Gesamtzahl von Düsen außer Betrieb bei der vorhergehenden Tropfenerfassung) über dem rekursiven Schwellenwert für die Vorbereitung für den Magentadruckkopf liegt.

[0128] Falls das Ergebnis von Test **1440** „NEIN“ ist, endet die Wiederherstellungsprozedur bei Schritt **1460**.

Falls das Ergebnis des Tests **1440** „JA“ ist, wird ein nachfolgender Test **1450** ausgeführt, um zu verifizieren, ob die Anzahl von Vorbereitungswartung **1420**, die während der aktuellen Wiederherstellungsprozedur ausgeführt wird, gleich dem maximalen rekursiven Vorbereitungszyklenschwellenwert für den Magentastift ist, d. h. 2. Falls das Ergebnis des Tests **1340** „JA“ ist, endet die Wiederherstellungsprozedur bei Schritt **1460**, andernfalls verläuft die Steuerung erneut zu Test **1400**.

[0129] Nachfolgend wird gezeigt, wie die Wiederherstellungsprozedur funktionieren kann, bei dem Versuch, einen Magentastift mit 32 Düsen außer Betrieb wiederherzustellen:

AUSWURFWIEDERHERSTELLUNG DURCHFÜHREN Magenta

[0130] Tropfenerfassung = 20 Düsen außer Betriebssystem
Auswurfeffizienz = 37,5
Rekursiver Schwellenwertauswurf bei 32 Düsen außer Betrieb = 28% (erfüllt)
Anzahl von Auswurfzyklen = 1
Maximale Zyklen = 3 (erfüllt)
Absoluter Schwellenwert Auswurf = 1 (erfüllt)
Relativer Schwellenwert Auswurf = 2 (erfüllt)

AUSWURFWIEDERHERSTELLUNG Magenta

[0131] Tropfenerfassung = 18 Düsen außer Betriebssystem
Auswurfeffizienz = 10
Rekursiver Schwellenwertauswurf bei 20 NO = 43% (nicht erfüllt)
Absoluter Schwellenwert Wischen = 1 (erfüllt)
Relativer Schwellenwert Wischen = 2 (erfüllt)

WIEDERHERSTELLUNGSFARBE WISCHEN

[0132] Tropfenerfassung = 20 Düsen außer Betrieb
Wischeffizienz = 0% (in der Tat negativ, aber begrenzt bei 0)
Absoluter Schwellenwert Vorbereitung = 4 (erfüllt)
Relativer Schwellenwert Vorbereitung = 2 (erfüllt)
Anzahl Gesamtvorbereitungen = 6
Maximale Vorbereitungen, die für Magenta erlaubt sind = 35 (erfüllt)

VORBEREITUNGSWIEDERHERSTELLUNG Magenta

[0133] Tropfenerfassung = 12 Düsen außer Betrieb
Vorbereitungseffizienz = 40
Rekursiver Schwellenwertvorbereitung bei 20 NO = 33 (erfüllt)
Anzahl von Vorbereitungszyklen = 1
Anzahl maximaler rekursiver Vorbereitungszyklen = 2 (erfüllt)
Absoluter Schwellenwert Vorbereitung = 4 (erfüllt)
Relativer Schwellenwert Vorbereitung = 2 (erfüllt)
Anzahl Gesamtvorbereitungen = 7
Maximale Vorbereitungen, die für Magenta erlaubt sind = 35 (erfüllt)

VORBEREITUNGSWIEDERHERSTELLUNG Magenta

[0134] Tropfenerfassung = 6 Düsen außer Betrieb
Vorbereitungseffizienz = 50
Rekursive Schwellenwertvorbereitung bei 12 NO = 45% (erfüllt)
Anzahl von Vorbereitungszyklen = 2
Anzahl maximaler rekursiver Vorbereitungszyklen = 2 (nicht erfüllt)

WIEDERHERSTELLUNGSALGORITHMEN ALGORITHMUS ZUM DRUCKEN VERLASSEN

[0135] Der Fachmann auf diesem Gebiet kann erkennen, daß die gleichen düsengesundheitshistorischen Informationen, die gesammelt wurden, wie es oben beschrieben wurde, für eine Anzahl von unterschiedlichen Anwendungen wiederverwendet werden können. Beispielsweise wäre es möglich, diese Informationen zum

Erfassen des Endes der Lebensdauer eines Außerachsenstiftes oder zum Liefern einer zuverlässigeren Fehlerverstecktechnik zu verwenden.

[0136] Gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist das Ende der Lebensdauer eines Druckkopfs erreicht, wenn der DDte Wert zumindest gleich oder größer ist als der Lebensdauerendeschwellenwert, der bei diesem Ausführungsbeispiel 5 für einen schwarzen Druckkopf und 8 für einen Farbdruckkopf ist.

[0137] Nach einigen Tests hat der Anmelder beobachtet, daß das Ergebnis eines einzigen Tropfenerfassungsschritts kein echtes Bild der Tendenz über die Funktionalität eines Stifts liefern kann. **Fig. 16** zeigt, wie die Anzahl von erfaßten Düsen außer Betrieb schwanken kann, wobei jede gemessene Tropfenerfassung berichtet wird, auf der Basis der Verwendung des Stifts (Anzahl von abgefeuerten Tropfen). In **Fig. 17** ist gezeigt, wie die Berücksichtigung von DD3te als Nummer der Düse außer Betrieb, die für jede Tropfenerfassung erfaßt wurde, ein klareres Bild der Schwankung der Fähigkeiten des Stifts liefert. Es sollte auch angemerkt werden, daß DD3te sich erhöht, und den Lebensdauerendeschwellenwert nach etwa 50 Millionen Tropfen pro Düse erreicht. Ein Fachmann auf diesem Gebiet sollte erkennen, wie, gemäß **Fig. 16**, das erste Mal, wenn die tatsächliche Anzahl der Düsen außer Betrieb erfaßt wird, über dem Lebensdauerendeschwellenwert liegt, der über 10 Millionen Tropfen pro Düse liegt. Dies ist weit früher im Vergleich zu 50 Millionen Tropfen, wie es durch die realistischere Messung registriert wird, die hierin beschrieben ist.

[0138] Wenn der Druckkopf diesen Pegel erreicht, warnt der Drucker den Benutzer, den fehlerhaften Stift zu ersetzen, ohne das Drucken anzuhalten. Der Stift ist außerdem permanent markiert in dem Speicher (Acumen) des Stifts (unter Verwendung eines Bit), daher erzeugt das Bewegen dieses Stifts zu einem anderen Drucker das gleiche Ergebnis. Wenn der Stift als am Ende der Lebensdauer markiert ist, und jedes Mal, wenn die Druckqualitätsanforderung des Benutzers „normal“ (nicht schnell oder am besten) ist, verwendet der Drucker einen „Sicherungsdruckmodus“, was das automatische Schalten zu einer höheren Anzahl von Durchläufen bedeutet, um eine bessere Fehlerversteckkapazität zu liefern, was notwendiger ist für einen Stift mit einer hohen Anzahl von ausfallenden Düsen, d. h. die durch andere Düsen ersetzt (versteckt) werden müssen. Indem dies durchgeführt wird, stellt der Drucker die minimale annehmbare Druckqualität im normalen Modus sicher, durch Vernachlässigen der Produktivität (des Durchsatzes). Der Drucker arbeitet auf diese Weise, bis ein neuer Stift den Stift am Ende seiner Lebensdauer ersetzt.

[0139] Falls ein Benutzer den Stift am Ende seiner Lebensdauer nicht ersetzt und falls die Druckkopfdüsen-geschwindigkeit sich weiterhin verschlechtert, wird die Druckqualität, die durch den Drucker geliefert wird, geschützt durch Hinzufügen eines höheren Lebensendepegelschwellenwerts. Zu viele Düsen außer Betrieb, der bei 30 Düsen außer Betrieb eingestellt ist. Vorteilhafterweise, wenn DDte größer ist als der Zu viele Düsen außer Betrieb-Schwellenwert, beendet der Drucker das Drucken und fordert den Benutzer auf, den Stift zu ersetzen oder fortzufahren. In der Tat gibt es nun ein Risiko, ein nichteffektives Fehlerverstecken durchzuführen und so eine Verschwendung von aufwendigen Medien zu bewirken, falls das Drucken ohne irgendeine Warnung fortgesetzt wird. Ein weiteres Bit wird verwendet in dem Speicher, um diesen Zustand des Stifts zu markieren.

[0140] Der obige Prozeß zum Erfassen des Endes der Lebensdauer eines Stifts trägt dazu bei, eine Anzahl von Problemen zu lösen, die dadurch erzeugt werden, daß es dem Stift erlaubt wird, eine nicht vorbestimmte Menge an Tinte abzufeuern, unterschiedlich von meisten herkömmlichen Stiften, deren Lebensdauer mit dem Tintenvolumen verknüpft ist, das in dem Reservoir oder in der Druckkopfkassette verfügbar ist.

[0141] Bei den DesignJet®-750C-Druckern wird dem Benutzer eine Lebensdauerendenachricht präsentiert, wenn zumindest eine der Düsen nicht erfolgreich durch die Wiederherstellungsprozedur wiederhergestellt wurde. Diese Lösung weist die folgenden Nachteile auf:

- Vorübergehende Druckkopfprobleme zählen als Ausfälle. Ein Beispiel dafür könnte ein Papierstau sein, der ein vorübergehendes Problem erzeugt, aber das System ist in der Lage, die Düsen nach einigen Drucken oder einigen Wiederherstellungszyklen zu reinigen.
- Anhalten von Drucken zu diesem Zeitpunkt und die Frage nach einem Austausch ist gegen das Nicht-Beaufsichtungs- und Netzwerkfähigkeitsziel des Druckers;
- Außerdem kann es sein, daß Benutzer nicht sofort einen neuen Druckkopf verfügbar hat, um den ausgefallenen zu ersetzen.

[0142] HP Professional Series 2000C-Drucker von der Hewlett-Packard Company, Palo Alto, Kalifornien, verwenden die Änderung der thermischen Charakteristika des Druckkopfs, um zu erfassen, wann sich das Standrohr mit Luft füllt und sich somit dem Lebensende nähert. Aber dieses Verfahren berücksichtigt nur den Ausfallmodus im Zusammenhang mit Luft in dem Stift, aber nicht bezüglich der Düsengesundheit, die normalerweise allgemeiner ist. Um den Rest der Ausfallmodi zu umfassen, verwendet dieser Drucker auch Tropfenzählen für Lebensdauerende-„Erfassung“: Wenn ein Stift eine bestimmte Anzahl von Tropfen abgefeuert hat, rät ein Drucker dem Benutzer, einen neuen Druckkopf zu besorgen. Hauptnachteil des Tropfenzählens ist, daß ein Drucker den Benutzer warnt, der Druckkopf nach wie vor gut funktioniert und ein Austausch nicht ratsam wäre.

[0143] Mit Bezugnahme auf **Fig. 3** wird ein Beispiel einer verbesserten Fehlerverstecktechnik auf der Basis

der historischen Düsengesundheitsinformationen, die während einer Anzahl von Tropfenerfassungsschritten gesammelt wurden, gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0144] Zusätzlich zu den vorhergehenden Definitionen, die bereits zum Beibehalten der historischen Gesundheitsinformationen über Düsen beschrieben wurden, werden bei diesem Ausführungsbeispiel außerdem die folgenden Definitionen verwendet.

[0145] Dnozzi: Dieses Array enthält die Ergebnisse der letzten acht Tropfenerfassungen für die i-te Düse.

[0146] Dnozzi[7] enthält das Ergebnis der aktuelleren Tropfenerfassungen

[0147] Dnozzi[0] enthält das Ergebnis von vor acht verwendbaren Tropfenerfassungen.

[0148] Der Klarheit halber wurden DD_{Map} und Dnozzi unabhängig beschrieben, aber beide enthalten die gleichen Informationen. Jeder DD_{Map} -Vektor enthält die Daten für jede Düse gemäß einer einzigen Tropfenerfassung, während jedes Dnozzi die Daten für eine einzige Düse gemäß allen verwendbaren Tropfenerfassungen enthält. Somit benötigt gemäß den verschiedenen Beispielen das System, das einen Stift mit 524 Düsen umfaßt, das eine Historie von 8 Tropfenerfassungen beibehalten möchte, 524 Dnozzi[8] Vektoren und 8 $DD_{Map}[524]$ -Vektoren.

[0149] b: enthält den Gewichtungsfaktor für das historische Ergebnis der verwendbaren Tropfenerfassung, d. h. einen Wert, der es ermöglicht, Messungen zu betonen, die sich entweder auf aktuellere Tropfenerfassungen (wenn b größere Werte enthält) oder auf ältere Tropfenerfassungen (falls b kleinere Werte enthält) beziehen.

[0150] W: Eine Funktion, die in der Lage ist, das Gewicht einer gegebenen historischen Tropfenerfassungsarray Dnozzi[j] zu berechnen.

$$W \text{ ist definiert als: } W(\text{Dnozzi}[i]) = \sum_{i=0}^7 \text{Dnozzi}[i] \cdot b^i$$

[0151] W wird dann normiert, um eine Funktion w in dem [0..1]-Bereich zu erhalten, der einer Wahrscheinlichkeitsverteilung entspricht.

$$w(\text{Dnozzi}[i]) = \frac{W(\text{Dnozzi}[i])}{W(\{1,1,1,1,1,1,1,1\})} = \frac{\sum_{i=0}^7 \text{Dnozzi}[i] \cdot b^i}{\sum_{i=0}^7 b^i}$$

[0152] Somit versucht b, die Wahrscheinlichkeit vorherzusagen, daß die i-te Düse die nächsten Tropfenerfassung durchlaufen würde, d. h. ordnungsgemäß abfeuern würde. Um dies zu tun, wird der Wert von b durch Verwenden dessen maximalem Wahrscheinlichkeitsschätzer für die w Verteilung gewählt.

[0153] Mit Bezugnahme auf **Fig. 3A** bis **3D** ist gezeigt, wie sich der Wert von w für eine Düse nach jeder Tropfenerfassung ändert, wobei sich jede Figur auf die gleiche Düsenhistorie bezieht, aber unterschiedliche Werte für die Basis b anlegt.

[0154] In **Fig. 3A** ist $b = 10$ und es wird gezeigt, wie die aktuellere 1-2-Erfassung das Gewichtsergebnis wesentlich beeinträchtigt.

[0155] In **Fig. 3B** ist $b = 2$, d. h. das Gewicht der letzten Erfassung ist größer als die Summe des Gewichts von allen vorhergehenden Erfassungen. Somit wird eine nichtfunktionierende Düse, die nur einmal abgefeuert hat, aber während der letzten Tropfenerfassung, stärker gewichtet als eine Düse, die immer abfeuert, aber während der letzten Tropfenerfassung versagt hat. Experimente, die durch den Anmelder durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß die zweite Düse zuverlässiger ist als die erste.

[0156] In **Fig. 3C** ist b gleich 1,5, um die Historie der Düse stärker zu berücksichtigen.

[0157] In **Fig. 3D** ist b gleich 1, somit hat die gesamte Tropfenerfassung die gleiche Historie.

[0158] Für jedes Beispiel wurde die folgende Historie für die Düse verwendet, wobei 1 funktionsfähig entspricht und 0 ausfallen entspricht:

[0159] Anfangshistorie {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1}

[0160] Historie: 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1 Die Werte, die auf der X-Achse berichtet werden, entsprechen Blöcken von 8 aufeinanderfolgenden historischen Ergebnissen, beginnend von der Anfangshistorie {1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1} und Vertauschen der Werte gemäß der Historie bis zu dem aktuelleren Block {1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0}.

[0161] Erweiterte Tests, die durch den Anmelder durchgeführt wurden, haben gezeigt, daß innerhalb eines bevorzugten Bereichs von Werten für den Gewichtungsfaktor b zwischen 1 und 2 lagen, von denen alle in der Lage sind, eine zuverlässige Schätzung der Wahrscheinlichkeit zu liefern, daß die Düse das nächste Mal wenn sie abgefeuert wird, funktioniert, wobei die besseren Werte zwischen 1,4 und 1,6, vorzugsweise 1,5 liegen, die alle in der Lage sind, ein realistischeres Bild des Status der Düse zu liefern.

[0162] Fehlerversteckprobleme hängen hauptsächlich von zwei Fehlern ab: a) falsche Düsenidentifikation, d. h. die Düse, die als ausfallend identifiziert wird, funktioniert in der Tat, daher gab es keinen Bedarf, dieselbe zu ersetzen; b) falscher Düsenersatz, d. h. die Düse, die für den Ersatz gewählt wurde, ist in der Tat nicht funktionsfähig.

[0163] Nachfolgend wird eine Wahrscheinlichkeitstechnik beschrieben, zum Bestimmen, ob und durch welche andere Düse eine Düse ersetzt werden sollte.

[0164] Um zu bestimmen, ob eine Düse ersetzt werden sollte, wird die Wahrscheinlichkeit, daß dieselbe bei der nächsten Tropfenerfassung ausfällt, mit einem Schwellenwert verglichen, bei diesem Ausführungsbeispiel ist der Wert 0. Die Schätzung dieser Wahrscheinlichkeit wird erhalten durch die w Funktion, d. h. $1-w$ wäre der Wert Wahrscheinlichkeit des Ausfallens und dieser Wert würde verwendet, um die zu ersetzende Düse zu identifizieren.

[0165] Normalerweise impliziert Fehlerverstecken einen Mehrfachdurchlaufdruckmodus, selbst wenn es Techniken zum Durchführen von Fehlerverstecken auch mit Eindurchlaufdruckmodi gibt. Nachfolgend wird beschrieben, wie diese Technik in einem Mehrfachdurchlaufdruckmodus funktioniert, obwohl der Fachmann auf diesem Gebiet erkennt, daß die gleiche Technik auch unter Verwendung der gleichen Prinzipien bei Einzeldurchlaufdruckmodi funktionieren wird.

[0166] Das Konzept der Druckmodi ist eine sinnvolle und gut bekannte Technik zum Ablegen nur eines Bruchteils der Gesamtzahl, die in jedem Abschnitt des Bildes erforderlich ist, in jedem Durchlauf des Stifts, so daß alle Bereiche, die in jedem Durchlauf weiß gelassen werden, durch einen oder mehrere spätere Durchläufe ausgefüllt werden. Dies neigt dazu, Auslaufen, Blockieren und Wellig-werden zu steuern, durch Reduzieren der Menge an Flüssigkeit, die sich zu jedem bestimmten Zeitpunkt auf einer Seite befindet.

[0167] Die spezifische, teilweise mit Tinte versehene Struktur, die in jedem Durchlauf verwendet wird, und die Art und Weise, wie diese unterschiedlichen Strukturen sich zu einem einzigen, vollständig mit Tinte versehenen Bild addieren, ist als ein Druckmodus bekannt. Beispielsweise ist ein Eindurchlaufmodus einer, bei dem alle Punkte, die auf einer bestimmten Reihe von Punkten abgefeuert werden sollen auf dem Medium in einem Band des Druckkopfs plaziert werden, und dann wird das Druckmedium in Position für das nächste Band vorgeschoben.

[0168] Ein Zweidurchlaufmodus ist ein Druckmuster, bei dem eine Hälfte der verfügbaren Punkte in einer bestimmten Reihe von verfügbaren Punkten pro Band auf jedem Durchlauf des Druckkopfs gedruckt werden, daher werden zwei Durchläufe benötigt, um das Drucken für eine bestimmte Zeile abzuschließen. Gleichartig dazu ist ein Vierdurchlaufmodus ein Druckmuster, bei dem ein Viertel der Punkte für eine gegebene Zeile auf jedem Durchlauf des Druckkopfs gedruckt wird, daher werden vier Durchläufe benötigt, um das Drucken für eine bestimmte Zeile abzuschließen.

[0169] Das Muster, das beim Drucken jedes Düsenabschnitts verwendet wird, ist bekannt als die „Druckmodusmaske“ oder „Druckmaske“ oder manchmal nur „Maske“. Eine Druckmaske ist ein Binärmuster, das genau bestimmt, welche Tintentropfen in einem bestimmten Durchlauf gedruckt werden, oder um dasselbe anders auszudrücken, welche Durchläufe verwendet werden, um jedes Pixel zu drucken. Die Druckmaske wird somit verwendet, um die verwendete Düse wie zwischen Durchläufen auf eine solche Weise „zu vertauschen“, um unerwünschte Druckartefakte zu reduzieren.

[0170] Die EP-Anmeldung Nr. 98301559.5 beschreibt, wie mit einer Mehrzahl von ausgewählten Druckmasken gearbeitet werden kann, um Fehlerverstecken in Mehrfachdurchlaufdruckmodi zu implementieren, und die gleiche Technik kann auch in diesem Fall verwendet werden.

[0171] Nachfolgend wird beschrieben, wie die Masken für einen gegebenen Druckmodus gemäß der Wahrscheinlichkeit, daß bestimmte Düsen ausfallen können, modifiziert werden, um Fehlerverstecken durchzuführen.

[0172] Der Klarheit halber wird bei dem folgenden Beispiel folgende Annahme durchgeführt: a) der Druckkopf hat nur vier Düsen und 2) ein Vierdurchlaufzeilensprungdruckmodus mit einer 25% Dichte wird verwendet und c) vier Bitmasken werden verwendet.

[0173] Tabelle 7 zeigt die Standarddruckmaske für den verwendeten Druckmodus. Die Spalten sind die vier Düsen des Stifts und die Zeilen sind die vier Durchläufe des Druckmodus. Außerdem enthalten die Zellen eine binäre Zahl, die bedeutet, wann die Düse für einen bestimmten Durchlauf abfeuert. Die gewählten Masken sind einfach: In Durchlauf 0 feuern alle Düsen nur an jedem vierten Punkt, in Durchlauf 1 feuern sie an jedem dritten Punkt und so weiter.

Tabelle 7

	N0	N1	N2	N3
Durchlauf 1	0001	0001	0001	0001
Durchlauf 2	0010	0010	0010	0010
Durchlauf 3	0100	0100	0100	0100
Durchlauf 4	1000	1000	1000	1000

[0174] An diesem Punkt sollen die unterschiedlichen Fehlerversteckalternativen für diesen Druckmodus in Betracht gezogen werden. Jede Alternative ist eine Gruppe von vier Elementen und das i-te Element der Gruppe ist der Ersatz für den i-ten Durchlauf. Beispielsweise bedeutet die Gruppe {2, 4, 1, 3}, daß die nicht funktionierenden Düsen die schlecht funktionierenden Düsen des Durchlauf 1 durch die Düsen des Durchlaufs 2 ersetzt werden sollen, die schlecht funktionierenden Düsen des Durchlaufs 2 durch die Düsen von Durchlauf 4, die schlecht funktionierenden Düsen des Durchlaufs 3 durch die Düsen von Durchlauf 1, und die schlecht funktionierenden Düsen des Durchlaufs 4 durch die Düsen des Durchlaufs 3.

[0175] Statt des Auswertens jeder möglichen Alternative betrachtet das Beispiel nur zwei Ersatzalternativen: {2, 3, 4, 1} und {3, 4, 1, 2}.

[0176] Die geschätzten Wahrscheinlichkeiten (berechnet, wie es vorher unter Verwendung von $b = 1,5$ beschrieben wurde und dem Ergebnis der aktuellsten Tropfenerfassungen) für jede Düse, die als funktionsfähig gefunden wird, sind: $N0 = 0,4$, $N1 = 0,7$, $N2 = 1$, $N3 = 1$.

[0177] Die Technik gewichtet jede der möglichen Alternativen gemäß dem Algorithmus, wie es gemäß **Fig. 18** beschrieben wird. Dieser Prozeß versucht, die Alternative auszuwählen, unter Verwendung der Anzahl von Düsen (ursprünglich oder ersetzt), die insgesamt die größere Wahrscheinlichkeit aufweisen, zu funktionieren.

[0178] Der Prozeß beginnt bei Schritt **1800**, wobei für jede der möglichen Ersatzalternativen Schritt **1810** wiederholt wird.

[0179] Bei Schritt **1810** werden für jede Düse des Stifts der Test **1820** und die Schritte **1830** oder **1840** wiederholt. Der Test **1820** verifiziert, ob das Gewicht der Düse kleiner ist als das Gewicht der Ersatzdüse, d. h. die Ersatzdüse würde wahrscheinlich besser funktionieren als die ursprünglich bezeichnete Düse, UND ob die Ersatzdüse nach wie vor verfügbar ist, d. h. die Ersatzdüse ist bereits in Verwendung zum Abfeuern wie eine ursprüngliche Düse.

[0180] Falls das Ergebnis des Tests JA ist, wird der Wert erhöht um einen Wert gleich dem Gewicht der ersetzten Düse und die Düse wird als ersetzt angesehen; andernfalls wird der Wert erhöht um den Wert gleich dem Gewicht der ursprünglichen Düse. Wenn die Iteration **1810** endet, enthält der Wert einen Wert, der der Qualität der ersten Austauschalternative entspricht, bezüglich der Summe der Wahrscheinlichkeit der Funktionsfähigkeit jeder Düse (Original oder ersetzt) in dieser Gruppe.

[0181] Der Schritt 1810 beginnt nun erneut, um den Wert der nächsten Ersatzalternative zu berechnen, und derselbe wird wiederholt, bis alle Ersatzalternativen ausgewertet sind. Bei Schritt **1850** extrahiert der Prozeß die Ersatzalternativen mit dem besten Wert und endet bei Schritt **1860**, und sendet die ausgewählte Ersatzalternative an einen bekannten Fehlerversteckprozeß, zum Durchführen des Fehlerversteckens gemäß dem vorgeschlagenen Austausch.

[0182] Falls dieser Prozeß an die obige Beispielloption 1 {2, 3, 4, 1} angelegt wird, ergibt dies:

$$1 + 1 + 0,7 + 1 = 3,7$$

während die Option 2 ergibt:

$$1 + 1 + 1 + 1 = 4$$

[0183] Somit wird die Option 2 gewählt, um eine aktualisierte Druckmaske zu erzeugen, wie folgt in Tabelle 9:

Tabelle 9

	N0	N1	N2	N3
Durchlauf 1	0000	0000	0101	0101
Durchlauf 2	0000	0000	1010	1010
Durchlauf 3	0000	0000	0101	0101
Durchlauf 4	0000	0000	1010	1010

[0184] Das Ergebnis ist, daß die beiden Düsen NO und N1 die größere Wahrscheinlichkeit aufweisen, auszufallen, und dieselben korrekt ersetzt wurden durch diejenigen, die die höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen, zu funktionieren.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Korrigieren von schlecht funktionierenden Tintenausstoßelementen in einem Drucksystem, das folgende Schritte aufweist:

- (a) Erhalten einer Standarddruckmaske;
- (b) Zuweisen zu zumindest zwei Tintenausstoßelementen einer Wahrscheinlichkeit, dass jedes von solchen zumindest zwei Tintenausstoßelementen ordnungsgemäß funktionieren wird;
- (c) Versuchen, die Standarddruckmaske zu modifizieren, indem Tintenausstoßelemente, die eine gewisse Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, durch andere Tintenausstoßelemente, die eine größer Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, ersetzt werden, um eine modifizierte Druckmaske zu erzeugen.

2. Ein Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt (b) die Schritte (d) des Durchführens einer Tropfenerfassung, um zu überprüfen, ob beliebige der Tintenstrahausstoßelemente schlecht funktionieren, und (e) des Speicherns des Ergebnisses der jüngeren Tropfenerfassungsoperation, zusammen mit den Ergebnissen der früheren Tropfenerfassungen, um eine Historie des Gesundheitszustands zumindest eines ersten Tintenausstoßelements beizubehalten, aufweist, wobei die Wahrscheinlichkeit, die jedem der zumindest zwei Tintenausstoßelemente zugewiesen wird, auf der entsprechenden Historie basiert.

3. Ein Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tintenausstoßelement ordnungsgemäß funktioniert, durch Anwenden der folgenden Gleichung erhalten wird:

$$w(\text{Düse}) = \frac{\sum_{i=0}^n \text{Dnozz}[i] \cdot b^i}{\sum_{i=0}^n b^i}$$

wobei b ein Gewichtungsfaktor ist; $\text{Dnozz}[i]$ der Inhalt der Historie für das Tintenausstoßelement ist, als eine Serie von historischen Werten, die die Gesundheit des Tintenausstoßelements darstellen; und n die Anzahl von historischen Werten, die für das Tintenausstoßelement berücksichtigt werden, ist.

4. Ein Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Gewichtungsfaktor b in einem Bereich von Werten zwischen 1 und 2 ausgewählt wird.

5. Ein Verfahren nach Anspruch 4, bei dem n zwischen 15 und 4 liegt.

6. Ein Verfahren nach Anspruch 5, bei dem n gleich 7 ist und b zwischen 1,4 und 1,6 liegt.

7. Ein Verfahren nach Anspruch 6, bei dem in der Historie, die dem Tintenausstoßelement entspricht, eine 1 gespeichert wird, wenn das Tintenausstoßelement als funktionierend erfasst wird, und eine 0, wenn das Tintenausstoßelement als schlecht funktionierend erfasst wird.

8. Ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt (c) ferner den Schritt (f) des Modifizierens der Standarddruckmaske, indem Tintenausstoßelemente, die eine bestimmte Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, durch andere Tintenausstoßelemente, die eine größere Wahrscheinlichkeit aufweisen, ordnungsgemäß zu funktionieren, ersetzt werden, um eine Mehrzahl von modifizierten Druckmasken zu erzeugen, und (g) des Auswählens der Druckmaske mit einem größten Wahrscheinlichkeitswert, um die Standarddruckmaske zu ersetzen, aufweist.

9. Ein Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der höhere Wahrscheinlichkeitswert durch die Summe der Werte aller Tintenausstoßelemente, die in der Druckmaske verwendet sind, gegeben ist.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

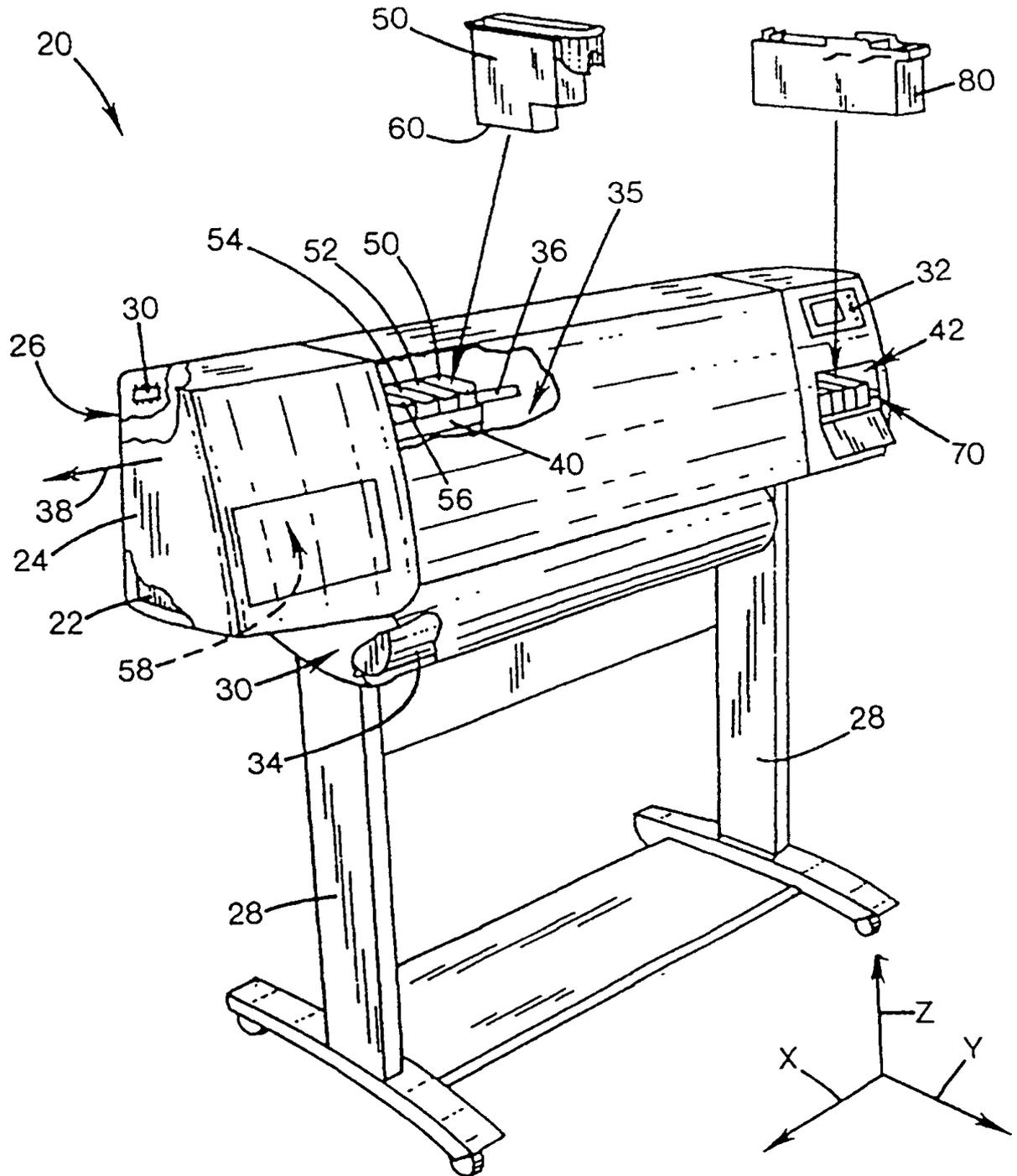
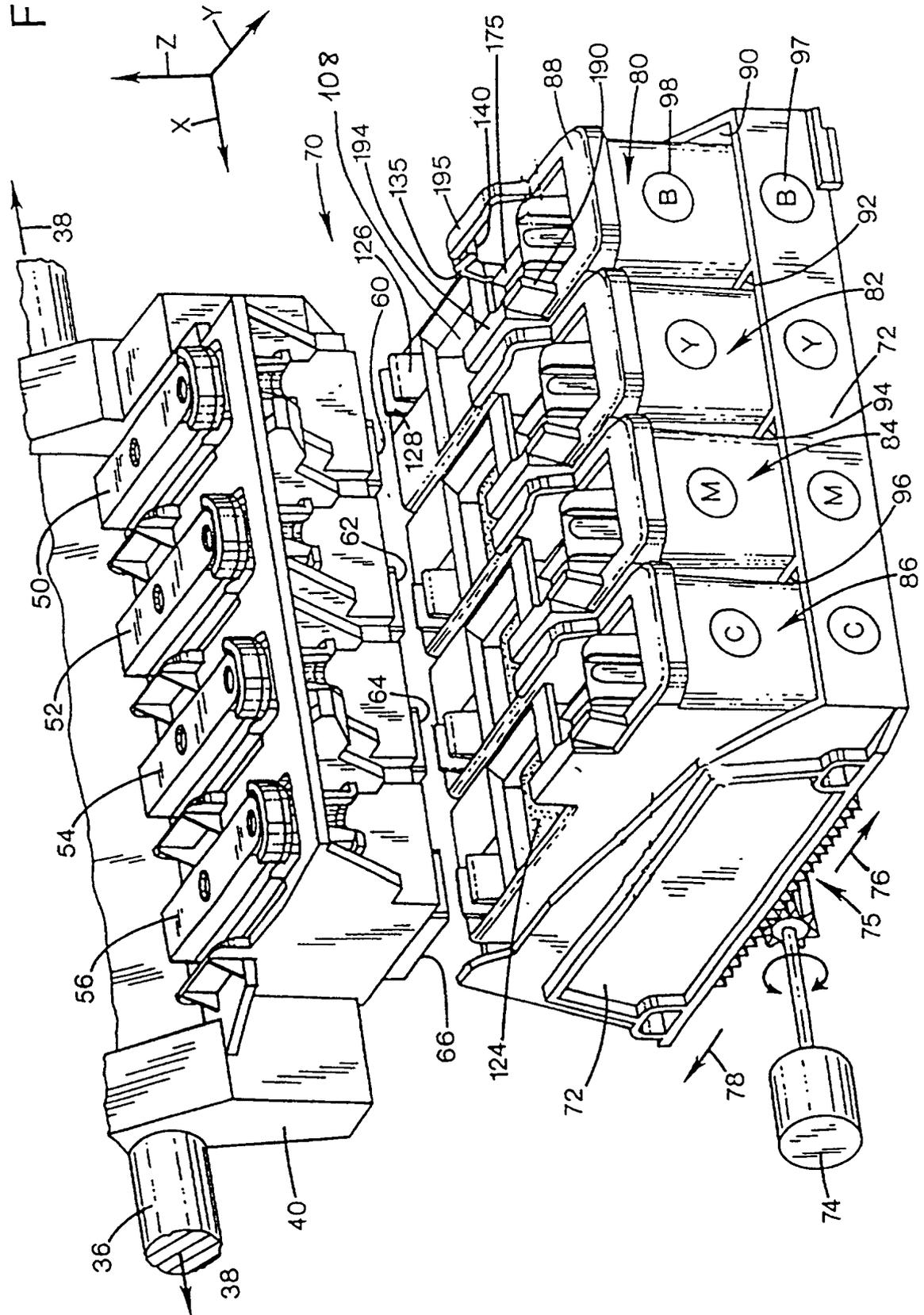


FIG. 2



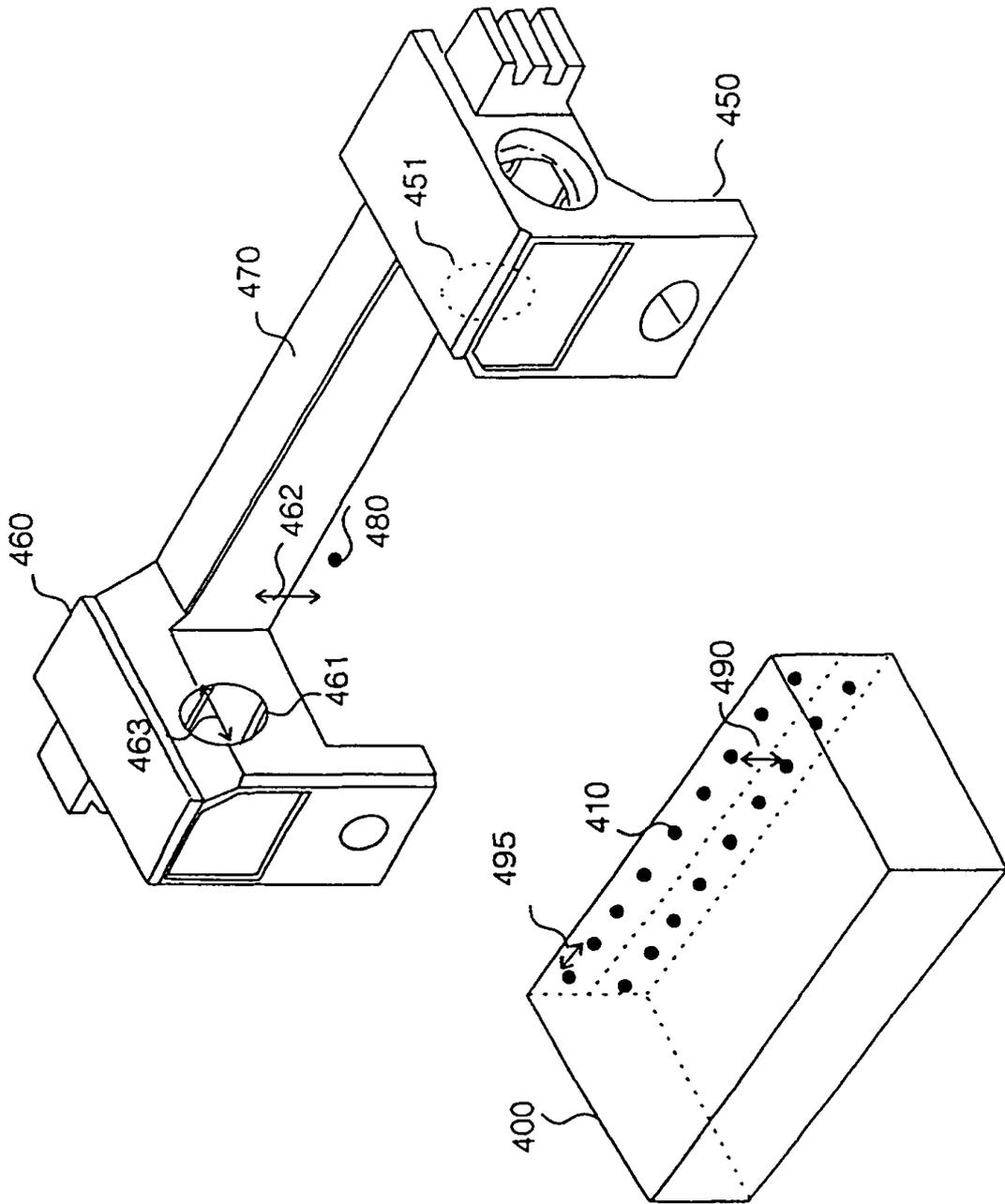


Fig. 4

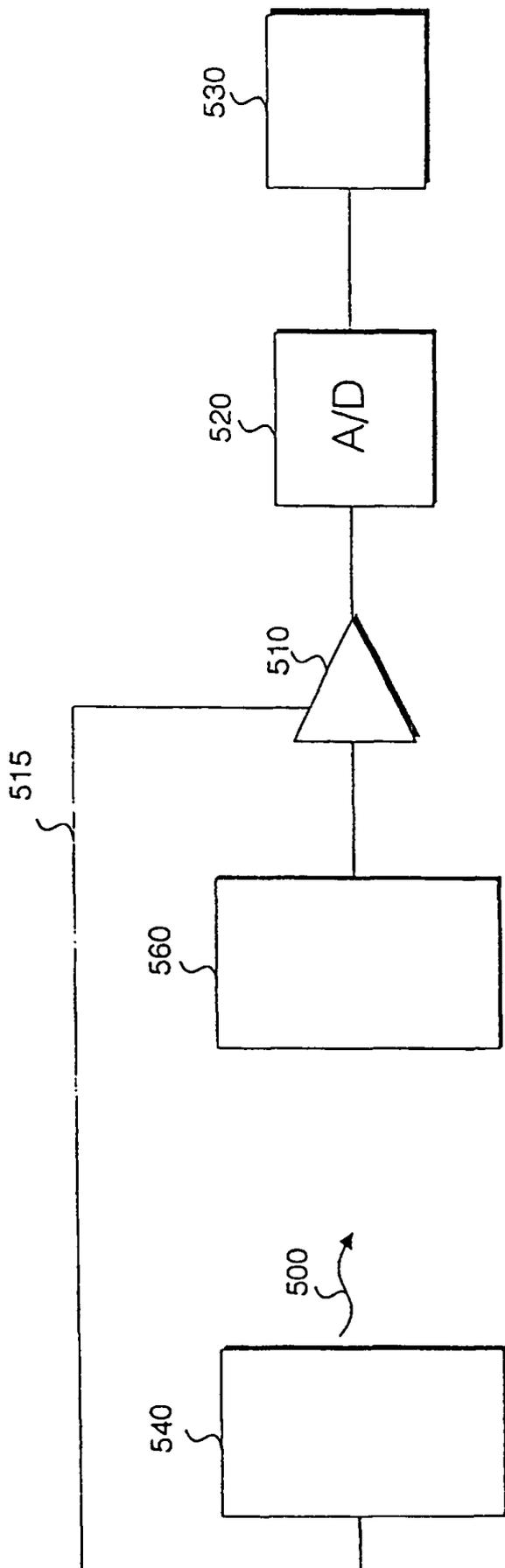


Fig. 5

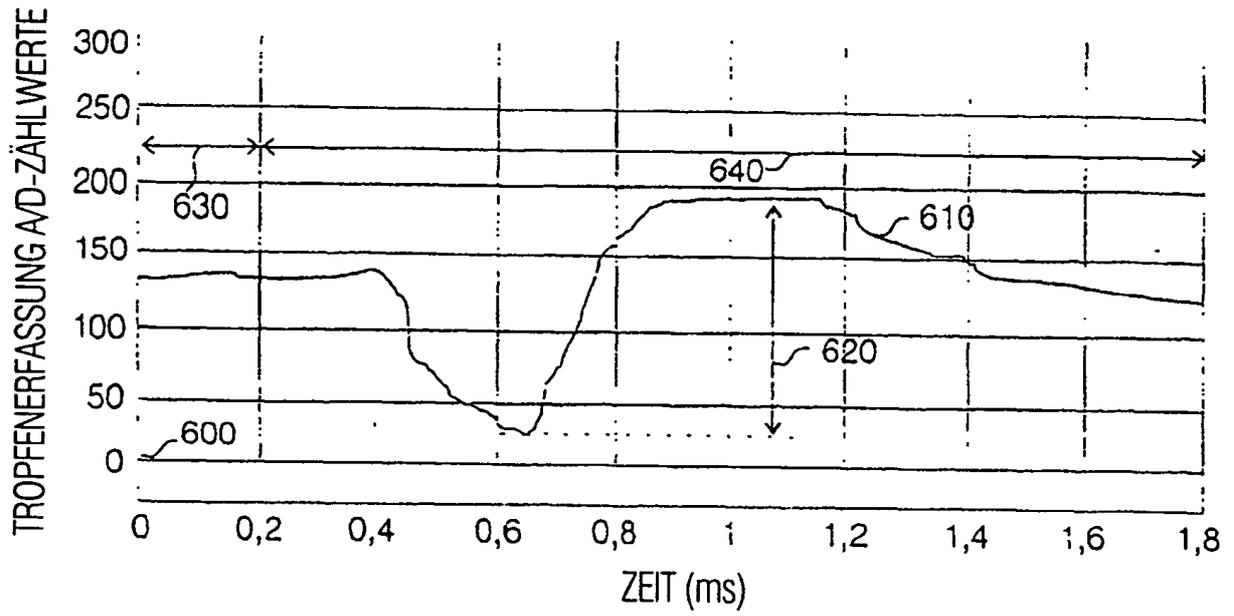


Fig. 6

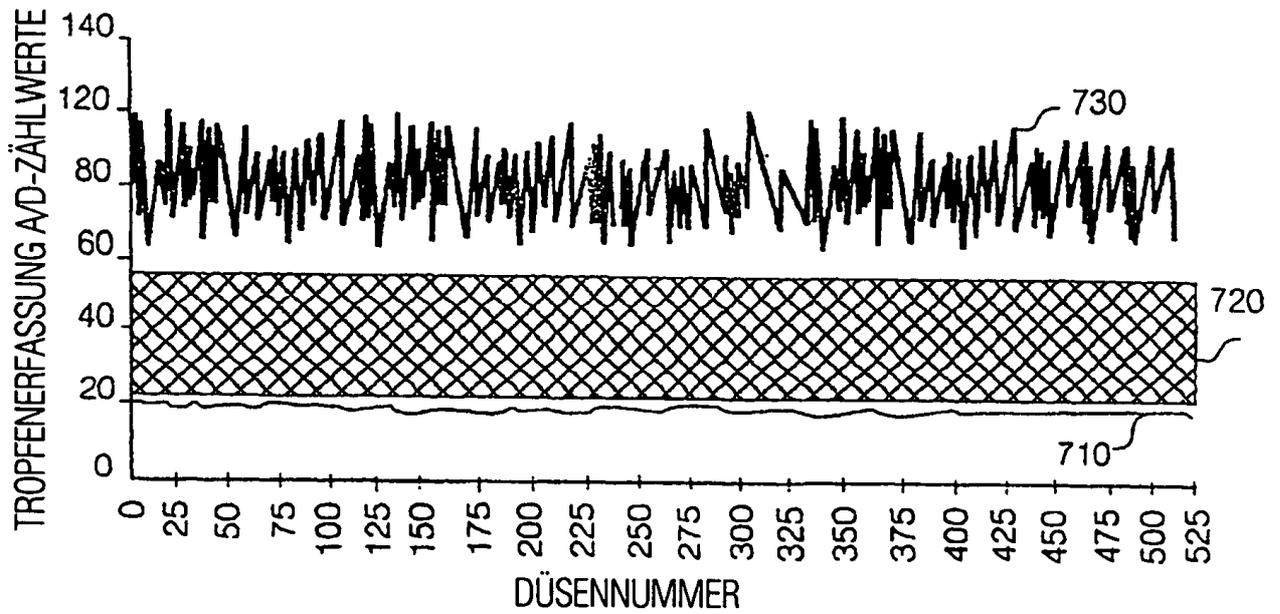


Fig. 7

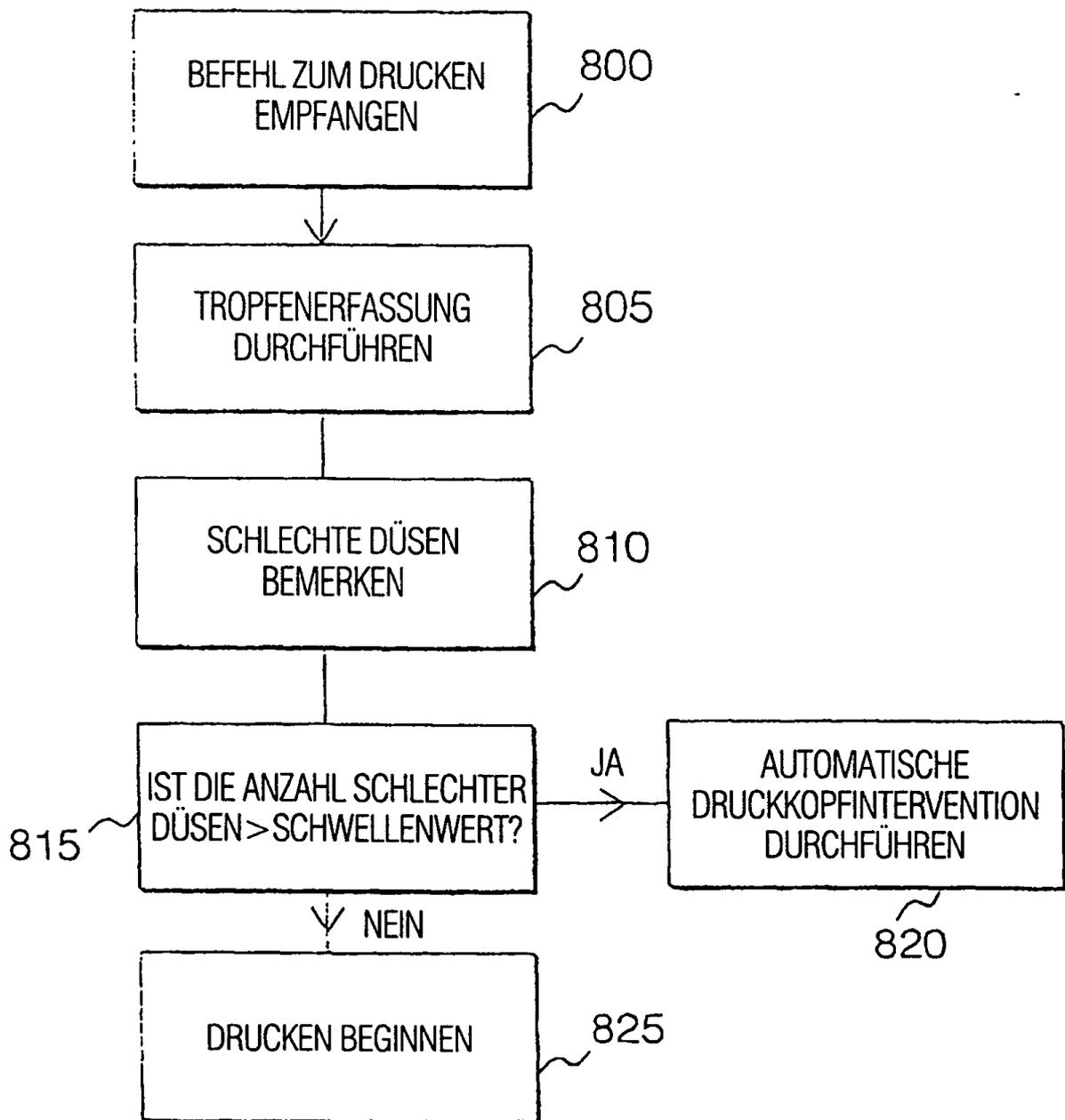


Fig. 8

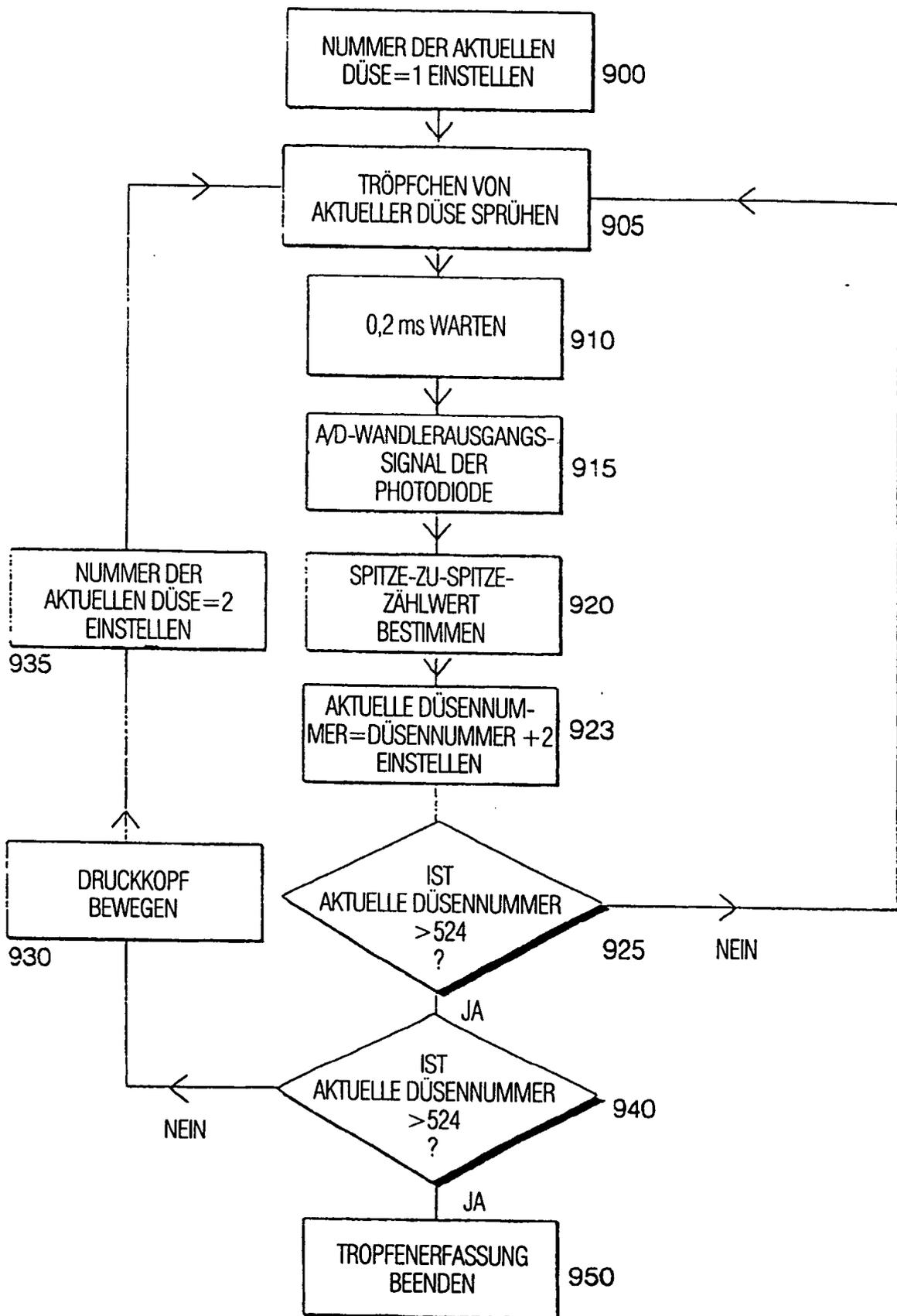


Fig. 9

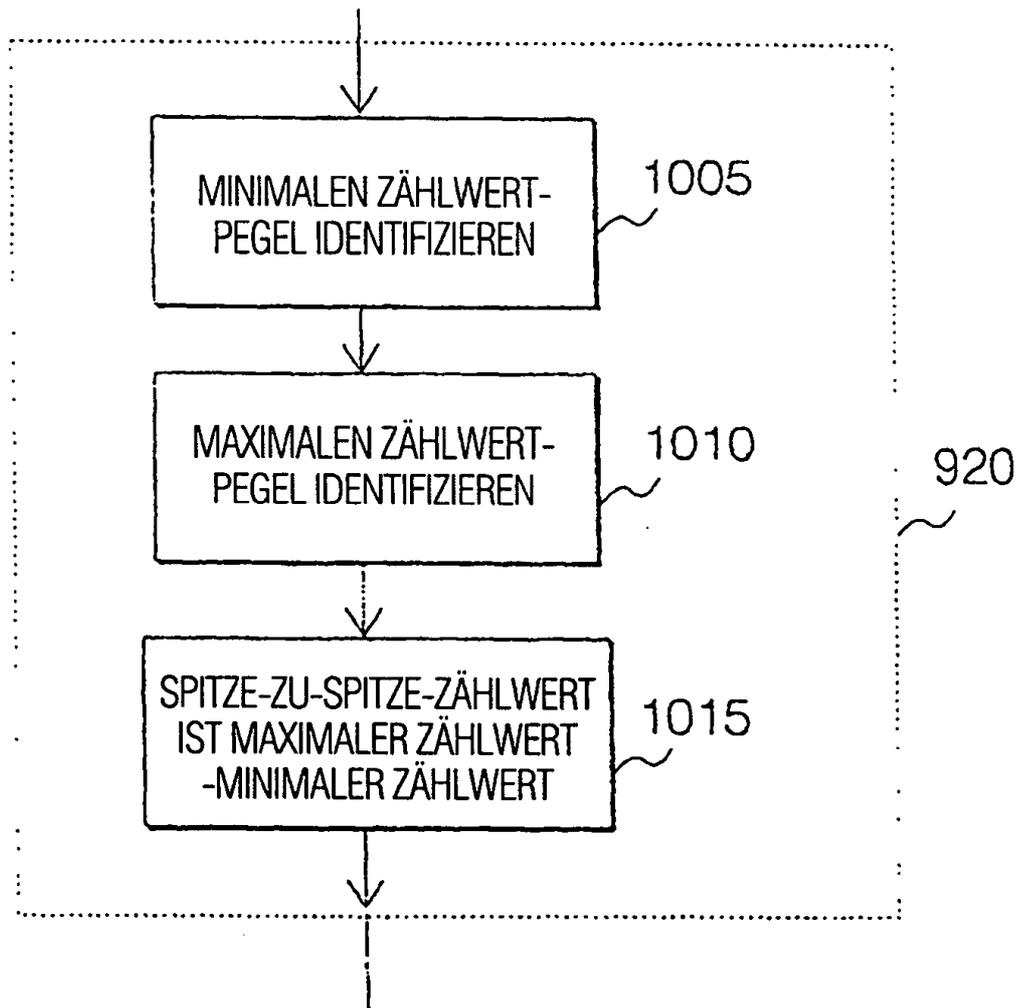


Fig. 10

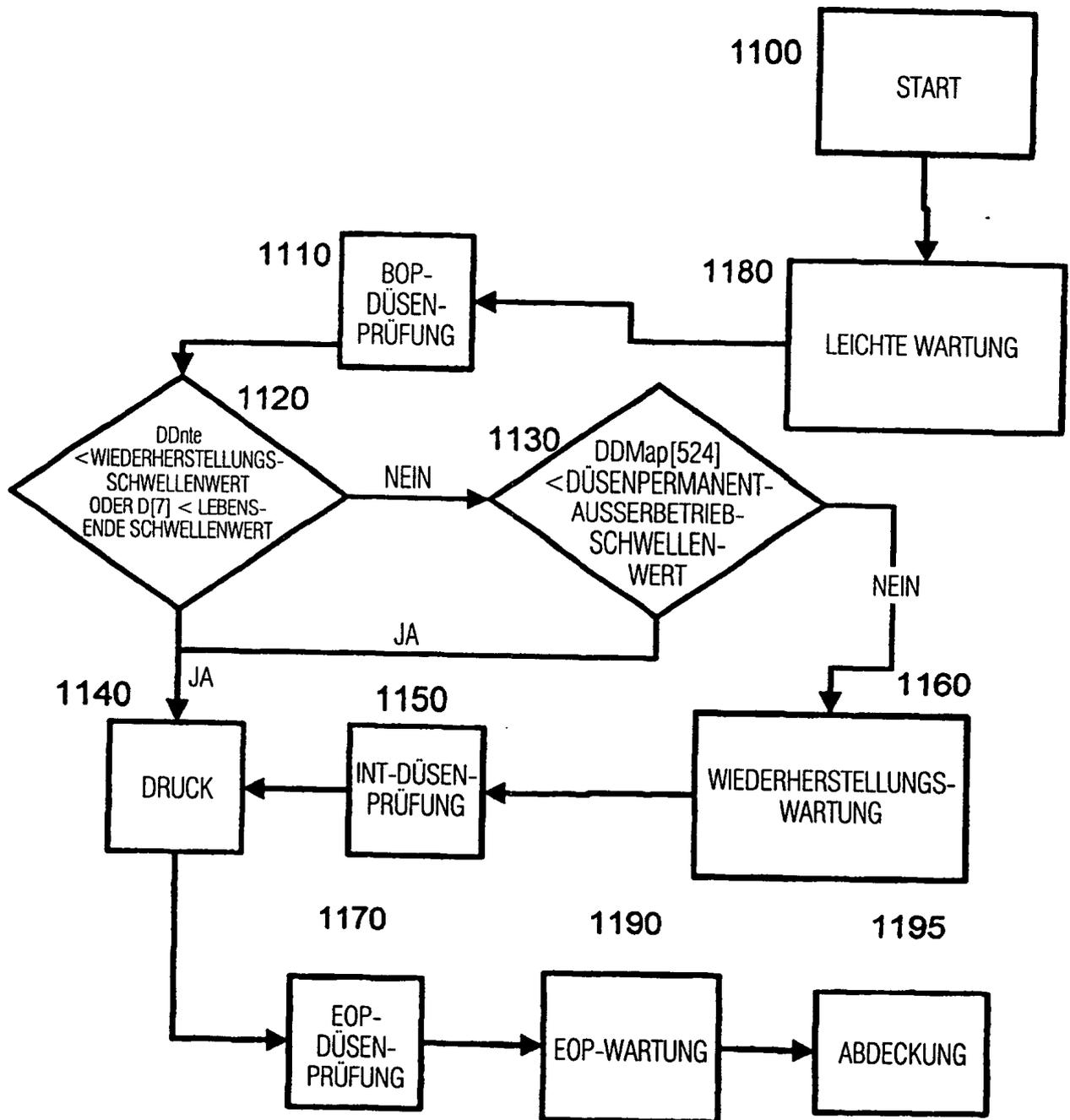


Fig. 11

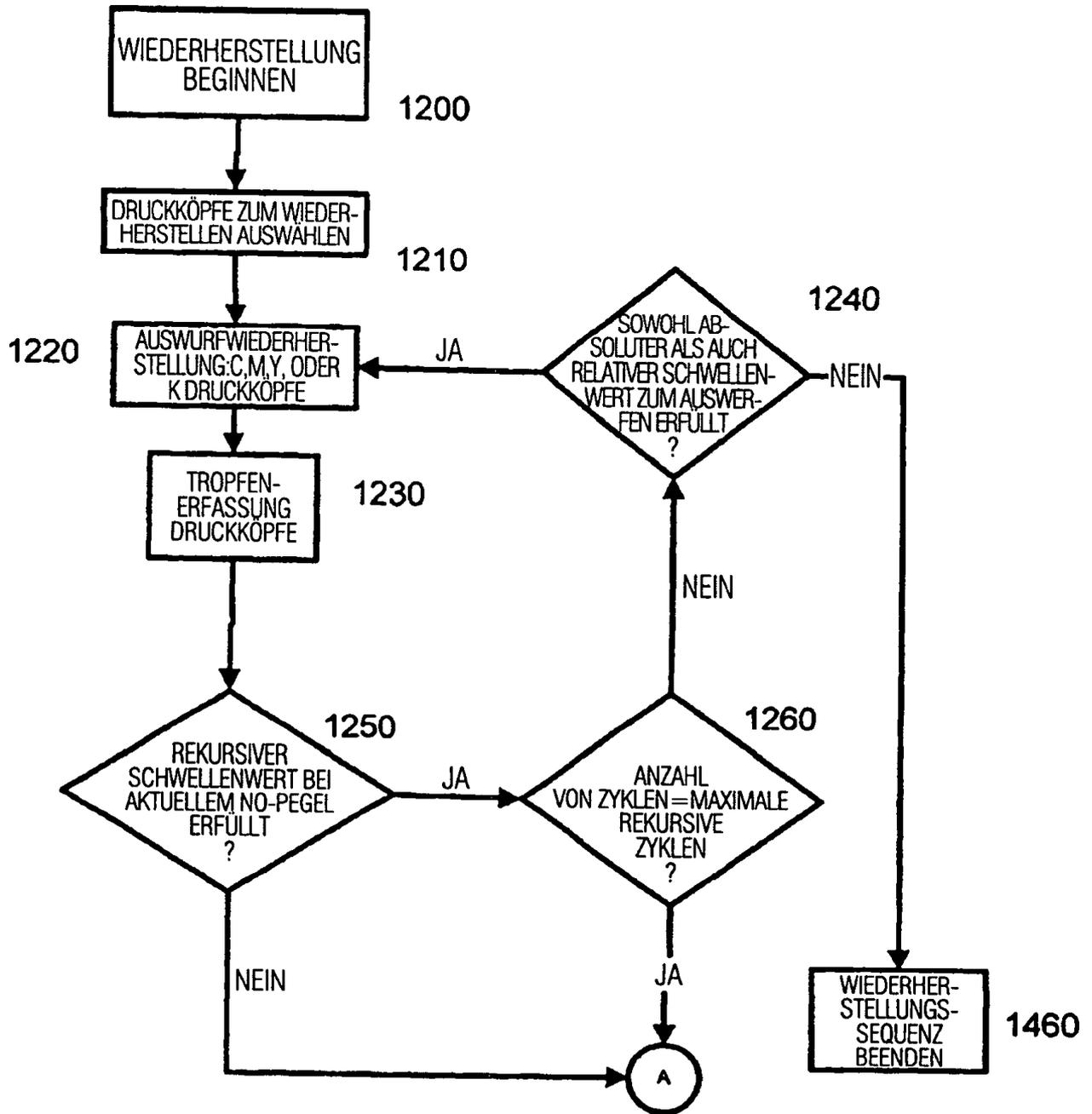


Fig. 12

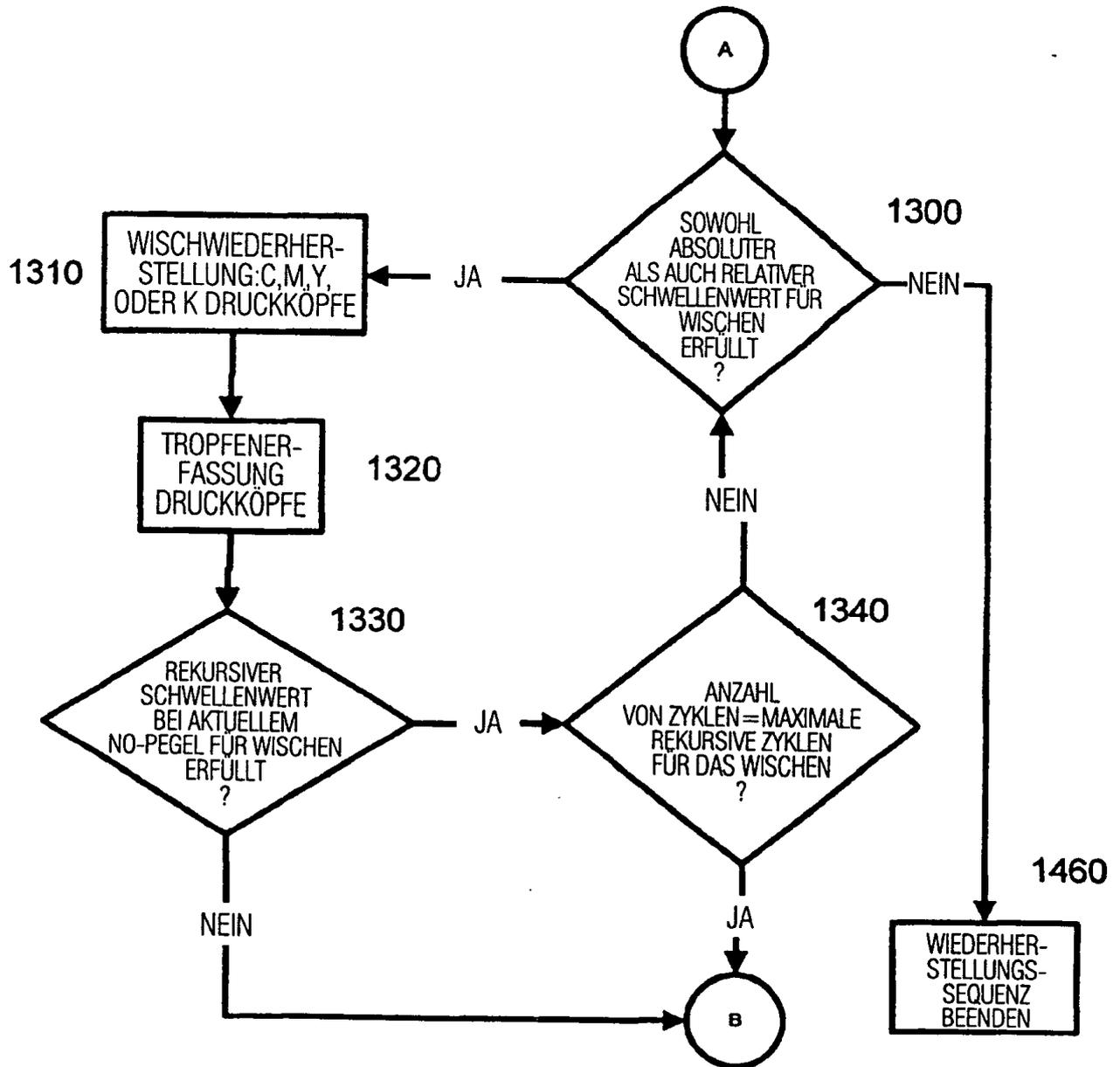


Fig. 13

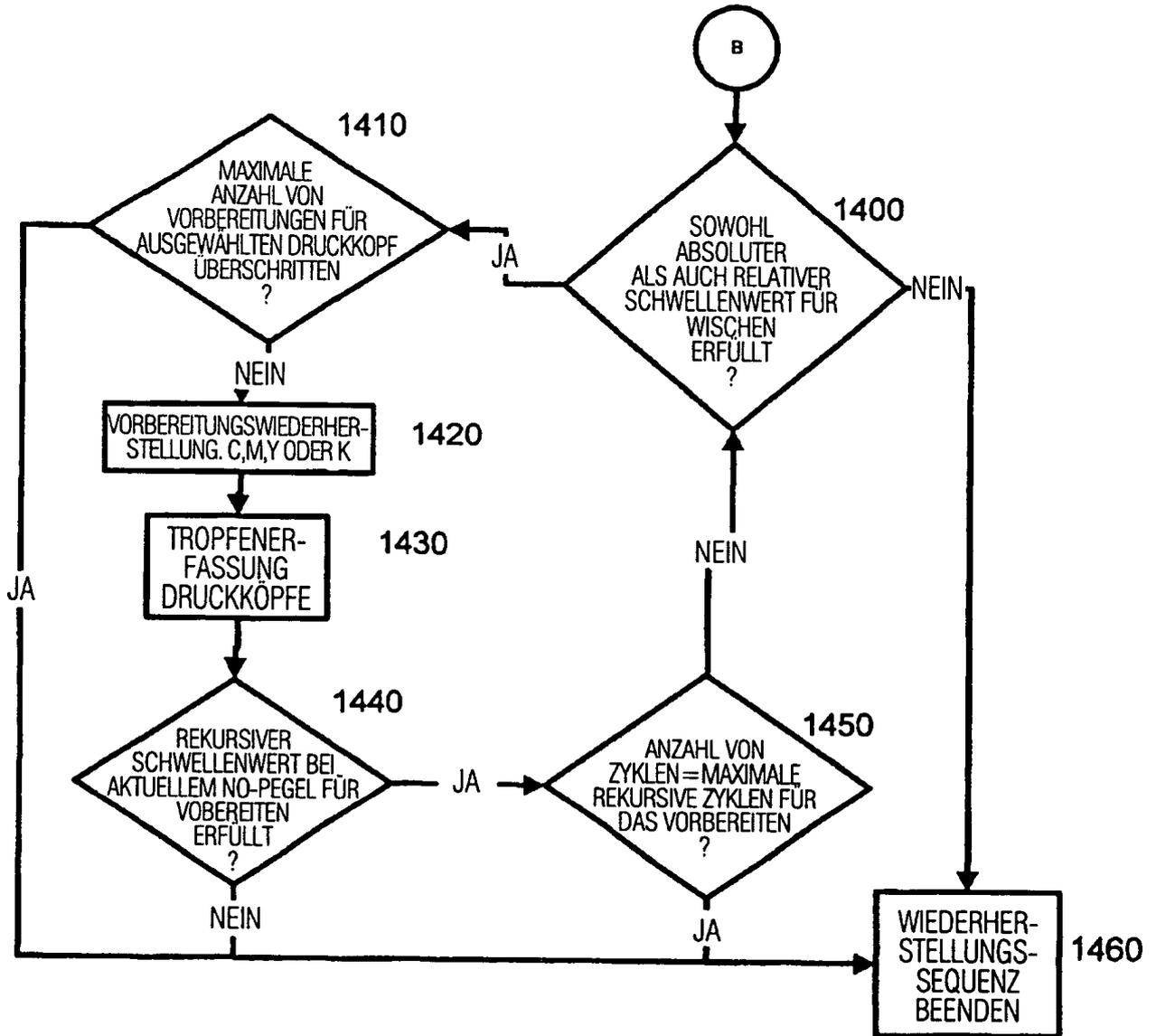


Fig. 14

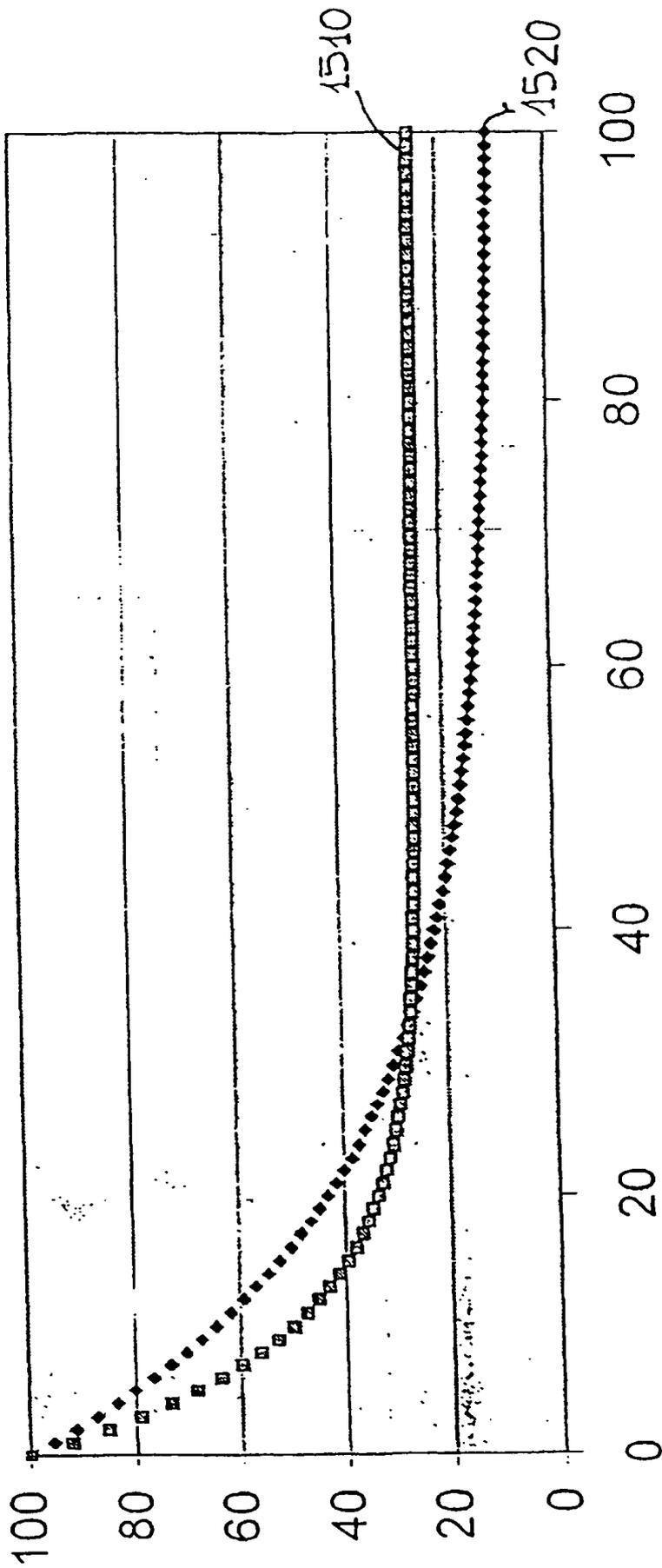


Fig. 15

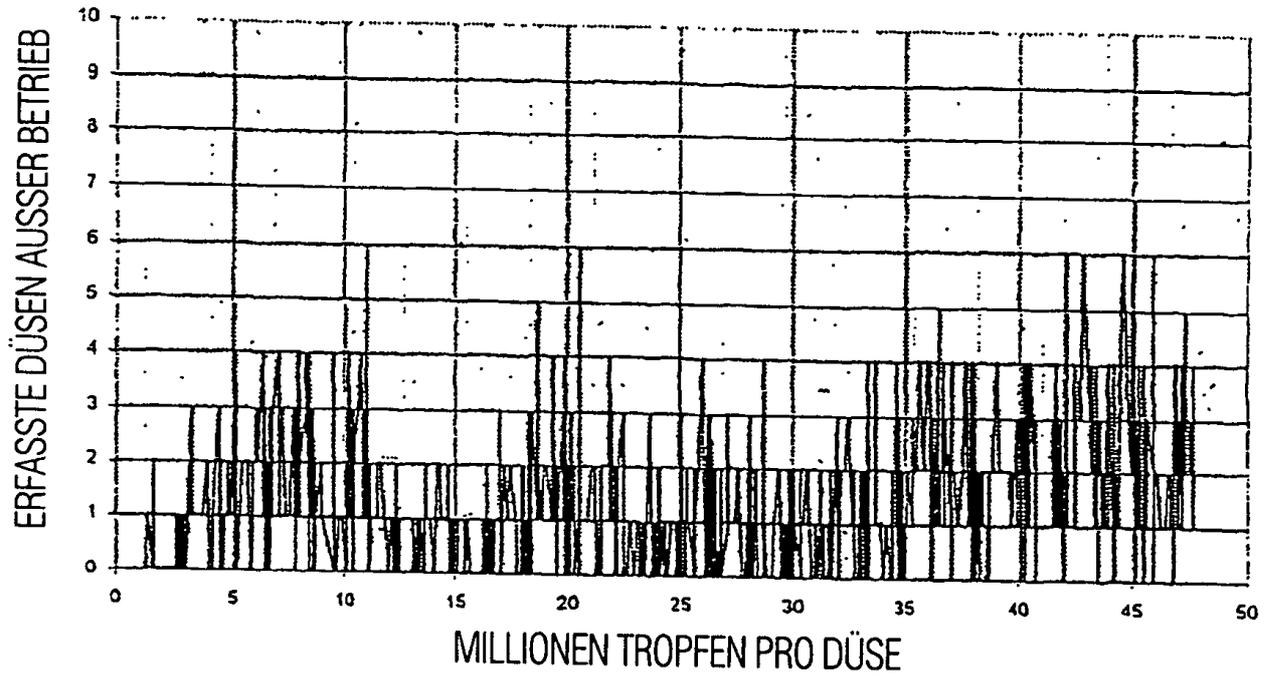


FIG. 16

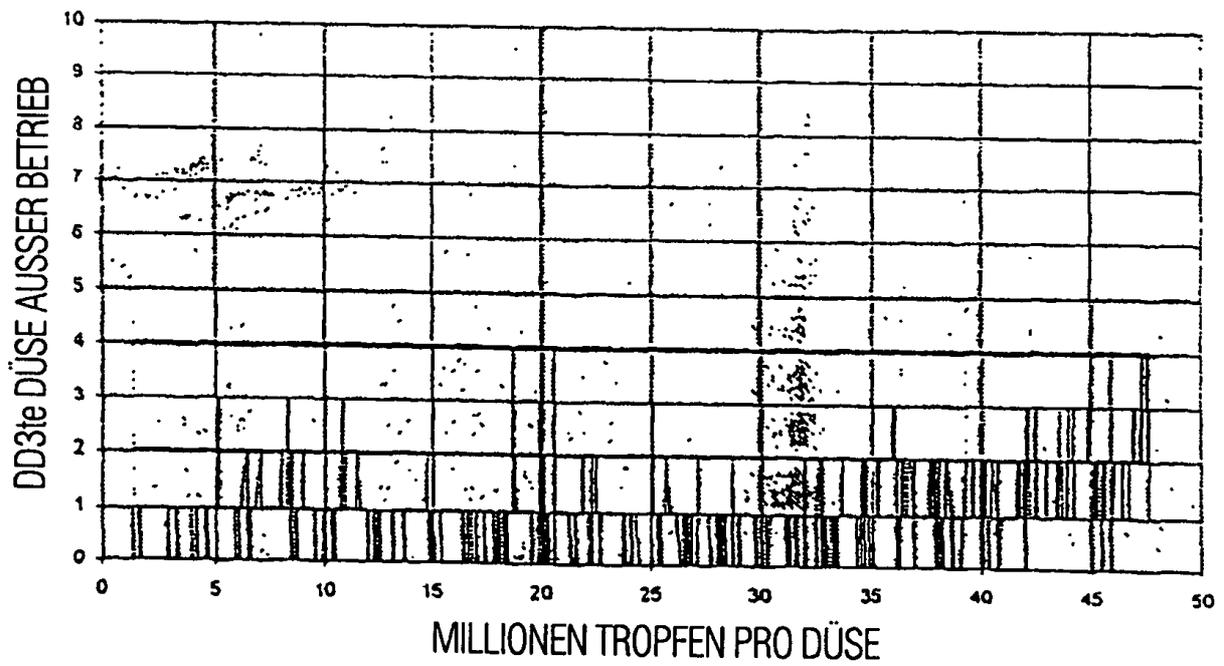


FIG. 17

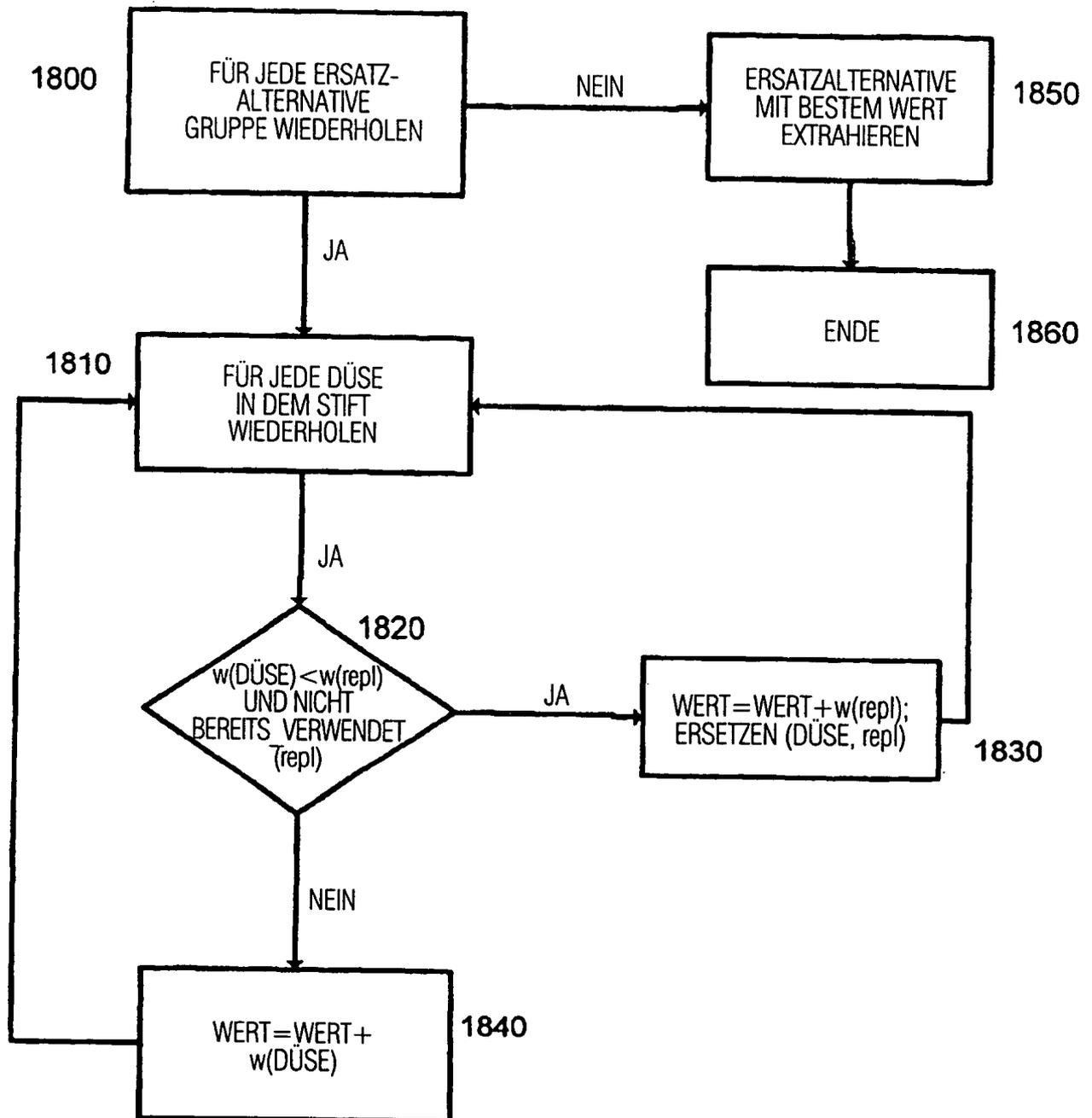


Fig. 18