

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 835 757 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.04.1998 Patentblatt 1998/16

(51) Int Cl.⁶: B41J 2/045

(21) Anmeldenummer: 97810560.9

(22) Anmeldetag: 08.08.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

(30) Priorität: 08.10.1996 CH 2446/96

(71) Anmelder: PELIKAN PRODUKTIONS AG
8132 Egg (CH)

(72) Erfinder:
• Heinzl, Joachim
81549 München (DE)
• Zollner, Alfred
85462 Eitting (DE)

- Möstl, Peter
84032 Altdorf (DE)
- Beurer, Gerhard
S-113 27 Stockholm (SE)
- Kretschmer, Joachim
8630 Rüti (CH)

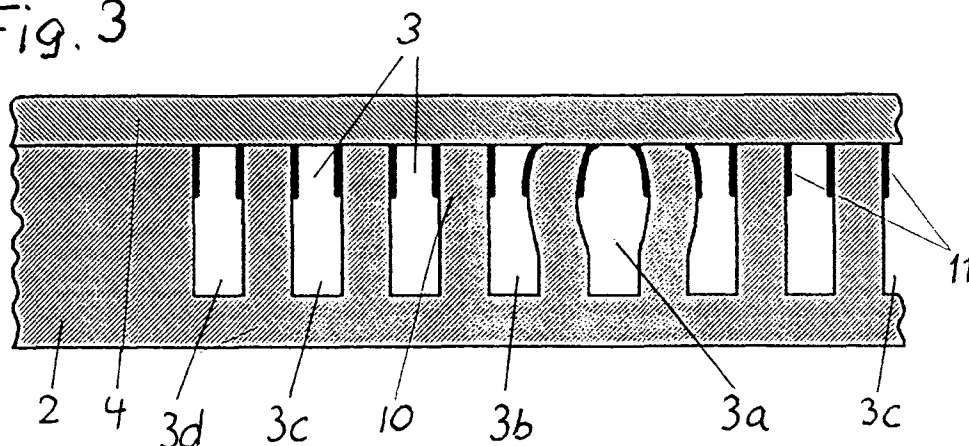
(74) Vertreter: Münch, Otto et al
Isler & Pedrazzini AG,
Patentanwälte,
Postfach 6940
8023 Zürich (CH)

(54) Verfahren zum Ansteuern von Piezoelementen in einem Druckkopf eines Tropfenerzeugers

(57) Der Druckkopf hat eine Vielzahl nebeneinander angeordneter Kanäle mit piezoelektrischen Scher-Wandlern. Die Impulsform zur Aktivierung der Wandler

wird abhängig von der Anzahl gleichzeitig aktivierter Nachbarkanäle so geändert, dass die Austrittsgeschwindigkeit der Tintentröpfchen konstant ist. Dadurch kann ein besseres Druckbild erreicht werden.

Fig. 3



EP 0 835 757 A2

Beschreibung

Aus der WO 95/25011 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Druckkopfs eines Ink-Jet-Printers bekannt. Der Druckkopf hat eine Vielzahl nebeneinander angeordneter Kanäle, die je einer Düse zugeordnet sind. Durch Aktivieren eines Kanals wird aus der betreffenden Düse ein Tintentröpfchen ausgestossen. Mit Steuerimpulsen wird erreicht, dass Druckwellen innerhalb eines aktivierten Kanals schneller abklingen. Bei dieser Lösung werden die Amplitudenwerte der Impulse eingestellt, wofür Linearverstärker benötigt werden. Diese haben einen schlechten Wirkungsgrad und erfordern eine aufwendige Schaltung. Die Impulsbreiten beschränken sich auf ganzzahlige Vielfache einer akustischen Periode L/c , wobei L die Kanallänge und c die Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit ist. Durch die Komplexität der Impulse ist es nur möglich, alle Kanäle mit der gleichen Ansteuerung und gleichen Impulsbreite zu betreiben.

Aus der US-A-5 461 403 ist ein weiteres Betriebsverfahren für einen piezoelektrischen Druckkopf bekannt. Die Breite der Steuerimpulse wird variiert, um die Tropfengeschwindigkeit und das Tropfenvolumen zu modulieren. Damit sollen verschiedene Graustufen erzeugt werden. Eine Variation der Impulsbreite führt zu einer Veränderung der Tropfengrösse. Die zahlreichen Werte der Impulsparameter erfordern eine aufwendige Tabellierung. Durch die Komplexität der Tabelle ist es nur möglich, alle Kanäle mit der gleichen Antsteuerung und gleichen Impulsbreite zu betreiben.

Bei beiden vorbekannten Lösungen kann es zu einer Beeinträchtigung des Druckbildes kommen, wenn der Druckkopf mit konstanter Relativgeschwindigkeit gegenüber dem zu bedruckenden Papier bewegt wird. Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Druckkopfes anzugeben, welches den obigen Nachteil vermeidet. Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombination der Ansprüche gelöst.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Darin zeigt:

- Figur 1 einen schematischen Längsschnitt durch einen Druckkopf mit einem Blockschaltbild der Ansteuerung,
- Figur 2 einen Horizontalschnitt durch den Druckkopf,
- Figur 3 einen Querschnitt,
- Figuren 4 und 5 Kennlinienverläufe der Steuerimpulse,
- Figur 6 drei verschiedene Impulsformen,
- Figur 7 ein Blockschaltbild einer integrier-

ten Ansteuerung,

- Figur 8 eine Schaltung für die Gruppenauswahl,
- Figur 9 ein Ausführungsbeispiel einer Logikschaltung zur Auswahl einer Impulsform,
- Figur 10 ein Ausführungsbeispiel einer Logikschaltung für mehrere Kanäle, und
- Figur 11 das Abklingen der Druckwellen in benachbarten Kanälen.

In Figuren 1 bis 3 ist schematisch ein Teil eines piezoelektrischen Druckkopfes 1 eines Ink-Jet-Printers nach dem Scherwandlerprinzip stark vergrößert und nicht massstäblich dargestellt. Er besteht aus einer Piezokeramikplatte 2, in welcher nebeneinander eine Vielzahl von längsverlaufenden, identischen, im Querschnitt rechteckigen Kanälen 3 eingearbeitet ist sowie einer Deckplatte 4 und einer Düsenplatte 5, welche am einen Stirnende jedes Kanals 3 eine Düse 6 aufweist. Auf dem gegenüberliegenden Stirnende sind alle Kanäle 3 miteinander über einen Querkanal 7 in der Deckplatte 4 verbunden. In Kanal 7 mündet eine Verbindungsleitung 8 zu einem Tintenvorratsbehälter 9. Jede Trennwand 10 zwischen den Kanälen 3 ist beidseitig auf einer Teilfläche mit einer Elektrode 11, also einer elektrisch leitenden Schicht versehen. Die Platte 2 ist auf einer Grundplatte 12 montiert. Wird an das Elektrodenpaar einer Wand 10 eine elektrische Spannung angelegt, so entsteht, bedingt durch die Polarisationsrichtung des Piezomaterials, eine Scherung der Kanaltrennwand 10. Durch die Einspannung verformt sich die Wand 10 wie in Figur 3 skizziert ist. Werden zwei benachbarte Wände 10 gegensinnig verformt, so erfolgt eine Volumenvergrößerung bzw. -verkleinerung des aktivierten Kanals 3a. Die an die Elektroden 11 angelegte Impulsform wird in einen Ansaugimpuls und einen gegensinnigen Ausstossimpuls unterteilt. Beim Ansaugimpuls verformen sich die Wände des aktivierten Kanals 3a wie in Figur 3 dargestellt, so dass Tinte aus dem Kanal 7 in den aktivierten Kanal 3a angesaugt wird. Beim Ausstossimpuls werden die aktivierten Wände 10 gegensinnig verformt, so dass ein Tröpfchen aus der Düse 6 des aktivierten Kanals ausgestossen wird.

Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, werden beim dargestellten Scherwandlertyp bei der Aktivierung des einen Kanals 3a auch die beiden unmittelbar daneben angeordneten Kanäle 3b beeinflusst. Die Impulsform wird so gewählt, dass die dadurch hervorgerufene Druckschwingung in diesen Nachbarkanälen 3b nicht ausreicht, um ein Tröpfchen aus deren Düsen auszustossen. Beim beschriebenen Wandlertyp sollte aber nicht gleichzeitig mit den aktivierten Wänden 10 des Kanals

3a eine der unmittelbar benachbarten Wände 10 auch aktiviert werden, weil sonst die Druckschwingungen im Kanal 3b zu gross würden. Deshalb ist es bei diesem Wandlertyp zweckmässig, die Kanäle 3 und damit die Düsen 6 so zu betreiben, dass nur jeweils höchstens jeder dritte Kanal gleichzeitig aktiviert wird. Die Kanäle und deren Ansteuerung werden also in Dreiergruppen aufgeteilt, welche nacheinander betrieben werden. Die Kanäle können jedoch auch in Vierer-, Fünfer- oder Sechsergruppen aufgeteilt werden, welche nacheinander betrieben werden.

Wegen des Verbindungskanals 7 werden nun beim Aktivieren des einen Kanals 3a nicht nur die unmittelbar benachbarten Kanäle 3b, sondern auch weiter entfernte Kanäle durch die entstehende Druckschwingung beeinflusst. Die Erfinder haben festgestellt, dass die Ausstossgeschwindigkeit der Tröpfchen aus einem aktivierten Kanal 3a bei konstanter Impulsform unterschiedlich ist, je nachdem ob gleichzeitig mit diesem einen Kanal 3a keiner oder ein dritter Nachbarkanal 3c oder beide dritten Nachbarkanäle 3c aktiviert werden. Dieser Unterschied in der Tropfengeschwindigkeit ist nachteilig, weil er das Druckbild ungünstig beeinflusst. Er kann durch Änderung der Impulsform je nach der Anzahl der gleichzeitig aktivierten dritten Nachbarkanäle vermieden werden.

In Figur 4 ist beispielsweise die für eine konstante Tropfengeschwindigkeit von $v=6\text{m/s}$ erforderliche Spannung für den Ansaugimpuls in Funktion der Impulsdauer aufgetragen. Wie aus Figur 4 ersichtlich ist, kann die Impulsform durch Änderung der angelegten Spannung und/oder durch Änderung der Impulsbreite t_1 so angepasst werden, dass die Tropfengeschwindigkeit unabhängig von der Anzahl gleichzeitig aktivierter dritter Nachbarkanäle konstant ist. Wegen der einfacheren Schaltung wird die Anpassung nur der Impulsbreite bevorzugt. Wie aus Figur 4 hervorgeht, ist die minimale Ansaug-Impulshöhe bei keinem gleichzeitig aktivierten dritten Nachbarkanal 0,91 der akustischen Periode. Um mit der gleichen Ansteuerspannung dieselbe Ausstossgeschwindigkeit bei einem oder zwei gleichzeitig aktivierten dritten Nachbarkanälen zu erreichen, ist eine Impulsbreite von 1,23 bzw. 1,33 der akustischen Periode erforderlich.

Figur 5 zeigt ein ähnliches Diagramm für den Ausstossimpuls t_2 , wobei auf der Zeitachse wiederum die Impulsbreite als Vielfaches der akustischen Periode und auf der Ordinate die Nachfüllzeit als Vielfaches der akustischen Periode aufgetragen sind. Die Impulsspannung ist jeweils so angepasst, dass wiederum eine konstante Tropfengeschwindigkeit von 6m/s erzielt wird. Die Nachfüllzeit ist die Zeitspanne, welche benötigt wird, bis der Flüssigkeitsmeniskus an der Düse 6 wieder seine Ausgangslage erreicht hat. Es sind wiederum die drei Varianten aufgetragen, bei welchen gleichzeitig mit dem aktivierten Kanal kein dritter Nachbar, ein dritter Nachbar oder zwei dritte Nachbarn aktiviert werden. Die ermittelten Kurven weisen mehrere Schnittpunkte auf.

Es ist also möglich, beim Betrieb auf einen dieser Schnittpunkte mit lediglich einer einzigen Ausstossimpulsform auszukommen. Optimal ist dabei der Schnittpunkt, bei dem die Nachfüllzeit minimal ist. Dies ist beim 1,1-fachen der akustischen Periode der Fall.

Figur 6 zeigt die drei ermittelten Impulsformen für den Betrieb mit gleichzeitig keinem (Fig. 6a), einem (Fig. 6b) und zwei aktivierten dritten Nachbarkanälen (Fig. 6c). Dabei haben die Ansaugimpulse 13 unterschiedliche Impulsbreiten und die Form der Ausstossimpulse 14 ist konstant.

Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, sind jeweils die äussersten beiden Kanäle 3d des Druckkopfs nicht aktivierbar, weil deren äussere Wand starr ist. Würden im Druckkopf zum Beispiel 64 aktivierbare Kanäle benötigt, so hat er total zum Beispiel 66 oder 68 Kanäle, wobei jeweils die äussersten n Kanäle unbenutzt sind. Ein Druckkopf mit 64 aktivierbaren Kanälen braucht 65 Piezoaktoren und 66 elektrische Verbindungen. Die äussere Wand der äussersten Kanäle 3d wirkt für die Druckschwingung im Querkanal 7 wie ein Spiegel. Die dort erfolgte Reflexion hat auf einen in der Nähe betriebenen Kanal den gleichen Einfluss als ob der gespiegelte dritte oder sechste Nachbarkanal gleichzeitig betrieben würde. Dies wird bei der Zuordnung der Ansaugimpulsbreite dieses Kanals zweckmässig berücksichtigt.

Figur 1 zeigt schematisch eine integrierte Ansteuerschaltung 15, die zweckmässig auf der Grundplatte 12 befestigt ist. Dadurch wird die Anzahl der Leitungen, die zur Steuerung des Druckkopfs 1 erforderlich sind, erheblich verringert.

Die Funktion der integrierten Ansteuerschaltung wird in Figur 7 verdeutlicht. Das Blockschaltbild zeigt die wichtigsten internen Teilfunktionen bestehend aus Leistungsschalter 16, Auswahllogik 17 und Schieberegister 18. Für die elektrische Verbindung zur Druckersteuerung werden in diesem speziellen Ausführungsbeispiel nur 13 Leitungen benötigt. Ein Vorteil dabei ist, dass die Anzahl der Leitungen selbst bei einer Erhöhung der Anzahl Kanäle und damit der Anzahl Wandler konstant bleibt. Die Spannungsversorgung für den Leistungs- und Logikteil geschieht über die Anschlüsse POWER, PGND, VCC, und GND. Über einen RESET-Anschluss wird die Ansteuerung in einen definierten Grundzustand versetzt. Die Anschlüsse G1 bis G4 sowie der Anschluss NEXT dienen der Steuerung der Tropfenerzeugung, wobei G1 bis G3 die drei verschiedenen Ansaugimpulsbreiten und G4 die als Ausstossimpulsbreite bedeutet. Die Anschlüsse DSERIN, DSEROUT und DCLK dienen der Datenübertragung, wobei der Ausgang DSEROUT zu Servicezwecken dient. Der ins Schieberegister übertragene Datenblock wird zum PC oder zur Druckersteuerung zurückgesendet und dort mit dem über DSERIN übertragenen Datenblock verglichen. Somit kann eine korrekte Datenübertragung überprüft werden. Ferner besteht die Möglichkeit, Statusinformationen vom Druckkopf zu übertragen (Temperatur zu hoch, Tinte leer usw.) und am PC auszuwer-

ten. Über DSERIN wird jeweils ein ganzer Datenblock für den Betrieb aller 64 Düsen (im vorerwähnten Beispiel) ins Schieberegister eingelesen. Die Düsen 6 werden in drei Phasen betrieben. Im Datenblock steht also die Information, welche Düsen in den nächsten Phasen betrieben werden, also das zu druckende Muster.

Figur 8 stellt den ersten Teil der Auswahllogik 17 dar. Sobald ein Datenblock eingelesen ist, aktiviert das NEXT-Signal die zur ersten Phase Ph1 gehörenden Düsen, sofern sie durch den Inhalt des Schieberegisters (in Fig. 8 die obere Ziffernreihe) ausgewählt sind. Die Signale Ph1, Ph2 und Ph3 werden nacheinander mit den NEXT-Signalen erzeugt durch den Phasenschalter 22. Die Ausgangssignale auf den Ausgangsleitern 23, 24, 25 des Phasenwahlschalters 22 werden über AND-Gatter 26 mit den Eingangssignalen aus dem Schieberegister 18 verknüpft. Damit ist sicher gestellt, dass nur jeweils höchstens jeder dritte Kanal des Druckkopfes gleichzeitig aktiviert wird. Nach Ph3 wird mit dem nächsten NEXT-Signal wieder mit Ph1 begonnen. Falls zu diesem Zeitpunkt nicht bereits durch ein DCLK-Signal ein neuer Datenblock über den DSERIN-Eingang ins Schieberegister 18 eingelesen wurde, werden die drei Phasen wiederholt, die Düsen 6 also im gleichen Muster nochmals aktiviert. Damit können unterschiedliche Grautöne erzielt werden. Werden keine Graustufen gefordert, so folgt nach jedem dritten NEXT-Impuls das Einlesen eines neuen Datenblocks ins Schieberegister 18 über den Eingang DSERIN getaktet durch DCLK. Sobald der neue Datenblock eingelesen ist, kann das nächste Muster mit einer Folge von drei NEXT-Impulsen gedruckt werden. Die Datenübertragung und die NEXT-Impulse werden durch die Drucker-Hardware synchronisiert und in Funktion der Bewegung des Druckkopfes relativ zum zu bedruckenden Papier gesteuert.

Der zweite Teil der Auswahllogik 17 ist in Figur 9 dargestellt. Sie zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einer mit einfachen Logik-Gattern aufgebauten Schaltung für die Auswahl der Impulsform an einem beliebigen Kanal i, abhängig von den Nachbarkanälen. Das Signal für den Kanal i ist an je einen der drei Eingänge von drei AND-Gattern 27 angeschlossen. Das Signal für die beiden dritten Nachbarkanäle i-3 und i+3 ist an die beiden andern Eingänge beim ersten Gatter 27 über je einen Inverter 28, beim zweiten Gatter 27 über ein EXCLUSIVE OR und ans dritte Gatter direkt angeschlossen. Je nachdem ob keiner, einer oder beide dritten Nachbarkanäle ± 1 bei eingeschaltetem Signal für den Kanal i gleichzeitig aktiviert wird, erscheint also ein Signal t10, t11 oder t12 am ersten, zweiten oder dritten Gatter 27.

Diese Auswahllogik 30 ist für sämtliche aktivierbaren Kanäle 3 des Druckkopfes 1 vorhanden, wie dies in Figur 10 dargestellt ist. Jeder der drei Ausgänge t10, t11, t12 der Schaltungen 30 ist über je ein AND-Gatter 31 mit den drei Leitungen 32, 33, 34 verknüpft, an welchen die drei Signale G1, G2 und G3 für die drei verschiedenen Ansaugimpulse 13 anstehen. Der Aus-

gang der drei einer Schaltung 30 zugeordneten Gatter 31 geht an den Eingang eines OR-Gatters 35. Die Impulslänge an den Ausgängen der Gatter 35 ist dann so bemessen, dass die Tropfengeschwindigkeit unabhängig ist von der Anzahl der gleichzeitig aktivierten dritten Nachbarkanäle. Der Schaltung 36 nach Figur 10 folgt noch die an sich bekannte Aufschaltung der Ausstosimpulse auf die aktivierten Kanäle (Eingänge oben bei Fig. 10), womit dann über die Leistungsschalter 16 die Elektroden 11 angesteuert werden.

Die dargestellte Schaltung ist nur eines von vielen möglichen Ausführungsbeispielen, das der einfacheren Darstellung wegen gewählt wurde. Logikfunktionen können durch eine beliebige Kombination von Gattern realisiert werden, wobei auch Vereinfachungen denkbar sind, bei denen Teilfunktionen bereits in andern Funktionsblöcken realisiert werden, zum Beispiel um doppelte Negierungen zu vermeiden.

Die erfindungsgemässe Lösung lässt sich noch verfeinern, wenn zusätzlich zur Anzahl der dritten Nachbarkanäle auch die Anzahl der gleichzeitig aktivierten sechsten Nachbarkanäle (deren Einfluss auf die Austrittsgeschwindigkeit allerdings geringer ist) berücksichtigt wird. Der Schaltungsaufwand ist dabei allerdings höher und es sind insgesamt neun verschiedene Ansaugimpulsformen erforderlich, aus welchen jeweils die zutreffende durch eine entsprechende Logikschaltung zu ermitteln ist.

Figur 11 zeigt eine weitere Möglichkeit der Verfeinerung: Dargestellt ist das Abklingen der Druckwellen in benachbarten Kanälen, wenn der Kanal 0 aktiviert wurde. Wie ersichtlich, sind die Druckschwingungen im ersten Nachbarkanal relativ erheblich und vermindern sich mit zunehmendem Kanalabstand. Sind die Druckschwingungen in einem Kanal noch nicht abgeklungen, bevor er aktiviert wird (zum Beispiel in Phase 2 oder 3 in Fig. 8), so ergeben sich aufgrund dieser Vorgeschichte veränderte Anfangsbedingungen, was sich ebenfalls auf die Tropfengeschwindigkeit auswirkt. Insbesondere bei Druckköpfen, bei welchen sich die Phasen rasch folgen, also rasch von einer Düsendruppe auf die andere umgeschaltet wird, ist es zweckmässig, bei der Auswahl der Impulsform, insbesondere der Impulsdauer, zusätzlich zu berücksichtigen, wieviele erste und zweite Nachbarkanäle in einem festen Zeitabstand vor dem Auslösen des aktivierten Kanals betrieben wurden.

Beim beschriebenen Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen piezoelektrischen Druckkopf des Scherwandlertyps. Es sind aber auch andere Typen piezoelektrischer Druckköpfe möglich, zum Beispiel solche mit einem Biegeschwinger über jeder Düse, zum Beispiel gemäss EP-A-713 773. Bei diesem Wandlertyp können auch zwei benachbarte Düsen gleichzeitig aktiviert werden. Auch bei diesen Druckköpfen ist die vorliegende Erfindung anwendbar, weil auch bei diesen über Druckschwingungen beim Aktivieren einer Düse benachbarte Kanäle beeinflusst werden. In diesem Fall ist natürlich die Verknüpfungsbedingung anders, so

dass zum Beispiel die Anzahl der gleichzeitig aktivierten ersten und zweiten Nachbarkanäle berücksichtigt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern von Piezoelementen in einem Druckkopf (1) eines Tropfenerzeugers mit einer Vielzahl nebeneinander angeordneter Tintenkanäle (3), dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoelemente (10,11) derart angesteuert werden, dass die Austrittsgeschwindigkeit der Tropfen unabhängig ist von der Anzahl gleichzeitig aktivierter Nachbarkanäle (3c). 10
15
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Abhängigkeit davon, wieviele Nachbarkanäle (3c) gleichzeitig aktiviert werden, die Form der Aktivierungsimpulse geändert wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Impulsdauer der Ansaugimpulse (13) und/oder der Ausstossimpulse (14) variiert wird. 25
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei gleichzeitig je höchstens jeder n-te Kanal (3) aktiviert wird, und wobei drei verschiedene Impulsformen verwendet werden abhängig davon, ob keiner, einer oder zwei n-te Nachbarkanäle (3c) aktiviert werden. 30
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei gleichzeitig je höchstens jeder n-te Kanal (3) aktiviert wird, und wobei neun verschiedene Impulsformen verwendet werden, abhängig davon, ob keiner, einer oder zwei n-te Nachbarkanäle und/oder keiner, einer oder zwei 2n-te Nachbarkanäle aktiviert werden. 35
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei in Abhängigkeit davon, wieviele erste und zweite Nachbarkanäle in einem festen Zeitabstand vor dem Auslösen des aktuellen Tropfenausstosses aktiviert wurden, die Impulsform variiert wird. 40
45
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Aktivierungsimpulse einen Ansaugimpuls und einen Ausstossimpuls umfassen, und wobei die Ausstossimpulse konstant gehalten werden. 50
8. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Ausstossimpulse so gewählt werden, dass die Nachfüllzeit der Kanäle minimal ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Ende eines Ansaugimpulses jedes betriebenen Kanals mit dem Anfang eines Ausstossimpulses dieses Kanals zusammenfällt. 55

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei auf beiden Seiten des Druckkopfes n Kanäle nicht betrieben werden, und wobei der letzte betriebene Kanal so betrieben wird, als ob der nicht vorhandene 2n-te Nachbarkanal zusätzlich betrieben wäre.

