

(19)



(11)

EP 3 720 719 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

21.09.2022 Patentblatt 2022/38

(21) Anmeldenummer: **18827251.2**

(22) Anmeldetag: **04.12.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B41J 2/045^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

B41J 2/04593; B41J 2/04581; B41J 2/04588;

B41J 2/04595; B41J 2/04596

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/IB2018/059616

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2019/111147 (13.06.2019 Gazette 2019/24)

(54) **DRUCKVERFAHREN FÜR EINE DIGITALE DRUCKVORRICHTUNG**

PRINTING METHOD FOR A DIGITAL PRINTING DEVICE

PROCÉDÉ D'IMPRESSION POUR UN DISPOSITIF D'IMPRESSION NUMÉRIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **05.12.2017 DE 102017011197**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

14.10.2020 Patentblatt 2020/42

(73) Patentinhaber: **Franck, Jan**

95466 Weidenberg (DE)

(72) Erfinder: **Franck, Jan**

95466 Weidenberg (DE)

(74) Vertreter: **Küchler, Stefan**

Stefan T. Küchler

Patentanwalt

Färberstraße 20

90402 Nürnberg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

JP-A- 2012 045 797

US-A1- 2009 184 995

US-A1- 2011 102 486

US-A1- 2012 293 577

US-A1- 2013 083 106

US-A1- 2016 039 201

EP 3 720 719 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung richtet sich auf ein Druckverfahren für eine digitale Druckvorrichtung, umfassend einen Druckkopf mit einer Mehrzahl von Drucksystemen sowie wenigstens eine Ansteuereinrichtung, um den Drucksystemen Ansteuersignale zur Erzeugung von Tintentropfen zuzuleiten, wobei jedes Drucksystem je eine Düse, wenigstens eine Tintenkommer und einen dieser zugeordneten, bspw. piezoelektrischen Aktivator zum Ausstoß von Tintentropfen von der betreffenden Tintenkommer durch die betreffende Düse auf ein zu bedruckendes Substrat als Reaktion auf ein Ansteuersignal aufweist.

[0002] Als indirektes bzw. analoges Druckverfahren ist der Offsetdruck eine der am weitesten verbreiteten Drucktechniken für Bücher-, Zeitungs-, Werbe- und Verpackungsdruk. Vor dem Druck wird zunächst eine individuelle Druckplatte gefertigt, von der dann während des Druckvorgangs die Farbe zunächst auf einen Gummizylinder übertragen wird und von dort sodann auf das zu bedruckende Substrat. Für jedes Motiv und jede Farbe wird hierfür eine eigene Druckplatte benötigt. Die vergleichsweise hohe Qualität des Offsetdrucks wird durch eine vergleichsweise niedrige Auflösung, z. B. 150lpi oder 120lpi (Raster von 150 Rasterpunkten bzw. 120 Rasterpunkten pro square inch) erzeugt, bei der aber für jeden Punkt nahezu unendlich verschiedene Punktgrößen zur Verfügung stehen. So kann bei vorgegebener Rastergröße die Farbtintensität von Weiss bis z. B. 100 % Magenta allein durch die Grössenzunahme der Farbpunkte realisiert werden.

[0003] Beim Digitaldruck wird dagegen auf eine Druckplatte verzichtet und das Druckbild vielmehr von einem Computer direkt an eine Druckvorrichtung übertragen. Als Druckvorrichtungen kommen dabei vor allem Tintenstrahl Druckwerke oder Laserdrucker in Betracht. Durch den Verzicht auf eine Druckplatte ist der Digitaldruck - gerade auch für kleinere Auflagen - einfacher, schneller und preiswerter. Bei gängigen Tintendruckern oder Tintenstrahl Druckern, beispielsweise mit Piezodruckköpfen, wird der Druck entweder durch individuelle elektrostatische Aufladung eines kontinuierlichen Tintenstrahls gesteuert, welcher sodann abhängig von seiner elektrischen Ladung in einem Feld abgelenkt werden kann (Continuous InkJet-Verfahren, CIJ), oder durch die Abgabe einzelner Tropfen bei Bedarf (Drop-on-Demand-Verfahren, DOD).

[0004] Solche Digitaldrucker beherrschen jedoch pro Druckfarbe zumeist nur 2 oder 3 verschiedene Tropfengrößen, welche mit den Punktgrößen des Offsetdrucks korrespondieren. Während sich dies vor allem beim Ausdrucken von Texten oder von sonstigen Schwarz-Weiss-Dokumenten mit einem kräftigen Kontrast zwischen Hell und Dunkel kaum bemerkbar macht, sind Tintenstrahl drucker beim Ausdrucken von Farbfotos oder Schwarz- weissbildern mit Grauschattierungen weniger geeignet. Falls zu diesem Zweck versucht wird, jeden einzelnen Bildpunkt in ein kleineres Raster von beispielsweise 4

mal 4 kleinere Punkte zu zerlegen und sodann 0, 1, 2 ... 15, 16 von diesen kleineren Rasterpunkten zu bedrucken, kann man zwar bereits 16 verschiedene Farbtintensitäten unterscheiden; jedoch sind diese kleineren Helligkeitsrasterpunkte eines Bildpunktes durchaus vom Auge noch als Punkte oder jedenfalls als optische Unruhe wahrnehmbar, oder gar als sogenannter Moiree-Effekt führen, d.h., mikroskopische Strukturen wiederholen sich regelmäßig und erzeugen dadurch ein deutlich wahrnehmbares oder gar unübersehbares makroskopisches Muster. Darüber hinaus würde die Auflösung eines Bildpunktes in bspw. 16 kleine Rasterpunkte die Druckgeschwindigkeit extrem reduzieren, weil nun anstelle eines einzigen Druckimpulses 16 Druckimpulse erforderlich sind. Ferner benötigt man komplexe Algorithmen, um den oben genannten Moiree-Effekt sowie dergleichen nachteilige Effekte zu unterdrücken.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind Dokumente US 2012/293577 A1, US 2013/083106 A1 und US 2009/184995 A1 bekannt, die ein Druckverfahren für eine digitale Druckvorrichtung offenbaren.

[0006] Ziel der Industrie ist eine Drucktechnik, die sich die Vorteile beider Drucktechniken zu Nutze macht, ohne deren Nachteile. Die Anforderungen an eine derartige Drucktechnik lassen sich wie folgt beschreiben: Die Vorteile des Offsetdrucks, nämlich hohe Qualität bei geringer Auflösung, hohe Geschwindigkeit, stabiler Druck über einen langen Zeitraum, jedoch ohne die Nachteile des Offsetdrucks, also die Notwendigkeit der Erstellung von Druckplatten, sondern vielmehr eine digitale Ansteuerung, bspw. zum Zweck schneller Motivwechsel, etc.

[0007] In dieser Richtung wurden zwar viele Versuche unternommen, jedoch stieß man dabei immer wieder auf Probleme, die sich beim derzeitigen Stand der Technik wie folgt darstellen:

Um die Qualität des Offsetdrucks rein optisch zu erreichen, benötigt der Digitaldruck wie oben beschrieben eine sehr viel höhere Auflösung. Eine hohe Druckgeschwindigkeit bei einer derart hohen physikalischen Auflösung benötigt eine sehr hohe Anzahl an Druckdüsen mit entsprechender hoher Dichte/Auflösung und hoher Feuerfrequenz (1200 dpi = 48 kHz / 2400dpi = 96 kHz) und gleichzeitig sehr kleinen Tropfen (1 pl bis 5 pl). Um eine hohe Druckstabilität über einen langen Zeitraum zu gewährleisten, werden Systeme teils redundant gebaut mit "Ersatzdüsen" für nicht korrekt druckende Düsen und entsprechenden technischen Vorrichtungen, welche selbige Düsen als fehlerhaft erkennen und entsprechend ersetzen.

[0008] Für den Maschinenbauer bedeutet dies einen sehr hohen Anspruch an mechanische Bauteile, vor allem hinsichtlich der Justage der Druckköpfe, die im Bereich von wenigen Micrometern perfekt zueinander ausgerichtet werden müssen. Gleichzeitig benötigen diese Maschinen eine komplexe Überwachung der Düsen, z. B. in Form einer optischen Erkennung fehlerhafter Düsen während des Druckens und entsprechendem Ersatz dieser Düsen. Der ganze Materialtransport muss an den

Digitaldruck angepasst werden, da Luftverwirbelungen die kleinen Tropfen von 1 pl bis 5 pl stark ablenken. Sowohl die Software als auch die Hardware muss in der Lage sein, enorme Mengen an Druckdaten an die Druckeinheiten zu schicken, die vorher für den Digitaldruck aufbereitet werden müssen - ähnlich einer Rip-Software. Da Druckdaten gewöhnlich mit einer Auflösung von 150 bis 300 dpi aus der Druckvorstufe kommen, wobei jedem Pixel ein exakter Farbwert zugeordnet ist, bedeutet dies für die Druckdaten das Hochrechnen oder Verfälschen des Bildes auf 1200×1200 oder 1200×2400 dpi. Dabei wächst die reine Datei unkomprimiert schon auf das 16 bis 32-fache. Hinzu kommen diverse Algorithmen, die zum einen die mechanischen Toleranzen der Maschine kaschieren und gleichzeitig das perfekte Druckbild wiedergeben müssen ohne für das menschliche Auge erkennbare Effekte plus das herkömmliche Colormanagement für Farbtreue, etc.

[0009] Die Herstellung von Druckköpfen mit einer immer höheren physikalischen Auflösung (Düsendichte) und immer kleineren Tropfen bereitet Druckkopfherstellern ebenso große Probleme. Kleinste mechanische Abweichungen in der Fertigung, und/oder Düsen, welche nicht funktionieren, führen zu einem enormen Ausschuss in der Produktion und zu einem entsprechend hohen Endpreis der Druckköpfe.

[0010] Ebenso aufwendig gestaltet sich die Arbeit der Tintenhersteller bzw. Druckkopfelektronik-Entwickler.

[0011] Ein alternativer Ansatz für die Entwicklung einer Druckmaschine mit den oben erwähnten Eigenschaften - also hohe Qualität bei geringer Auflösung, hohe Geschwindigkeit, stabiler Druck über langen Zeitraum ohne Verwendung von Druckplatten - wäre es, einen Druckkopf derart anzusteuern, dass er ähnlich dem Offset für jeden Bildpunkt einen Tropfen in der passenden Tropfengröße druckt.

[0012] Deshalb ist bereits versucht worden, die Tropfenanzahl und/oder -größe bei gleichbleibender Düsengröße zu verändern.

[0013] Der übliche Weg hierfür ist die Vervielfältigung der Ansteuerimpulse pro Bildpunkt. Je nachdem, in welchem zeitlichen Abstand diese Ansteuerimpulse aufeinander folgen, werden damit entweder mehrere Tropfen erzeugt, oder - wenn sich die einzelnen Tropfen im Bereich der Düse oder im Flug miteinander verbinden - größere Tropfen. Damit lassen sich pro Bildpunkt dunklere Farben realisieren bspw. ein dunkleres Grau bis hin zu Schwarz. Eine Verkleinerung der Tropfengröße zwecks Verbesserung der Grauabstufungen ist damit jedoch nicht möglich. Darüber sind für eine derartige Steigerung der Tropfenanzahl oder -größe mehrere Druckimpulse erforderlich, wodurch wiederum die Druckgeschwindigkeit leidet. Im Übrigen hat sich herausgestellt, dass normalerweise größere Tintentropfen eine höhere Geschwindigkeit haben als kleinere Tintentropfen, was sich in Form eines uneinheitlichen Druckbildes bemerkbar machen kann.

[0014] Aus den Nachteilen des beschriebenen Stan-

des der Technik resultiert das die Erfindung initiiierende Problem, ein gattungsgemäßes Druckverfahren für einen Tintenstrahldruckkopf derart weiterzubilden, dass die Tropfengröße und/oder -geschwindigkeit mit einem möglichst geringen Aufwand beeinflusst oder eingestellt werden kann. Besonderes Interesse gilt der Frage, ob trotz unterschiedlicher Tropfengrößen eine einheitliche Tropfengeschwindigkeit sichergestellt werden kann.

[0015] Die Lösung dieses Problems gelingt durch ein Druckverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0016] Bevorzugt wird im Rahmen der Ansteueranordnung zur Erzeugung von Tintentropfen unterschiedlicher Größe eine einzige Wellenform für das Ansteuersignal mit einem vorgegebenen Zeitverlauf in Form eines einzigen Druckimpulses hinterlegt, umfassend eine erste Flanke zur Vergrößerung des Volumens einer Tinten-kammer mittels des betreffenden Aktivators, gefolgt von einer ersten Haltezeit, während der Tinte in die betreffende Tinten-kammer gesaugt wird, sowie eine zweite Flanke zur Reduzierung des Volumens der betreffenden Tinten-kammer mittels des betreffenden Aktivators, gefolgt von einer zweiten Haltezeit, während der ein Tintentropfen aus der zugeordneten Düse hinausgeschossen wird, wobei die unterschiedliche Tropfengröße dadurch erreicht wird, dass allenfalls bei einer einzigen Tropfengröße die gesamte Wellenform als Ansteuersignal zu dem betreffenden Aktivator übertragen wird, während bei allen anderen Tropfengrößen ein oder mehrere Abschnitte der hinterlegten, gemeinsamen Wellenform, bestehend aus erster Flanke, erster Haltezeit, zweiter Flanke und zweiter Haltezeit, im Rahmen des Ansteuer-signals von dem betreffenden Aktivator ferngehalten werden.

[0017] Der Erfinder hat herausgefunden, dass auch durch die Unterdrückung eines oder mehrerer Abschnitte einer abgespeicherten, gemeinsamen Wellenform signifikant und zuverlässig auf die Tropfengröße eingewirkt werden kann, d.h., es lassen sich Tropfen mit deutlich abweichender Größe generieren, wobei die Wiederhol-genauigkeit sehr präzise ist, d.h., die unterschiedlichen Tropfengrößen werden mit großer Präzision eingehalten. Andererseits erlaubt die individuelle Unterdrückung einzelner Abschnitte einer abgespeicherten, gemeinsamen Wellenform eine flexiblere Einflussnahme auf die Tropfengröße. Beispielsweise lassen sich die Einsatz- und Endzeitpunkte zu übertragender Anteile der gemeinsamen Wellenform analog, d.h. stufenlos beeinflussen, während bei unterschiedlichen abzuspeichernden Wellenformen die Anzahl der unterschiedlichen Tropfengrößen abzählbar ist. Dieser Vorteil resultiert insbesondere auch daraus, dass im Rahmen des vorliegenden Verfahrens nicht ganze Impulse ein- oder ausgeblendet werden wie dies bspw. beim Drucken mehrerer Tropfen angewendet wird, um die Tropfenanzahl zu verändern, sondern dass einzelne Zeitabschnitte eines einzelnen Druckimpulses aus- oder eingeblendet werden.

[0018] Die Erfindung empfiehlt, zur Ansteuerung eines Aktivators eine Ansteuerstufe mit einem geschalteten

Ausgang zu verwenden oder vorzugsweise eine Ansteuerstufe mit einem gesteuerten oder geregelten Ausgang. Unter einem eschaiteten Ausgang soll in diesem Zusammenhang eine Beschaltung verstanden werden, welche Ausgangsseitig zwischen zwei oder mehreren, vorgegebenen, vorzugsweise konstanten Spannungen hin- und herschalten kann, also bspw. zwischen 0 V und 20 V. Solchenfalls wird eine Flanke als Übergang zwischen diesen Konstantspannungen nicht vorgegeben, sondern der Ausgang folgt stets mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit dem jeweils durchgeschalteten Konstantspannungswert. Bei einem gesteuerten oder geregelten Ausgang sind mehrere oder im Idealfall sogar beliebige Zwischenspannungen möglich.

[0019] Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass die Ansteuerschaltung während nicht durgeschalteter Teilabschnitte der abgespeicherten Wellenform an ihrem mit einem Aktivator verbundenen Ansteuer-Ausgang hochohmig ist. In diesem hochohmigen Zustand ist der Aktivator quasi sich selbst überlassen. Es wird daher ein Aktivator "mit einem Gedächtnis" empfohlen, der seinen zuletzt eingestellten Zustand speichern kann.

[0020] Es hat sich als günstig erwiesen, dass der an einem Aktivator angeschlossene Ansteuer-Ausgang der Ansteuerschaltung nach Art einer Gegentaktschaltung aufgebaut ist mit zwei ausgangsseitig in Reihe geschalteten Transistoren. Diese Transistoren lassen sich auf unterschiedliche Weise betreiben. Einerseits kann mit jeweils eine von zwei Versorgungsspannungen an den Ausgang durchgeschaltet werden, also bspw. $V_{a,s} = 0$ V oder $V_{a,s} \pm 20$ V. Andererseits lässt sich damit auch ein Regelkreis aufbauen, wobei der als Ausgang dienende, gemeinsame Knoten beider Transistoren beliebige Zwischenwerte zwischen den beiden Versorgungsspannungen einnehmen kann, also bspw. $0 \text{ V} \leq V_{3,r} \leq 20 \text{ V}$.

[0021] Die zwei ausgangsseitig in Reihe geschalteten Transistoren des an einem Aktivator angeschlossenen Ansteuer-Ausgangs der Ansteuerschaltung sollten in nicht durchgeschaltetem Zustand beide ausgangsseitig hochohmig sein, um dem angeschlossenen Aktivator die Möglichkeit zu geben, sich nicht von der Ansteuerschaltung beeinflussen lassen zu müssen; vielmehr könnte dann der gerade herrschende Tintendruck oder -unterdruck die Ausgangsspannung beeinflussen, so dass eine unmittelbare Reaktion auf geänderte Umgebungsbedingungen möglich ist.

[0022] Im Rahmen der erfindungsgemäßen Ansteuerung eines Aktivators sollte die Anordnung derart getroffen sein, dass während der ersten oder zweiten Flanke das Volumen einer Tintenkommer mittels des betreffenden Aktivators vergrößert wird, und während der darauf unmittelbar folgenden, ersten oder zweiten Haltezeit Tinte in die betreffende Tintenkommer gesaugt werden.

[0023] Andererseits sollte während der jeweils anderen, zweiten oder ersten Flanke das Volumen der betreffenden Tintenkommer mittels des betreffenden Aktivators reduziert werden, und während der darauf unmittelbar folgenden, zweiten oder ersten Haltezeit ein Tinten-

tropfen aus der zugeordneten Düse hinausgeschossen werden.

[0024] Besondere Vorteile ergeben sich, wenn als Aktivator ein Piezoelement verwendet wird, das mit einer Tintenkommer im Bereich einer Tintendüse in Kontakt steht, um das Volumen der Tintenkommer zu beeinflussen. Durch Anlegen unterschiedlicher Spannungen kann ein solches Piezoelement sowohl kontrahiert als auch expandiert werden, so dass mit einem einzigen, steuerbaren Element sowohl das Beladen bzw. Vollaugen der Tintenkommer mit Tinte bewirkt werden kann, wie auch das Herausdrücken bzw. Abschießen eines Tintentropfens.

[0025] Sofern das Piezoelement an zwei einander gegenüber liegenden Seiten leitfähige Beläge aufweist, so können diese als Elektroden verwendet werden, um damit das Piezoelement zu steuern.

[0026] Indem das Piezoelement zwischen den zwei einander gegenüber liegenden Belägen elektrisch nicht leitfähig ist, bleibt eine infolge einer angelegten Spannung aufgebrauchte elektrische Ladung bei hochohmigem Ausgang der Ansteuerschaltung konstant.

[0027] Die während einer Ladeperiode auf das Piezoelement aufgebrauchte elektrische Ladung ist einerseits von der angelegten Spannung abhängig, sowie andererseits von der Dauer der Ladeperiode.

[0028] Die Erfindung lässt sich dahingehend weiterbilden, dass aus der abgespeicherten Wellenform jeweils wenigstens zwei Intervalle ausgewählt und an den Aktivator übertragen werden.

[0029] Wenigstens zwei ausgewählte und an den Aktivator übertragene Intervalle sollten nicht unmittelbar aufeinander folgen.

[0030] Die Erfindung sieht vor, dass die an den Aktivator übertragenen Intervalle aus einer ersten oder zweiten Haltezeit ausgewählt werden.

[0031] Von der Erfindung wird bevorzugt, dass bei einer, mehreren oder allen effektiven Tropfengrößen jeweils keine Flanke an den Aktivator übertragen wird. Indem keine abgespeicherte Flanke übertragen wird, sondern vielmehr nur - ganz oder teilweise - einige oder alle Haltephasen, wird anstelle vorgegebener Flanken ein neuer Sollwert vorgegeben, dem sich die Ausgangsspannung selbsttätig annähern kann.

[0032] Die Erfindung erfährt eine vorteilhafte Weiterbildung dahingehend, dass die abgespeicherte Wellenform zwei oder mehrere aufeinander folgende Ansteuerimpulse umfasst, von denen jeder jeweils eine erste Flanke aufweist, gefolgt von einer ersten Haltezeit, sowie im Anschluss an die erste Haltezeit eine zweite, entgegengesetzte Flanke, ggf. gefolgt von einer zweiten Haltezeit. Primär dient dabei ein erster Ansteuerimpuls der Bildung eines Tintentropfens, und der zweite Ansteuerimpuls dient dessen Formung, insbesondere der Reduzierung oder Ergänzung, und/oder der Modifikation seiner Bewegung, insbesondere der Beschleunigung oder Verzögerung.

[0033] Zwei oder mehrere Ansteuerimpulse der abge-

speicherten Wellenform können sich voneinander unterscheiden, insbesondere hinsichtlich der Steigung der ersten Flanke und/oder der zweiten Flanke, und/oder hinsichtlich der ersten Haltezeit und/oder der zweiten Haltezeit, und/oder hinsichtlich der Amplitude der ersten und/oder zweiten Haltezeit, und/oder hinsichtlich der Anstiegs- oder Abfallzeit während der ersten Flanke und/oder der zweiten Flanke. Damit kann den unterschiedlichen Erfordernissen an verschiedene Ansteuerimpulse Rechnung getragen werden.

[0034] Die während einer Haltezeit bei vergrößertem Volumen der Tinten­kammer in diese einströmende Tintenmenge ist von dem Grad der Vergrößerung des Volumens abhängig sowie von der Dauer der betreffenden Volumenvergrößerung.

[0035] Andererseits nimmt das Volumen eines während einer Flanke, bei der das Volumen der betreffenden Tinten­kammer mittels des betreffenden Aktivators reduziert wird, hinausgeschossenen Tintentropfens mit der Steigung der betreffenden Flanke zu, in welcher das Volumen innerhalb der Tinten­kammer reduziert wird, Zwar wird die Steigung einer Flanke nur ausnahmsweise explizit vorgegeben, so bspw. ggf. bei einer intrinsischen Tropfengröße, wobei die gesamte, hinterlegte Wellenform als Ansteuersignal an den Druckkopf weitergegeben wird; in den meisten anderen Fällen werden nur Haltephasen durchgeschaltet, wobei die Flankensteigung in einer Übergangsphase sodann maximal ist, und somit höher als bei der intrinsischen Tropfengröße, Dieser Effekt kann so stark sein, dass die abgespeicherte Wellenform bei vollständiger Weiterleitung an den Druckkopf in Ermangelung einer ausreichenden Steigung gar nicht in der Lage ist, einen Tintentropfen zu erzeugen, sondern dies ist erst möglich, wenn infolge des erfindungsgemäßen Umschaltens zwischen konstanten Spannungswerten eine höhere Flankensteigung erreicht wird.

[0036] Darüber hinaus kann das Volumen eines während einer Flanke eines Ansteuerimpulses hinausgeschossenen Tintentropfens mit der Dauer der sich daran unmittelbar anschließenden, effektiven Haltezeit steigen, weil der Tropfen sich derweil ungestört ausbilden kann und also auf seine volle Größe anwachsen kann.

[0037] Andererseits wird die Dauer der sich an eine Flanke unmittelbar anschließenden, effektiven Haltezeit durch den zeitlichen Abstand einer folgenden Flanke des Ansteuersignals bestimmt.

[0038] Eine vor dem Abreißen des während eines ersten Ansteuerimpulses abgegebenen Tintentropfens folgende, das Volumen innerhalb der Tinten­kammer (abermals) vergrößernde Flanke eines zweiten Ansteuerimpulses ist in der Lage, das Volumen des Tintentropfens zu reduzieren, weil infolgedessen ein größerer Teil des Tintentropfens zurückgehalten wird, d.h., eine vor dem Tropfenabriß nachfolgende, das Kammervolumen erhöhende Flanke zieht quasi einen Teil des Tropfens wieder zurück.

[0039] Ferner ist zu beachten, dass eine nach dem während eines ersten Ansteuerimpulses gebildeten Tin-

tentropfen folgende, das Volumen innerhalb der Tinten­kammer (abermals) verkleinernde Flanke eines zweiten Ansteuerimpulses das Volumen des Tintentropfens erhöhen kann, nämlich dann, wenn infolgedessen eine zusätzliche Tintenmenge abgegeben wird.

[0040] Nach der Bildung eines Tintentropfens während eines ersten Ansteuerimpulses kann eine zusätzliche Tintenmenge abgegeben werden, wenn zwischen der das Volumen innerhalb der Tinten­kammer (abermals) vergrößernden Flanke und einer darauf folgenden, das Volumen innerhalb der Tinten­kammer (abermals) verkleinernden Flanke eines zweiten Ansteuerimpulses eine ausreichende Tintenmenge in die Tinten­kammer gesaugt wurde, und wenn die das Volumen innerhalb der Tinten­kammer (abermals) verkleinernden Flanke ausreichend steil ist.

[0041] Es liegt im Rahmen der Lehre der Erfindung, dass die Geschwindigkeit eines während einer Flanke eines Ansteuerimpulses hinausgeschossenen Tintentropfens mit der Amplitude bzw. dem Hub der Flanke des Ansteuerimpulses steigt. Denn mit zunehmender Amplitude kann ein verstärkter Druck aufgebaut werden und damit eine höhere Kraft, welche eine stärkere Beschleunigung der Tinte auf größere Geschwindigkeiten zur Folge hat.

[0042] Da die Amplitude der Flanke eines Ansteuerimpulses mit der Dauer des aktiv eingepprägten Ladestroms für den Aktivator steigt, kann mit dieser Dauer des Ladestroms auf die Geschwindigkeit der Tintentropfen Einfluss genommen werden. Ein an und für sich zu schneller Tintentropfen kann durch eine Verkürzung der Dauer des Ladestroms, also der aktiv durchgeschalteten Haltephase, langsamer eingestellt werden, und ein zu langsamer Tintentropfen wird durch eine Verlängerung der Dauer des Ladestroms schneller.

[0043] Die Dauer des aktiv eingepprägten Ladestroms für den Aktivator sollte bei größeren Tropfengrößen kleiner sein als bei kleineren Tropfengrößen, damit die Geschwindigkeit eines während einer Flanke eines Ansteuerimpulses hinausgeschossenen Tintentropfens für alle Tropfengrößen etwa gleich groß ist.

[0044] Weitere Merkmale, Einzelheiten, Vorteile und Wirkungen auf der Basis der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sowie anhand der Zeichnung. Hierbei zeigt:

Fig. 1 eine Wellenform zur Ansteuerung einer Düse eines Druckkopfs gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine erfindungsgemäß abgespeicherte, gemeinsame Wellenform für die Erzeugung von Ansteuersignalen für ein digitales Drucksystem;

Fig. 3 ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal mit einer ausschnittweisen Ver-

- größerung im Bereich einer Flanke;
- Fig. 4 eine der Fig. 3 entsprechend Ansicht einer anderen Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5 ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 5 pl (Pikoliter);
- Fig. 5a ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 7 pl;
- Fig. 5b ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 10 pl;
- Fig. 5c ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 12 pl;
- Fig. 5d ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 14 pl;
- Fig. 5e ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 17 pl;
- Fig. 5f ein an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einem Volumen von 21 pl;
- Fig. 6 eine andere Ausführungsform der Erfindung in einer der Fig. 2 entsprechenden Darstellung;
- Fig. 7 eine wiederum abgewandelte Ausführungsform der Erfindung in einer Darstellung gemäß Fig. 6;
- Fig. 8 eine nochmals veränderte Ausführungsform der Erfindung ähnlich der Darstellung von Fig. 6;
- Fig. 9a eine hinterlegte Wellenform als an ein Drucksystem vollständig übertragenes Ansteuersignal zur Erzeugung eines intrinsischen Tintentropfens mit einer Geschwindigkeit v_1 ;
- Fig. 9b ein anderes, an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal in Form von zwei Teilabschnitten der abgespeicherten Wellenform, für die Erzeugung eines Tintentropfens mit einer Geschwindigkeit von $1,1 \cdot v_1$;
- Fig. 9c ein wiederum abgewandeltes, an ein Druck-
- system übertragenes Ansteuersignal in Form von zwei anderen Teilabschnitten der abgespeicherten Wellenform, zwecks Erzeugung eines Tintentropfens mit einer Geschwindigkeit von $1,2 \cdot v_1$;
- Fig. 9d ein nochmals verändertes, an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal, umfassend zwei abermals anders ausgewählte Teilabschnitte der abgespeicherten Wellenform, zwecks Erzeugung eines Tintentropfens mit einer Geschwindigkeit von $1,4 \cdot v_1$;
- Fig. 9e ein weiter modifiziertes, an ein Drucksystem übertragenes Ansteuersignal, umfassend zwei andere Teilabschnitte der abgespeicherten Wellenform, woraufhin der erzeugte Tintentropfen eine Geschwindigkeit von $0,9 \cdot v_1$ aufweist;
- Fig. 10 eine beispielhafte Zuammenstellung von mehreren Zeitsignalen, welche die Auswahl und Zusammenstellung von jeweils unterschiedlichen Teilabschnitten der abgespeicherten Wellenform zu verschiedenen Ansteuersignalen für bestimmte Tintentropfengrößen veranschaulicht;
- Fig. 11a eine abgespeicherte Wellenform für einen Ansteuerimpuls mit einer Amplitude von 20 V;
- Fig. 11b einen teilweise an ein Drucksystem übertragenen Ansteuerimpuls, wobei jedoch die Haltephasen vollständig übertragen werden, so dass die Amplitude von 20 V erhalten bleibt;
- Fig. 11c einen wiederum teilweise an ein Drucksystem übertragenen Ansteuerimpuls, wobei allerdings die erste Haltephase nicht vollständig übertragen wird, so dass die Amplitude im Bereich beider Flanken von 20 V auf 16 V reduziert wird; sowie
- Fig. 11d einen wiederum teilweise an ein Drucksystem übertragenen Ansteuerimpuls, woei nunmehr die zweite Haltephase nicht vollständig übertragen wird, so dass die Amplitude im Bereich der zweiten Flanke von 20 V auf 16 V reduziert wird.
- [0045]** In Fig. 1 ist die im Stand der Technik übliche Vorgehensweise dargestellt, um die Graustufe an einem Bildpunkt zu verändern, nämlich durch eine entsprechende Vervielfältigung der Anzahl der Ansteuerimpulse im Bereich des betreffenden Bildpunktes. Werden dort anstelle eines einzigen Ansteuerimpulses zwei oder - wie

in Fig. 1 dargestellt - drei Ansteuerimpulse erzeugt und an das betreffende Drucksystem gesandt, so gelangt die Vielfache Menge eines Tintenstrahltröpfens an den betreffenden, zu druckenden Bildpunkt. Wenn ein einzelner Tintentropfen eine Größe von 7 pl (Pikoliter) hat, so haben zwei Tintentropfen 14 pl, und drei Tintentropfen haben 21 pl. Je nachdem, wie groß die Intervalle zwischen einzelnen Ansteuerimpulse sind, werden entweder einzelne Tropfen erzeugt, die sich erst auf dem zu bedruckenden Substrat überlagern bzw. addieren, oder die Tintentropfen vereinigen sich bereits im Bereich der Düse oder während des Fluges und kommen dann als ein einzelner, großer Tropfen auf dem Substrat an. Eine Verkleinerung der Tintentropfengröße - bspw. auf weniger als 7 pl - ist auf diesem Wege jedoch nicht möglich, und auch die Schaffung von Tropfen mit Zwischengrößen - also bspw. von Tropfen mit einem Volumen von 10 pl - ist damit unmöglich.

[0046] In Fig. 2 ist zu sehen, wie eine von der Erfindung verwendete Wellenform 1 zur Erzeugung aller Tintentropfen verschiedener Größen aussieht.

[0047] Man erkennt die inaktive Ausgangsposition 2 bei dem Spannungsniveau 0V, zu welcher der Pegel auch am Ende der abgespeicherten Impulssequenz wieder zurückkehrt. Es handelt sich hierbei vorzugsweise um einen Extremwert des zur Verfügung stehenden Spannungspegels. Den anderen Extremwert bildet im vorliegenden Beispiel ein Spannungsniveau von -20 V, welches in Fig. 2 den tiefsten Spannungspegel darstellt.

[0048] Wie man der Fig. 2 entnehmen kann, weist die abgespeicherte Wellenform 1 nach dem Ausgangswert 2 eine erste Flanke 3 auf, während der sich das Volumen innerhalb der Tintenammer des betreffenden Drucksystems vergrößert, gefolgt von einer ersten Haltezeit 4, in welcher die Tinte Gelegenheit hat, infolge des Unterdrucks in der vergrößerten Tintenammer in jene hineinzuströmen. Darauf folgt sodann eine zweite Flanke 5, in welcher das Volumen der Tintenammer reduziert wird, gefolgt von einer zweiten Wartezeit 6, in der ein Tropfen aus der Tintenammer durch die Düse in Richtung zu dem zu bedruckenden Substrat abgeschossen wird. Die gesamte Sequenz, bestehend aus anfänglicher Wartezeit 2, erster Flanke 3, erster Haltezeit 4, zweiter Flanke 5 und zweiter Haltezeit 6 besteht aus einer Sequenzdauer T von bspw. insgesamt 10 μ s. Von der gesamten Sequenzdauer T kann bspw. je ein Fünftel auf die anfängliche Wartezeit 2, die erste Flanke 3, die erste Haltezeit 4, die zweite Flanke 5 und die zweite Haltezeit 6 entfallen, im vorliegenden Beispiel dann also jeweils 2 μ s.

[0049] In Fig. 5a ist beispielhaft zu sehen, dass bei einem vollständigen Durchlauf dieser abgespeicherten Wellenform 2 als Ansteuersequenz ein Tropfen mit einer Größe von 7 pl erzeugt wird.

[0050] In den Figuren 3 und 4 sind zwei Möglichkeiten dargestellt, wie die abgespeicherte Wellenform 2 in ein Ansteuersignal 7, 7' für ein Drucksystem umgewandelt werden kann.

[0051] Dabei kann der Ausgang oder die Ausgangs-

stufe des Anstauerverstärkers in beiden Fällen identisch ausgebildet sein, bspw. mit zwei derart zusammengeschalteten Transistoren, dass ihre Kollektor-Emitter-Strecken in Reihe liegen. Beide Transistoren können dann antizyklisch eingeschalten werden, also derart, dass stets einer von beiden leitet, der andere nicht. Dann liegt das Potential an dem Verbindungsknoten zwischen beiden Transistoren je nach Schaltzustand wahlweise am oberen Potential (hier also 0 V) oder am unteren Potential (hier also -20 V).

[0052] Ein solcher Ausgang kann daher einfach zum Umschalten zwischen zwei Spannungspegeln verwendet werden, wie dies in Fig. 3 zu sehen ist. Die Steigung der Flanken 8, 9 des Ansteuersignals wird dann nicht vorgegeben, sondern richtet sich nach den Gegebenheiten des Drucksystems, insbesondere nach dessen Kapazität, sowie andererseits nach der zur Verfügung stehenden Energie bzw. dem von dem Verstärkerausgang maximal lieferbaren Strom, Allerdings ist dann der Verlauf der Flanken 8, 9 relativ glatt, wie Fig. 3a zeigt.

[0053] Bei der Ausführungsform nach Fig. 4 wird die Tatsache ausgenutzt, dass bei geeigneter Ansteuerung zweier in Reihe geschalteter Transistoren eines Verstärkerausgangs auch jeder Zwischenwert zwischen den beiden Eingangsspannungen (hier also 0 V einerseits und -20 V andererseits) erzeugt werden kann. Eine ganz präzise Ansteuerung des Verstärkerausgangs wäre bspw. möglich durch eine Rückkopplung der Ausgangsspannung und einen Vergleich mit einem vorgegebenen Sollwert, wobei dann mittels eines Reglers die Identität der beiden Spannungen (ggf. multipliziert mit einem Faktor, was sich durch Verwendung eines Spannungsteilers in der Istwerterfassung am Verstärkerausgang realisieren lässt) sichergestellt werden kann. In einem solchen Fall lässt sich eine abgespeicherte Wellenform 2 als Variable der Zeit an den Sollwerteingang eines derartigen Verstärkers einspeisen, und dieser stellt dann genau diese Spannung (oder ein Vielfaches davon) an seinem Ausgang als Ansteuersignal für ein Drucksystem zur Verfügung. Um andererseits eine hinterlegte, d.h., in Form von Digitalwerten hinterlegte Wellenform als analogen Sollwert in eine solche Verstärkerstufe einspeisen zu können, ist eine Digital-Analog-Wandlung der eingespeicherten Wellenform 1 erforderlich. Weil sich dabei der Ausgangswert eines dafür verwendeten Digital-Analog-Wandlers nur stufenweise verstellen kann - die abgespeicherten Digitalwerte der Wellenform 1 sind ja auf eine endliche Anzahl von Bits begrenzt - erkennt man in den Flanken 8', 9' des Ausgangssignals eines solchermaßen betriebenen Verstärkers bzw. in dem davon generierten Ansteuersignal 7' eine Vielzahl von kleinen Stufen 10, wie in Fig. 4 zu sehen.

[0054] Diese Stufen 10 sind nach derzeitigem Stand der Technik für den Druckvorgang unerheblich, bzw. wurden sie nicht beachtet bzw. nicht bemerkt. Allerdings lässt sich folgendes feststellen. Die Stufen lösen im Piezoelement Mikrovibrationen aus, die zwar teilweise von der Tinte gedämpft werden, aber letztendlich trotzdem

die Tropfenbildung in dem Maße beeinflussen, dass es angenommene Idealwerte für die Wellenform eines einzelnen Tropfens gibt, individuell für jeden unterschiedlichen Druckkopf. Diese Idealwerte für die Flanken und Haltezeiten wurden als Resonanz des Druckkopfes definiert, weil die Tropfenbildung bei diesen Werten sich als ideal ergeben hat. Kürzere Zeiten bzw. längere Zeiten führten zu einer Verschlechterung der Tropfenbildung, und zwar höchstwahrscheinlich aus dem Grunde, dass die Tinte die Mikrovibrationen zu wenig oder zu viel dämpfte und damit den Tropfen ungünstig beeinflusst. Allerdings wurde in der Offenlegungsschrift WO 2017 / 009 705 A2 schon festgestellt, dass eine erhebliche Verkürzung der Ansteuerperiode gegenüber der Resonanzperiode um mehr als das 1,5-fache die Tropfenbildung positiv beeinflusst, und zwar vermutlich deshalb, weil ab einer gewissen Verkürzungszeit der Flankenzeit die Vibrationen so sehr reduziert werden, dass wieder eine günstige bzw. sogar bessere Beeinflussung der Tropfenbildung im Verhältnis zu dem angenommenen Idealwert erhalten wird, insbesondere infolge einer Reduzierung der Anzahl der Stufen und damit der Menge und Dauer der Vibrationen während der Tropfenbildung.

[0055] Diesen Vorteil macht sich die Erfindung im Folgenden zunutze, wie in den Figuren 5 bis 5f dargestellt ist, welche das Ansteuersignal 7' zeigt, wie es effektiv an einem Drucksystem ankommt. Nach rechts ist stets die Zeitachse zu denken, nach oben die zeitabhängige Amplitude des Ansteuersignals 7'. Dabei bedeutet eine durchgezogene Linie, dass zu den betreffenden Zeitpunkten die Spannung des Ansteuersignals 7' explizit vorgegeben und an das betreffende Drucksystem übertragen wird, während eine gestrichelte Linie bedeutet, dass zu diesen Zeitpunkten das Ansteuersignal nicht vorgegeben wird. Entweder wird zu diesen Zeitpunkten gar kein Ansteuersignal erzeugt, oder dieses wird nicht an den Aktivator des Drucksystems übertragen. Dies könnte bspw. durch eine Unterbrechung der Zuleitung zwischen Ansteuerstufe und Aktivator erfolgen oder durch das Sperren beider Transistoren der Ausgangsstufe des betreffenden Verstärkers. Es ist auch möglich, in diesem Fall die Regelungsschleife aufzutrennen oder den Sollwert des Regelkreises abzuklemmen bzw. abzutrennen.

[0056] Wie man aus Fig. 5 erkennen kann, führt bspw. eine derartige Verkürzung des Ansteuersignals 7' auf die zweite Hälfte der abgespeicherten Wellenform 1, in Verbindung mit einer Verkürzung der zweiten Haltezeit 6, dazu, dass sich einerseits die Tintenkanne weniger füllt und demzufolge auch der erzeugte Tintentropfen kleiner wird als üblich, also bspw. nur ein Volumen von 5 pl hat. Dies wird also erreicht, indem nur die zweite Hälfte der ersten Haltezeit 4 und die erste Hälfte der zweiten Haltezeit 6 an den Aktivator durchgesteuert werden.

[0057] Werden gemäß Fig. 5b bspw. nur die erste Hälfte der ersten Haltezeit 4 und die zweite Hälfte der zweiten Haltezeit 6 an den Aktivator durchgesteuert, so erhält man einen Tropfen von der Größe 10 pl. Dies rührt vermutlich daher, weil zwischen den beiden vorgegebenen

Zeitabschnitten ein langes Intervall besteht, innerhalb welchem die Tinte lange Zeit hat, in die Tintenkanne zu strömen.

[0058] Einen noch größeren Tropfen mit einem Volumen von etwa 12 pl erhält man gemäß Fig. 5c bspw. dadurch, dass nur die erste Hälfte der ersten Haltezeit 4 an das Drucksystem geleitet wird, aber die gesamte zweite Haltezeit 6. Dadurch hat der Tropfen lange Zeit, sich außerhalb der Düse zu bilden, weil der Druck innerhalb der Tintenkanne lange aufrechterhalten wird.

[0059] Werden beide Haltezeiten 4, 6 der abgespeicherten Wellenfunktion 1 vollständig an den Aktivator des Drucksystems übertragen, nicht dagegen die Flanken 3, 5, so erhält man Tintentropfen mit einer Größe von ca. 14 pl. Dabei fließt einerseits mindestens während der gesamten ersten Haltezeit 4 Tinte in die Tintenkanne; jedoch wird dieser Tintenfluß nicht durch eine zweite Flanke 5 abgebrochen, weil die zweite Flanke 5 unterdrückt wird. Es kann daher noch mehr Tinte in die Tintenkanne einströmen als im Fall der Fig. 5a.

[0060] Wartet man nach Ansteuerung einer ersten Haltezeit 4 mit der zweiten Haltezeit 6 noch länger als es der zweiten Flanke 5 entspricht, so kann eine noch größere Tintenmenge in die Tintenkanne einströmen, und man erhält gemäß Fig. 5e eine Tropfengröße von 17 pl und gemäß Fig. 5f - hier wird gegenüber der Fig. 5e noch länger mit der zweiten Ansteuerphase gewartet - eine Tropfengröße von sogar 21 pl.

[0061] Die Figuren 6 bis 8 zeigen weitere Möglichkeiten, wie das Ansteuersignal 7' weiter optimiert werden kann. Dabei ist der gemäß den Figuren 5 bis 5f modifizierbare Teil des Ansteuersignals, also die anfängliche Wartezeit 11, die erste Flanke 8, die erste Haltezeit 12, die zweite Flanke 9 und die zweite Haltezeit 13, stets in der Mitte der dargestellten Ansteuersequenz zu finden.

[0062] Bspw. kann der anfänglichen Wartezeit 11 ein kleiner Vorfeuerimpuls 14 vorangesetzt werden, welcher auf das Tropfenvolumen einen steigernden Effekt hat. Dadurch kann bspw. eine Schwingung des Systems angesteuert werden, welche besonders steile Flanken zur Folge haben kann.

[0063] Alternativ dazu oder zusätzlich kann nach dem modifizierbaren Ansteuerimpuls ein Gegenimpuls 15 mit verringerter Amplitude erzeugt werden, welcher auf die Tropfenmenge einen reduzierenden Effekt hat. Damit kann das Abreißen des Tropfens vorzeitig ausgelöst werden.

[0064] Fig. 7 zeigt eine Welle mit einem Vorimpuls 14, sowie zwei Wellenformen 1 zur Erzeugung je eines Tropfens, wobei die beiden Tropfen die gleiche Größe haben, so dass auf diese Weise einem Bildpunkt zwei oder mehrere, gleich große Tintentropfen zugeordnet werden können. Bevorzugt wird durch den Vorimpuls kein eigener Tropfen generiert, sondern ein ggf. unmittelbar folgender Tropfen beeinflusst.

[0065] Ferner soll in Fig. 8 dargestellt werden, dass dem ersten, steuerbaren Impuls mit anfänglicher Wartezeit 11, erster Flanke 8, erster Haltezeit 12, zweiter Flanke

ke 9 und zweiter Haltezeit 13 auch wenigstens ein weiterer, vorzugsweise steuerbarer Druckimpuls 17 folgen kann, so dass einem Bildpunkt auch zwei oder mehrere Tintentropfen unterschiedlicher Größe zugeordnet werden können.

[0066] Werden bspw. zwei oder mehrere Sequenzen gemäß Fig. 5a bis 5f hintereinander geschickt, so lässt sich in einem vergleichsweise kurzem Zeitintervall von nur 20 µs eine Tintenmenge von 42 pl zu Papier bringen, bzw. auf das Substrat. Hierfür wäre nach dem üblichen Verfahren gemäß Fig. 1 die doppelte Zeit erforderlich.

[0067] Wendet man die in den Figuren 5 und 5a bis 5f beschriebenen Möglichkeiten beispielhaft auf drei aufeinander folgende Tropfenimpulse an, welche einem Bildpunkt zugeordnet sind, so kann man damit im Idealfall (einschließlich des Null-Impulses) drei verschieden große Tropfen mit jeweils acht möglichen Tropfengrößen erzeugen, d.h., es gibt insgesamt $8 * 8 * 8 \pm 512$ verschiedene Grau- bzw. Helligkeitsstufen.

[0068] Durch die Erfindung erhält man also aus einer kleinen Düse mit bspw. einer nominalen Tropfengröße von 7 pl viele Tropfen unterschiedlicher Tropfengrößen, bspw. in einem Bereich von 5 pl oder weniger bis 50 pl oder mehr.

[0069] Dabei lassen sich noch mehr unterschiedliche Tropfen-Zwischengrößen generieren und also dementsprechend viele Grau- oder Helligkeitsstufen.

[0070] Ferner kann auch die Größe von Vorfeuerimpulsen oder Gegenimpulsen auf eine entsprechende Weise beeinflusst werden.

[0071] Durch die vorliegende Erfindung erhält man demnach aus ein und der selben Düse alle benötigten Tropfengrößen, um mit einer dem Offsetdruck vergleichbaren, geringen physikalischen Auflösung zu drucken und gleichsam eine hohe optische Druckqualität zu erzeugen. D.h., bspw. wird für ein mit einer Auflösung von 300 x 300 dpi zu druckendes Bild trotz einer hohen Druckgeschwindigkeit von z.B. 1 m/sek. nur eine Feuerfrequenz von 12 kHz benötigt.

[0072] Darüber hinaus sind bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die Anforderungen an die Software und/oder Hardware und/oder an den Maschinenbau deutlich geringer als beim vorbekannten Stand der Technik. Auch die Herstellung von Druckköpfen mit einer geringen Düsenauflösung oder Düsendichte sowie von großen Düsen wird durch die Erfindung erheblich einfacher.

[0073] Wie man den Figuren 9a bis 9e entnehmen kann, bietet das erfindungsgemäße Verfahren noch einen weiteren Vorteil, denn mit der Auswahl geeigneter Teilabschnitte der gespeicherten Wellenform lässt sich auch die Tropfengeschwindigkeit beeinflussen.

[0074] Zunächst soll das komplette Signal zur Bildung eines intrinsischen Tropfens nach Fig. 9a betrachtet werden, welches der Fig. 5a entspricht und also einen Tropfen der Größe 7 pl liefert. Die Geschwindigkeit dieses "intrinsischen Tropfens" der Größe 7 pl soll als v_1 bezeichnet werden.

[0075] Werden nun nur die Teilabschnitte A und B gemäß Fig. 9b an die Druckeinheit übertragen, so entspricht dies der Vorgehensweise gemäß Fig. 5c; es wird also ein Tintentropfen der Größe 12 pl erzeugt, wobei der Teilabschnitt A dem Teilabschnitt 4 in Fig. 5c entspricht, während der Teilabschnitt B dem Teilabschnitt 6 in Fig. 5c gleichzusetzen ist. Es zeigt sich, dass in diesem Fall die Tropfengeschwindigkeit geringfügig vergrößert ist, nämlich nun bei $v = 1,1 * v_1$ liegt.

[0076] In ähnlicher Weise kann man die Druckeinheit wie in den Figuren 9c bzw. 5d ansteuern. Man erhält dann einen Tintentropfen der Größe 14 pl bei einer Tropfengeschwindigkeit von $v = 1,1 * v_1$.

[0077] Steuert man die Druckeinheit wie in den Figuren 9d bzw. 5f an, so erhält man einen Tintentropfen der Größe 21 pl bei einer Tropfengeschwindigkeit von $v = 1,4 * v_1$.

[0078] Andererseits zeigt eine Ansteuerung gemäß Fig. 9e, dass die intrinsische Tropfengeschwindigkeit v_1 auch unterschritten werden kann, nämlich durch eine Ansteuerung, die etwa einer Mischung der Figuren 5 und 5b entspricht.

[0079] Der Erfinder hat herausgefunden, dass sich durch eine Kombination zweier oder mehrerer Ansteuerimpulse 18, 19 zusätzliche Einstellparameter ergeben, welche es ermöglichen, die beiden Größen Tropfengröße und Tropfengeschwindigkeit in unterschiedlicher Weise zu variieren.

[0080] Dementsprechend kann man aus mehreren unterschiedlichen Vorgehensweisen zur Erzeugung eines Tintentropfens einer gewünschten Größe jeweils diejenige Maske für die an die Druckeinheit weiterzuleitenden Teilabschnitte der gemeinsamen Wellenform auswählen, welche identische oder nahezu identische Tropfengeschwindigkeit ergeben.

[0081] Das Ergebnis ist in Fig. 10 dargelegt: Dort erkennt man eine für alle Tintentropfen unterschiedlicher Größen gemeinsam hinterlegte Wellenform 1" mit zwei zeitlich aufeinander folgenden Ansteuerimpulsen 18, 19.

[0082] Wie man sieht, nimmt der erste Ansteuerimpuls 18 einen größeren Zeitraum in Anspruch als der folgende, zweite Ansteuerimpuls 19. Dies rührt daher, weil die Steigung der Flanke 3a" des ersten Ansteuerimpulses 18 eine geringere Steigung aufweist als die entsprechende Flanke 3b" des zweiten Ansteuerimpulses 19, und auch die Flanke 5a" ist flacher als die Flanke 5b". Ferner ist die Haltezeit 4a" des ersten Ansteuerimpulses 18 größer als die Haltezeit 4b" des zweiten Ansteuerimpulses 19.

[0083] Darüber hinaus könnten auch die Pegel der Haltezeiten 4a" und 4b" unterschiedlich groß sein, was jedoch bei der Ausführungsform gemäß Fig. 10 nicht realisiert ist.

[0084] Die Parameter der hinterlegten Wellenform 1" sind derart gewählt, dass sich mit dieser einzigen Wellenform 1" Tintentropfen unterschiedlicher Größe, aber gleicher Geschwindigkeit erzeugen lassen.

[0085] Unterhalb der abgespeicherten Wellenform

1" sind verschiedene Steersignale 20a" bis 20z" abgebildet, die quasi invertiert sind, d.h., es werden jeweils nur die Teilabschnitte der Wellenform 1" während der Low-Phasen des betreffenden Steuersignals 20a" bis 20z" zur Druckeinheit durchgeschaltet.

[0086] Dabei zeigt sich allerdings, dass die vollständige Durchschaltung beider Ansteuerimpulse 18, 19 mit dem Steuersignal 20y" überhaupt keinen Tintentropfen liefert. Dies liegt daran, dass die Steigung der Flanken 3a" und 5a" des ersten Ansteuerimpulses 18 relativ gering ist; der dadurch im Entstehen begriffene Tintentropfen ist vergleichsweise langsam und moderat und wird durch den folgenden zweiten Ansteuerimpuls 19 wieder vollkommen zurückgezogen.

[0087] Bei dem Steuersignal 20x" wird der zweite Ansteuerimpuls 19 nicht durchgeschaltet, und man erhält einen Tintentropfen der Größe 10 pl, der allerdings vergleichsweise langsam ist, eben wegen der geringen Steigung der Flanken 3a" und 5a".

[0088] Das Steuersignal 20z" schaltet dagegen nur den zweiten Ansteuerimpuls 19 an die angeschlossene Druckeinheit weiter, während der erste Ansteuerimpuls 18 unterdrückt wird. Obzwar die Flanken 3b" und 5b" etwas steiler sind als die Flanken 3a" und 5a" des ersten Ansteuerimpulses 18, ist die Haltephase 4b" zu kurz, als dass sich ein Tintentropfen ausreichender Größe bilden und zusätzlich auch mit einem ausreichenden Impuls von der Druckeinheit lösen könnte; wiederum wird überhaupt kein Tintentropfen gebildet.

[0089] Es zeigt sich jedoch, dass die speziellen Steersignale 20a" bis 20e" Tintentropfen unterschiedlicher Größe liefern, welche jedoch die gleiche Tropfengeschwindigkeit aufweisen:

Dem einzigen, "intrinsischen" Tintentropfen, der bei dem Steuersignal 20x" aus dem ersten Ansteuerimpuls 18 generiert wird, kommt das Ansteuersignal 20c" am nächsten; dieses liefert ebenfalls einen Tintentropfen mit einem Volumen von 10 pl, der jedoch deutlich schneller ist als der mit dem Steuersignal 20x" erzeugte Tintentropfen. Das Steuersignal 20x" schaltet nur die Haltephase 4b" des zweiten Ansteuerimpulses 19 durch sowie einen davon zeitlich abgehobenen Teil der zweiten Haltephase 6b" dieses zweiten Ansteuerimpulses 19. Im Gegensatz zu dem Steuersignal 20z" sind dabei jedoch die Flanken 3b" und 5b" nicht vorgegeben, sondern es wird abrupt von hochohmig auf den jeweiligen Spannungspegel 4b" bzw. 6b" umgeschaltet, so dass sich eine maximale Steigung der tatsächlich anliegenden Flanken ergibt, welche ein Lösen des Tropfens ermöglicht. Hinzu kommt außerdem, dass nicht der sofort anschließende Teilabschnitt 6b" durchgeschaltet wird, sondern zunächst eine Wartezeit verstreicht, in welcher sich die Tintenkanne füllen kann. Wegen der steilen Flanken löst sich der Tintentropfen bei dem Steuersignal 20c" unter vergleichsweise hohem Druck von dem Druckkopf und erhält daher eine vergleichsweise hohe Geschwindigkeit v.

[0090] Ausgehend von dem Steuersignal 20c", welches unter selektivem Durchschalten von Teilen des

zweiten Ansteuerimpulses 19 einen Tintentropfen mit dem Volumen 10 pl liefert, führt das Steuersignal 20d" zu einer vergleichbaren Verfahrensweise betreffend dem ersten Ansteuerimpuls 18; durch selektives Durchschalten von Teilen desselben wird ein Tintentropfen mit einem Volumen von 12 pl erzeugt, aber mit der selben Geschwindigkeit v.

[0091] Das Ansteuersignal 20e" stellt eine leicht abgewandelte Kombination der beiden Steersignale 20c" und 20d" dar, wobei jeweils ein Teilabschnitt der ersten Haltephase 4a" und der zweiten Haltephase 6a" des ersten Ansteuerimpulses 18 durchgeschaltet wird, sowie jeweils ein Teilabschnitt der ersten Haltephase 4b" und der zweiten Haltephase 6b" des zweiten Ansteuerimpulses 19. Durch die lange Wartezeit vor dem durchgeschalteten Teilabschnitt 6b" kann ein zweiter Tintentropfen auf den Weg gebracht werden, voraussichtlich noch vor dem Tropfenabriss des während dem ersten Ansteuerimpulses 18 angelegten Tintentropfens, d.h., diese beiden Tintentropfen sind entweder ursprünglich miteinander verbunden oder vereinigen sich im Flug und treffen daher als ein einziger Tintentropfen auf das zu bedruckende Substrat auf. Mit dieser Methode erhält man einen Tropfen mit einem Volumen von 16 pl; die Geschwindigkeit v ist gleich der mit den Steuersignalen 20c" und 20d" erzeugten Geschwindigkeit.

[0092] Ausgehend von dem ursprünglich wegen des zu langsamen Tintentropfens verworfenen Steuersignal 20x", jedoch mit einer steileren zweiten Flanke (bei 5a"), wird ein ausreichend schneller Tintentropfen angelegt, der jedoch mittels zweier durchgeschalteter Teilabschnitte 4b", 6b" des zweiten Ansteuerimpulses 19 nicht vergrößert, sondern verkleinert wird. Hier kommt die insgesamt dritte Flanke (bei 3b") wieder relativ kurz nach dem zunächst angelegten Tintentropfen, allerdings nicht so schnell wie bei dem Steuersignal 20y". Nach Art eines Gegenimpulses können die Anteile des zweiten Ansteuerimpulses 19 daher den angelegten Tintentropfen nicht vollständig zurückziehen, aber in seinem Volumen schmälern. Der resultierende Tintentropfen hat ein Volumen von 6 pl bei gleicher Geschwindigkeit v,

[0093] Das Steuersignal 20a" hat eine weitere Reduzierung des Tintentropfenvolumens zur Folge. Erreicht wird dies, indem von dem ersten Ansteuerimpuls nur noch zwei voneinander getrennte Teilabschnitte 4a", 6a" durchgeschaltet werden. Dies hat zur Folge, dass die ersten beiden Flanken (bei 3a" und 5a") steiler werden und also der Tintentropfen eine vergleichbare oder sogar noch größere Anfangsgeschwindigkeit erhält; gleichzeitig wird jedoch infolge der Verkürzung der Tintenladephase auf das Plateau der Haltephase 4a" weniger Tinte in die Tintenkanne gesogen, und es bildet sich daher nur ein kleinerer Tintentropfen. Von diesem wird sodann durch den teilweise durchgeschalteten zweiten Ansteuerimpuls 19 sogar noch ein Teilvolumen wieder zurückgezogen, nach Art eines Gegenimpulses. Man erhält schließlich einen Tintentropfen von nur 4 pl, aber aufgrund der hohen Anfangsgeschwindigkeit aber-

mals mit der Geschwindigkeit v .

[0094] Wie man sieht, gelingt es also, aus der einzigen, hinterlegten Wellenform 1" durch Maskierung und Durchschaltung bestimmter Teilabschnitte mittels der Steuersignale 20a" bis 20e" Tintentropfen der Größen 4 pl, 6 pl, 10 pl, 12 pl und 16 pl zu erzeugen, die jedoch allesamt die gleiche Tropfengeschwindigkeit v aufweisen.

[0095] In den Figuren 11a bis 11d ist eine weitere Möglichkeit zur Einflussnahme auf die Tropfengröße und/oder -geschwindigkeit dargestellt, die insbesondere bei Verwendung von Piezoelementen als Aktivatoren einsetzbar ist:

In Fig. 11a ist eine hinterlegte Wellenform 1 dargestellt, welche der Wellenform 1 nach Fig. 2 entspricht. Man erkennt die Haltephasen 2, 4, 6 und die beiden Flanken 3, 5. Die Amplitude beträgt an jeder Flanke 3, 5 jeweils 20 V.

[0096] In den Figuren 11b bis 11d ist dargestellt, wie aus dieser einheitlichen Wellenform 1 mittels unterschiedlicher Steuersignale unterschiedliche Teilabschnitte 4, 6 an die angeschlossene Druckeinheit durchgeschaltet werden.

[0097] Gemäß Fig. 11b werden die Haltephasen 4 und 6 jeweils komplett durchgeschaltet. Die Folge ist, dass die Ausgangstransistoren der Ansteuerstufe, welche naturgemäß nur einen begrenzten Strom treiben können, genügend Zeit haben, damit sich die Elektroden an den beiden gegenüber liegenden Seiten des Piezoelements vollständig auf die Spannung von 0 V einerseits und sodann auf die Spannung von 20 V andererseits aufladen können. Der Verlauf der Spannung 21 zwischen den beiden Elektroden des Piezoelements folgt der vorgegebenen Wellenform 1 ziemlich exakt, wie Fig. 11b deutlich erkennen lässt.

[0098] Bei der Fig. 11c wird dagegen die Haltephase 4 nicht komplett durchgeschaltet, sondern nur zu einem sehrgeringen Anteil, bspw. für eine Dauer von etwa einem Viertel oder Fünftel der gesamten Haltephase 4. Dies ist so kurz, dass die Durchschalt-Dauer zwischen den beiden hochohmigen Phasen der Ausgangsstufe der Ansteuerschaltung nicht ausreicht, um genügend Ladungsträger auf die Elektroden des Piezoelements zu bringen, welche erforderlich sind, die Spannung 21 zwischen jenen von zunächst 20 V auf 0 V abzusinken. Vielmehr ist der Hub oder die Amplitude im Bereich der Flanke 3 verkürzt, und die Spannung 21 sinkt bspw. nur um ca. 16 V ab, also von 20 V auf 4 V. Da die anschließend durchgeschaltete Haltephase 6 dagegen ausreichen lang ist, strebt die Spannung 21 anschließend wieder vollständig gegen 20 V.

[0099] Da das Piezoelement jedoch nicht den vollen Hub ausführt, sondern bspw. nur einen Hub von 4/5 der maximalen Amplitude, vergrößert sich das Kammervolumen nur in einem entsprechend verringerten Ausmaß. Es wird weniger Tinte eingesaugt, und daher kann bei der zweiten Flanke auch nur ein Tintentropfen mit einem geringeren Volumen abgegeben werden, bspw. mit ei-

nem auf etwa 4/5 des Volumens gemäß Fig. 11b reduzierten Wert.

[0100] Die Fig. 11d zeigt eine andere Vorgehensweise, die aber einen ähnlichen Effekt hat: Hier wird nicht die Durchschaltung der Haltephase 4 erheblich verkürzt, sondern die Durchschaltung der Haltephase 6. Die Spannung 21 zwischen den Elektroden des Piezoelements folgt daher zunächst der Flanke 3 der abgespeicherten Wellenform 1 nahezu exakt, also auch mit einem Amplitudenhub von 20 V. Es wird also die maximal mögliche Tintenmenge in die Tintenkanne eingesaugt.

[0101] Allerdings führt die starke Reduzierung der durchgeschalteten Haltephase 6 dazu, dass die Spannung 21 im Bereich der Flanke 5 nicht ausreichend Gelegenheit hat, wieder bis auf den vollen Wert von 20 V anzusteigen. Aufgrund der umzuladenden Elektrodenkapazitäten kann mit der aufgebrachtgen Ladungsmenge nur eine Spannung 21 von etwa 16 V erreicht werden. Es wird also wiederum nur eine kleinere Tintenmenge von der Druckeinheit abgegeben, im vorliegenden Beispiel wiederum nur in einer Größenordnung von 4/5 des maximalen Wertes gemäß Fig. 11b.

[0102] Eine andere Möglichkeit zur Beeinflussung der Amplituden eines Ansteuersignals besteht darin, neben dem Massepotential 0 V nicht nur eine einzige Versorgungsspannung - bspw. 20 V - vorzusehen, sondern mehrere, also bspw. 16 V und 20 V, zwischen denen bei Bedarf umgeschaltet werden kann - bspw. zwischen je zwei Ansteuerimpulsen 18, 19.

Bezugszeichenliste

[0103]

35	1	Wellenform
	2	anfängliche Wartezeit
	3	erste Flanke
	4	erste Haltezeit
	5	zweite Flanke
40	6	zweite Haltezeit
	7	Ansteuersignal
	8	Flanke
	9	Flanke
	10	Stufe
45	11	Wartezeit
	12	erste Haltezeit
	13	zweite Haltezeit
	14	Vorfeuerimpuls
	15	Gegenimpuls
50	16	Nachimpuls
	17	Folge-Druckimpuls
	18	erster Ansteuerimpuls
	19	zweiter Ansteuerimpuls
	20	Steuersignal
55	21	Spannung

Patentansprüche

1. Druckverfahren für eine digitale Druckvorrichtung zur Erzeugung von Tintentropfen unterschiedlicher Tropfengröße, umfassend einen Druckkopf mit einer Mehrzahl von Drucksystemen sowie wenigstens eine Ansteuereinrichtung, um den Drucksystemen Ansteuersignale zur Erzeugung der Tintentropfen zuzuleiten, wobei jedes Drucksystem je eine Düse, wenigstens eine Tintenkommer und einen dieser zugeordneten, bspw. piezoelektrischen Aktivator zum Ausstoß von Tintentropfen von der betreffenden Tintenkommer durch die betreffende Düse auf ein zu bedruckendes Substrat als Reaktion auf ein Ansteuersignal aufweist, wobei, im Rahmen der Ansteuereinrichtung für Tintentropfen aller Größen nur eine einzige Wellenform (1) für das Ansteuersignal (7,7') mit einem vorgegebenen Zeitverlauf hinterlegt ist, umfassend wenigstens einen Druckimpuls mit ggf. einer anfänglichen Wartezeit (2), einer ersten Flanke (3), gefolgt von einer ersten Haltezeit (4), sowie im Anschluss an die erste Haltezeit (4) eine zweite, entgegengesetzte Flanke (5), ggf. gefolgt von einer zweiten Haltezeit (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe und ggf. Geschwindigkeit von Tintentropfen dadurch variiert wird, dass allenfalls bei einer einzigen, intrinsischen Tropfengröße die gesamte hinterlegte Wellenform (1) als Ansteuersignal (7,7') zu dem betreffenden Aktivator übertragen wird, während bei allen anderen, effektiven Tropfengrößen nur ein Teil eines hinterlegten Druckimpulses (1) zu dem betreffenden Aktivator übertragen wird, nämlich ein oder mehrere, ausgewählte Teilabschnitte der anfänglichen Wartezeit (2), der ersten Flanke (3), der ersten Haltezeit (4), der zweiten, entgegengesetzten Flanke (5), und der zweiten Haltezeit (6), während ein oder mehrere andere Teilabschnitte dieses hinterlegten Druckimpulses (1) im Rahmen des Ansteuersignals (7,7') von dem betreffenden Aktivator ferngehalten werden.
2. Druckverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ansteuerstufe mit einem geschalteten Ausgang verwendet wird oder vorzugsweise eine Ansteuerstufe mit einem gesteuerten oder geregelter Ausgang.
3. Druckverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuerschaltung während nicht durchgeschalteter Teilabschnitte der abgespeicherten Wellenform (1) an ihrem mit einem Aktivator verbundenen Ansteuer-Ausgang hochohmig ist.
4. Druckverfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der an einem Aktivator angeschlossene Ansteuer-Ausgang der Ansteuerschaltung nach Art einer Gegentaktschaltung aufgebaut ist mit zwei ausgangsseitig in Reihe geschalteten Transistoren.
5. Druckverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei ausgangsseitig in Reihe geschalteten Transistoren des an einem Piezoelement angeschlossenen Ansteuer-Ausgangs der Ansteuerschaltung in nicht durchgeschaltetem Zustand beide ausgangsseitig hochohmig sind.
6. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der ersten oder zweiten Flanke (3,5) das Volumen einer Tintenkommer mittels des betreffenden Aktivators vergrößert wird, und während der darauf unmittelbar folgenden, ersten oder zweiten Haltezeit (4,6) Tinte in die betreffende Tintenkommer gesaugt wird.
7. Druckverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der jeweils anderen, zweiten oder ersten Flanke (5,3) das Volumen der betreffenden Tintenkommer mittels des betreffenden Aktivators reduziert wird, und während der darauf unmittelbar folgenden, zweiten oder ersten Haltezeit (6,4) ein Tintentropfen aus der zugeordneten Düse hinausgeschossen wird.
8. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Aktivator ein Piezoelement verwendet wird, das mit einer Tintenkommer im Bereich einer Tintendüse in Kontakt steht, um das Volumen der Tintenkommer zu beeinflussen.
9. Druckverfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Piezoelement an zwei einander gegenüber liegenden Seiten leitfähige Beläge aufweist, die als Elektroden verwendbar sind.
10. Druckverfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Piezoelement zwischen den zwei einander gegenüber liegenden Belägen elektrisch nicht leitfähig ist, so dass eine infolge einer angelegten Spannung aufgebrachte elektrische Ladung bei hochohmigem Ausgang der Ansteuerschaltung konstant bleibt.
11. Druckverfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die während einer Ladephase auf das Piezoelement aufgebrachte elektrische Ladung von der angelegten Spannung abhängig ist, sowie von der Dauer der Ladephase.
12. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der abgespeicherten Wellenform (1) jeweils wenigstens zwei Intervalle ausgewählt und an den Aktivator

übertragen werden.

13. Druckverfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei ausgewählte und an den Aktivator übertragene Intervalle nicht unmittelbar aufeinander folgen. 5
14. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die an den Aktivator übertragenen Intervalle aus einer ersten oder zweiten Haltezeit (4,6) ausgewählt werden. 10
15. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer, mehreren oder allen effektiven Tropfengrößen keine Flanke (3,5) an den Aktivator übertragen wird. 15
16. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abgespeicherte Wellenform (1) zwei oder mehrere aufeinander folgende Ansteuerimpulse umfasst, von denen jeder jeweils eine erste Flanke (3) umfasst, gefolgt von einer ersten Haltezeit (4), sowie im Anschluss an die erste Haltezeit (4) eine zweite, entgegengesetzte Flanke (5), ggf. gefolgt von einer zweiten Haltezeit (6). 20 25
17. Druckverfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich zwei oder mehrere Ansteuerimpulse der abgespeicherten Wellenform (1) voneinander unterscheiden hinsichtlich der Steigung der ersten Flanke (3) und/oder der zweiten Flanke (5), und/oder hinsichtlich der ersten Haltezeit (4) und/oder der zweiten Haltezeit (6), und/oder hinsichtlich der Amplitude der ersten und/oder zweiten Haltezeit (4,6), und/oder hinsichtlich der Anstiegs- oder Abfallzeit während der ersten Flanke (3) und/oder der zweiten Flanke (5). 30 35
18. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die während einer Haltezeit bei vergrößertem Volumen der Tintenammer in diese einströmende Tintenmenge von der Vergrößerung des Volumens abhängig ist, und/oder von der Dauer der betreffenden Volumenvergrößerung. 40 45
19. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen eines während einer Flanke (5,3), bei der das Volumen der betreffenden Tintenammer mittels des betreffenden Aktivators reduziert wird, hinausgeschossenen Tintentropfens mit der Steigung der betreffenden Flanke (5,3) zunimmt, in welcher das Volumen innerhalb der Tintenammer reduziert wird. 50
20. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Volumen eines während einer Flanke (5,3), eines Ansteuerimpulses hinausgeschossenen Tintentropfens mit der Dauer der sich daran unmittelbar anschließenden, effektiven Haltezeit steigt.

21. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer der sich an eine Flanke unmittelbar anschließenden, effektiven Haltezeit durch den zeitlichen Abstand einer folgenden Flanke des Ansteuersignals bestimmt wird.
22. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vor dem Abreißen des während eines ersten Ansteuerimpulses abgegebenen Tintentropfens folgende, das Volumen innerhalb der Tintenammer (abermals) vergrößernde Flanke eines zweiten Ansteuerimpulses das Volumen des Tintentropfens reduziert, weil infolgedessen ein größerer Teil des Tintentropfens zurückgehalten wird.
23. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine nach dem während eines ersten Ansteuerimpulses gebildeten Tintentropfen folgende, das Volumen innerhalb der Tintenammer (abermals) verkleinernde Flanke eines zweiten Ansteuerimpulses das Volumen des Tintentropfens erhöht, wenn infolgedessen eine zusätzliche Tintenmenge abgegeben wird.
24. Druckverfahren nach Anspruch 22 und 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem während eines ersten Ansteuerimpulses gebildeten Tintentropfen eine zusätzliche Tintenmenge abgegeben wird, wenn zwischen der das Volumen innerhalb der Tintenammer (abermals) vergrößernden Flanke und einer darauf folgenden, das Volumen innerhalb der Tintenammer (abermals) verkleinernden Flanke eines zweiten Ansteuerimpulses eine ausreichende Tintenmenge in die Tintenammer gesaugt wurde, und wenn die das Volumen innerhalb der Tintenammer (abermals) verkleinernden Flanke ausreichend steil ist.
25. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit eines während einer Flanke (5,3) eines Ansteuerimpulses hinausgeschossenen Tintentropfens mit der Amplitude der Flanke (5,3) des Ansteuerimpulses steigt.
26. Druckverfahren nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Amplitude der Flanke (5,3) eines Ansteuerimpulses mit der Dauer des aktiv eingprägten Ladestroms für den Aktivator steigt.

27. Druckverfahren nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer des aktiv eingepprägten Ladestroms für den Aktivator bei größeren Tropfengrößen kleiner ist als bei kleineren Tropfengrößen.
28. Druckverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Geschwindigkeit eines während einer Flanke (5,3) eines Ansteuerimpulses hinausgeschossenen Tintentropfens für alle Tropfengrößen konstant gehalten wird.

Claims

1. Printing method for a digital printing device for the production of ink drops of different drop sizes, comprising a print head having a plurality of printing systems and comprising at least one control apparatus for feeding control signals to the printing systems for the production of the ink drops, wherein each printing system has a nozzle, at least one ink chamber and an activator, e.g. a piezoelectric activator, which is associated with the at least one ink chamber, for the discharge of ink drops from the ink chamber in question via the nozzle in question onto a substrate to be printed on, as a response to a control signal, wherein, in the context of the control apparatus, only a single waveform (1) for the control signal (7, 7') having a specified time curve is stored for ink drops of all sizes, comprising at least one printing pulse with, optionally, an initial waiting time (2), a first edge (3), followed by a first holding time (4), and, after the first holding time (4), a second, opposite edge (5), optionally followed by a second holding time (6), **characterized in that** the size and, optionally, the speed of ink drops is varied by virtue of the fact that, at most for a single, intrinsic drop size, the entire stored waveform (1) is transferred as a control signal (7, 7') to the activator in question, while for all other, effective drop sizes, only a portion of the common, stored waveform (1) is transferred to the activator in question, namely one or more selected portions of the initial waiting time (2), the first edge (3), the first holding time (4), the second, opposite edge (5), and the second holding time (6), while, in the control signal (7, 7'), one or more other portions of the stored, common waveform (1) are held off from the activator in question.
2. Printing method according to Claim 1, **characterized in that** a control stage with a switched output is used or preferably a control stage with a controlled or regulated output.
3. Printing method according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, during portions of the stored wave-

form (1) that are not switched-through, the control circuit is in a high-impedance state at the control output thereof that is connected to an activator.

4. Printing method according to Claim 3, **characterized in that** the control circuit's control output that is connected to an activator is designed in the manner of a push-pull circuit with two transistors connected in series on the output side.
5. Printing method according to Claim 4, **characterized in that** the two transistors, which are connected in series on the output side, of the control circuit's control output, which is attached to a piezo element, are both high-impedance on the output side in a non-switched-through state.
6. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** during the first or second edge (3, 5), the volume of an ink chamber is increased by means of the activator in question, and during the thereupon immediately following first or second holding time (4, 6), ink is suctioned into the ink chamber in question.
7. Printing method according to Claim 6, **characterized in that** during the respective other, second or first edge (5, 3), the volume of the ink chamber in question is reduced by means of the activator in question, and during the thereupon immediately following second or first holding time (6, 4), an ink drop is fired out of the associated nozzle.
8. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a piezo element is used as an activator, which piezo element is in contact with an ink chamber in the region of an ink nozzle in order to influence the volume of the ink chamber.
9. Printing method according to Claim 8, **characterized in that** the piezo element has conductive coatings on two opposite sides, which can be used as electrodes.
10. Printing method according to Claim 9, **characterized in that** the piezo element is not electrically conductive between the two opposite coatings, so that an electrical charge applied as the result of a voltage that is applied remains constant in the case of the high-impedance output of the control circuit.
11. Printing method according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the electrical charge applied to the piezo element during a charging phase is dependent on the applied voltage as well as on the duration of the charging phase.
12. Printing method according to one of the preceding

- claims, **characterized in that**, in each case, at least two intervals are selected from the stored waveform (1) and are transferred to the activator.
13. Printing method according to Claim 12, **characterized in that** at least two intervals that are selected and transferred to the activator do not immediately follow each other. 5
 14. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the intervals transferred to the activator are selected from a first or a second holding time (4, 6). 10
 15. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, in the case of one, several or all effective drop sizes, no edge (3, 5) is transferred to the activator. 15
 16. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the stored waveform (1) comprises two or more sequential control pulses, each of which respectively has a first edge (3), followed by a first holding time (4), and, after the first holding time (4), a second, opposite edge (5), optionally followed by a second holding time (6). 20 25
 17. Printing method according to Claim 16, **characterized in that** two or more control pulses of the stored waveform (1) differ from each other in terms of the slope of the first edge (3) and/or the second edge (5), and/or in terms of the first holding time (4) and/or the second holding time (6), and/or in terms of the amplitude of the first and/or second holding time (4,6), and/or in terms of the rise time or fall time during the first edge (3) and/or the second edge (5). 30 35
 18. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the quantity of ink flowing into the ink chamber during a holding time in the case of an increased volume of said ink chamber is dependent on the increase in volume, and/or on the duration of the regarding volume increase. 40
 19. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the volume of an ink drop fired out during an edge (5, 3), during which the volume of the ink chamber in question is reduced by means of the regarding activator, increases with the slope of the edge (5, 3) in question, in which the volume inside the ink chamber is reduced. 45 50
 20. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the volume of an ink drop fired out during an edge (5, 3) of a control pulse increases with the duration of the immediately following effective holding time. 55
 21. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the duration of the effective holding time immediately following an edge is determined by the time interval of a following edge of the control signal.
 22. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an edge of a second control pulse, which edge follows before the breaking off of the ink drop discharged during a first control pulse and is (once again) increasing the volume inside the ink chamber, reduces the volume of the ink drop, because consequently a larger part of the ink drop is withheld.
 23. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an edge of a second control pulse, which edge follows after the ink drop formed during a first control pulse and is (once again) decreasing the volume inside the ink chamber, increases the volume of the ink drop, when consequently an additional quantity of ink is discharged.
 24. Printing method according to Claim 22 and 23, **characterized in that**, after the ink drop formed during a first control pulse, an additional quantity of ink is discharged, when a sufficient quantity of ink was suctioned into the ink chamber between the edge that is (once again) increasing the volume inside the ink chamber and a subsequent edge of a second control pulse, which edge is (once again) decreasing the volume inside the ink chamber, and when the edge that is (once again) decreasing the volume inside the ink chamber is sufficiently steep.
 25. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the speed of an ink drop fired out during an edge (5, 3) of a control pulse increases with the amplitude of the edge (5, 3) of the control pulse.
 26. Printing method according to Claim 25, **characterized in that** the amplitude of the edge (5, 3) of a control pulse increases with the duration of the actively impressed charging current for the activator.
 27. Printing method according to Claim 26, **characterized in that** the duration of the actively impressed charging current for the activator is lower in the case of larger drop sizes than in the case of smaller drop sizes.
 28. Printing method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the speed of an ink drop fired out during an edge (5, 3) of a control pulse is kept constant for all drop sizes.

Revendications

1. Procédé d'impression pour un dispositif d'impression numérique visant la production de gouttes d'encre de différentes tailles de gouttes, comportant une tête d'impression dotée d'une pluralité de systèmes d'impression ainsi que d'au moins une unité de commande, pour transmettre des signaux de commande aux systèmes d'impression visant la production de gouttes d'encre, en ce que chaque système d'impression comporte une buse, au moins une chambre d'encre et un de ces activateurs associés, par exemple, piézoélectriques pour produire des gouttes d'encre de la chambre d'encre en question par l'intermédiaire de la buse en question sur un substrat à imprimer en réaction à un signal de commande, en ce que dans le cadre de l'unité de commande pour des gouttes d'encre de toutes tailles, seulement une forme ondulée (1) unique est enregistrée pour le signal de commande (7, 7') avec une durée prédéfinie, comprenant au moins une impulsion d'impression avec le cas échéant un temps d'attente initial (2), un premier flanc (3), suivi d'un premier temps d'arrêt (4), ainsi qu'un deuxième flanc (5) opposé après le premier temps d'arrêt (4), le cas échéant suivi d'un deuxième temps d'arrêt (6), **caractérisé en ce que** la taille et le cas échéant la vitesse des gouttes d'encre varie de sorte que toute la forme ondulée (1) enregistrée est transmise à l'activateur en question comme signal de commande (7, 7') tout au plus par une taille de goutte unique intrinsèque pendant que seulement une partie d'une impulsion d'impression (1) enregistrée est transmise à l'activateur en question par toutes les autres tailles de gouttes effectives, notamment une ou plusieurs sections sélectionnées du temps d'attente initial (2), du premier flanc (3), du premier temps d'arrêt (4), du deuxième flanc (5) opposé, et du deuxième temps d'arrêt (6), pendant qu'une ou plusieurs autres sections de cette impulsion d'impression (1) enregistrée sont tenues à l'écart dans le cadre du signal de commande (7, 7') de l'activateur en question.
2. Procédé d'impression selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** étage de commande est utilisé avec une sortie activée ou de préférence un étage de commande avec une sortie commandée ou réglée.
3. Procédé d'impression selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le circuit de commande pendant des sections non commutées de la forme ondulée (1) enregistrée est à haute impédance à sa sortie de commande reliée à un activateur.
4. Procédé d'impression selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la sortie de commande du circuit de commande qui est raccordée à un activateur est de type montage symétrique avec deux transistors montés en série côté sortie.
5. Procédé d'impression selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les deux transistors montés en série côté sortie de la sortie de commande raccordée à un élément piézoélectrique du circuit de commande sont tous les deux à haute impédance côté sortie à l'état non commuté.
6. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volume d'une chambre d'encre est augmenté au moyen de l'activateur en question pendant le premier ou le deuxième flanc (3, 5), et de l'encre est aspirée dans la chambre d'encre en question pendant le premier ou le deuxième temps d'arrêt (4, 6) suivant directement.
7. Procédé d'impression selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le volume de la chambre d'encre en question est réduit au moyen de l'activateur en question pendant respectivement soit le deuxième ou le premier flanc (5, 3), et une goutte d'encre est éjectée de la buse associée pendant le deuxième ou le premier temps d'arrêt (6, 4) suivant directement.
8. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** élément piézoélectrique est utilisé comme activateur, ledit élément étant en contact avec une chambre d'encre dans la zone d'une buse d'encre pour agir sur le volume de la chambre d'encre.
9. Procédé d'impression selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'élément piézoélectrique comporte au niveau de deux côtés opposés des revêtements conducteurs qui peuvent servir d'électrodes.
10. Procédé d'impression selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'élément piézoélectrique entre les deux revêtements opposés n'est électriquement pas conducteur, de sorte qu'une charge électrique appliquée suite à une tension appliquée reste constante dans le cas d'une sortie à haute impédance du circuit de commande.
11. Procédé d'impression selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** la charge électrique appliquée sur l'élément piézoélectrique pendant une phase de charge est dépendante de la tension appliquée ainsi que de la durée de la phase de charge.
12. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** respectivement au moins deux intervalles sont sélectionnés à partir de la forme ondulée (1) enregistrée et trans-

mis à l'activateur.

13. Procédé d'impression selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'**au moins deux intervalles sélectionnés et transmis à l'activateur se succèdent directement. 5
14. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les intervalles transmis à l'activateur sont sélectionnés à partir d'un premier ou d'un deuxième temps d'arrêt (4, 6). 10
15. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**aucun flanc (3, 5) n'est transmis à l'activateur par une, plusieurs ou toutes les tailles de gouttes effectives 15
16. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la forme ondulée (1) enregistrée présente deux ou plusieurs impulsions de commande successives, dont chacune comporte respectivement un premier flanc (3), suivi d'un premier temps d'arrêt (4), ainsi qu'un deuxième flanc (5) opposé après le premier temps d'arrêt (4), le cas échéant suivi d'un deuxième temps d'arrêt (6). 20
17. Procédé d'impression selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** deux ou plusieurs impulsions de commande de la forme ondulée (1) enregistrée se distinguent l'une de l'autre quant à la pente du premier flanc (3) et/ou du deuxième flanc (5), et/ou quant au premier temps d'arrêt (4) et/ou au deuxième temps d'arrêt (6), et/ou quant à l'amplitude du premier et/ou du deuxième temps d'arrêt (4, 6), et/ou quant au temps de montée ou de descente pendant le premier flanc (3) et/ou le deuxième flanc (5). 25
18. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pendant un temps d'arrêt à un volume augmenté de la chambre d'encre, la quantité d'encre pénétrant dans celle-ci est en fonction de l'augmentation du volume, et/ou de la durée de l'augmentation de volume en question. 30
19. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volume d'une goutte d'encre éjectée, pendant un flanc (5, 3) pour lequel le volume de la chambre d'encre en question est réduit au moyen de l'activateur en question, augmente avec la pente du flanc en question, dans lequel le volume est réduit à l'intérieur de la chambre d'encre. 35
20. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le volume 40

d'une goutte d'encre éjectée/projetée pendant un flanc (5, 3) d'une impulsion de commande augmente avec la durée du temps d'arrêt effectif suivant directement.

21. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la durée du temps d'arrêt effectif suivant directement un flanc est déterminée par la distance dans le temps d'un flanc suivant du signal de commande. 45
22. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un flanc suivant d'une deuxième impulsion de commande, augmentant (à nouveau) le volume à l'intérieur de la chambre d'encre avant la rupture de la goutte d'encre délivrée pendant une première impulsion de commande réduit le volume de la goutte d'encre parce que, en conséquence, une plus grande partie de la goutte d'encre est retenue. 50
23. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un flanc suivant d'une deuxième impulsion de commande, réduisant (à nouveau) le volume à l'intérieur de la chambre d'encre après formation de la goutte d'encre pendant une première impulsion de commande augmente le volume de la goutte d'encre lorsque, en conséquence, une quantité d'encre additionnelle est délivrée. 55
24. Procédé d'impression selon les revendications 22 et 23, **caractérisé en ce qu'**une quantité d'encre additionnelle est délivrée après formation de la goutte d'encre pendant une première impulsion de commande lorsque, entre le flanc augmentant (à nouveau) le volume à l'intérieur de la chambre d'encre et un flanc suivant d'une deuxième impulsion de commande, réduisant (à nouveau) le volume à l'intérieur de la chambre d'encre, une quantité d'encre suffisante a été aspirée dans la chambre d'encre, et lorsque le flanc réduisant (à nouveau) le volume à l'intérieur de la chambre d'encre est suffisamment raide. 60
25. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse d'une goutte d'encre éjectée pendant un flanc (5, 3) d'une impulsion de commande augmente avec l'amplitude du flanc (5, 3) de l'impulsion de commande. 65
26. Procédé d'impression selon la revendication 25, **caractérisé en ce que** l'amplitude du flanc (5, 3) d'une impulsion de commande augmente avec la durée du courant de charge activement appliqué pour l'activateur. 70
27. Procédé d'impression selon la revendication 26, **ca-**

caractérisé en ce que la durée du courant de charge activement appliqué pour l'activateur en cas de plus grandes tailles de gouttes est plus courte qu'avec de plus petites tailles de gouttes.

5

28. Procédé d'impression selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse d'une goutte d'encre éjectée pendant un flanc (5, 3) d'une impulsion de commande est maintenue constante pour toutes les tailles de gouttes.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

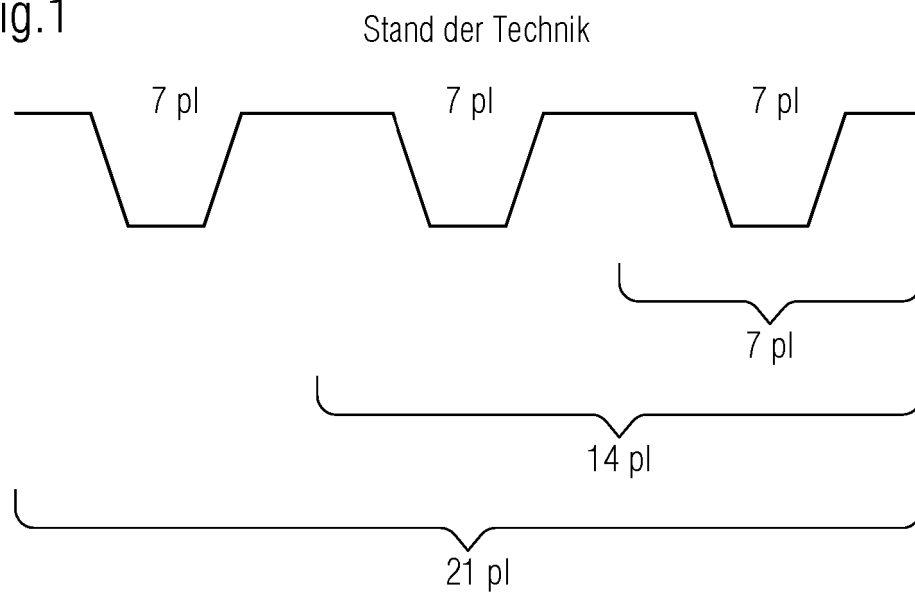


Fig.2

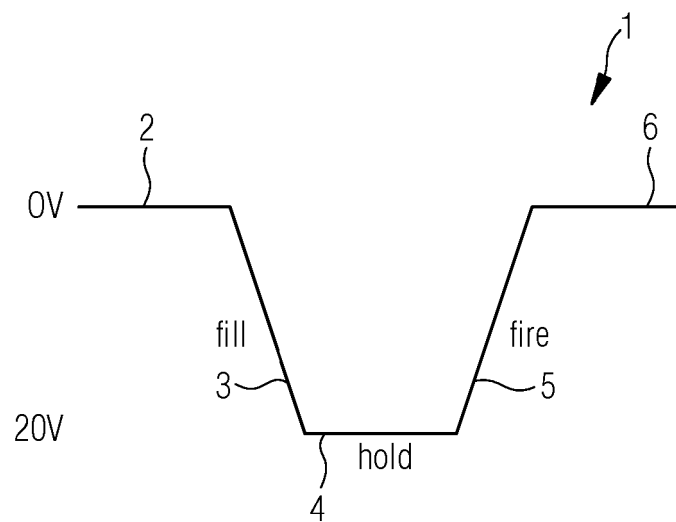


Fig.3

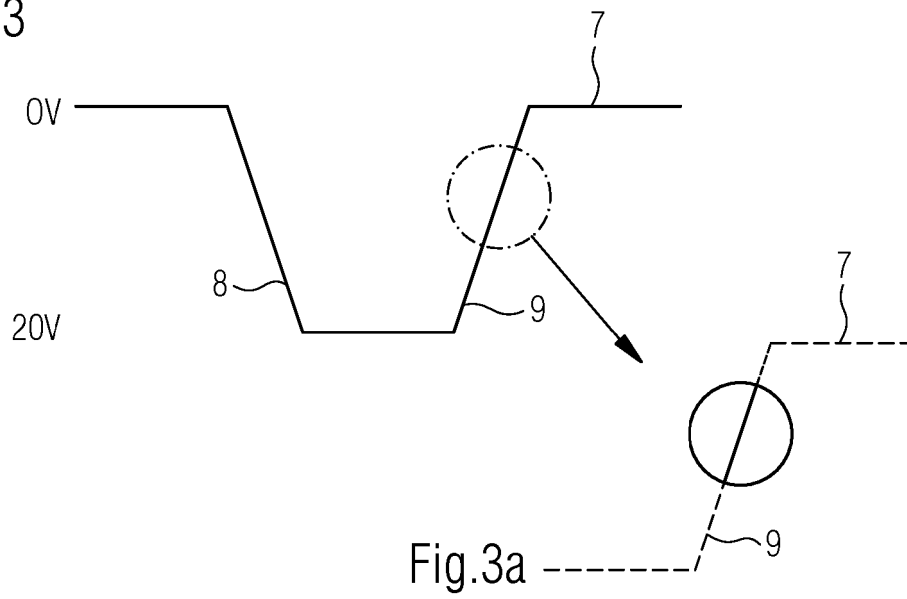


Fig.4

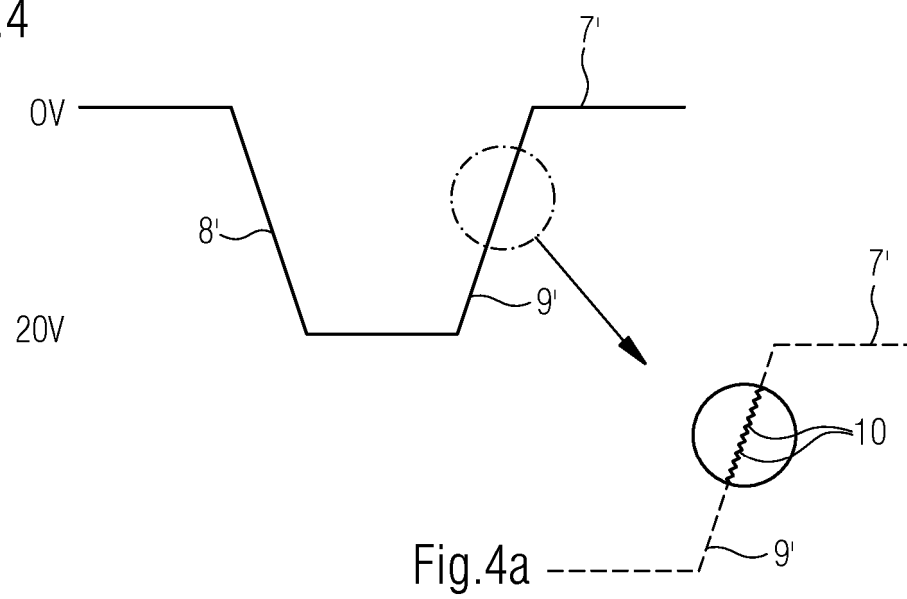


Fig.5

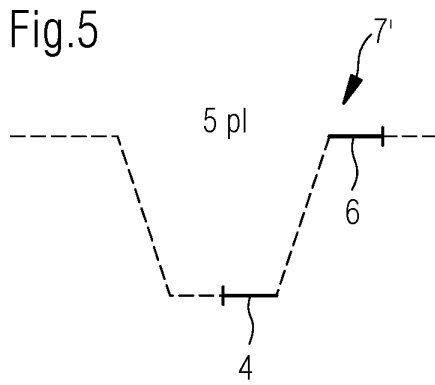


Fig.5a

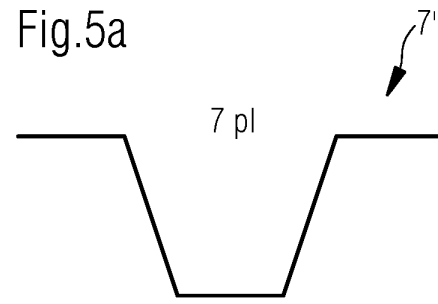


Fig.5b

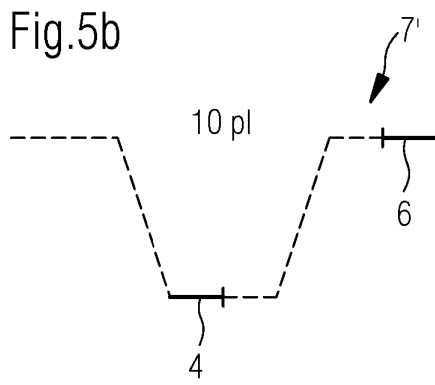


Fig.5c

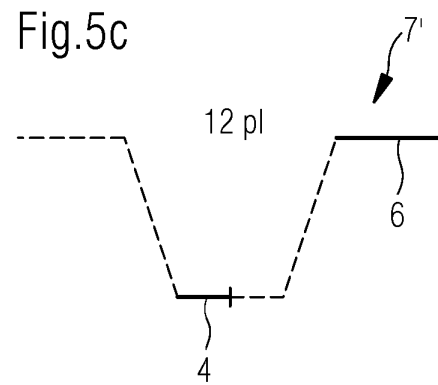


Fig.5d

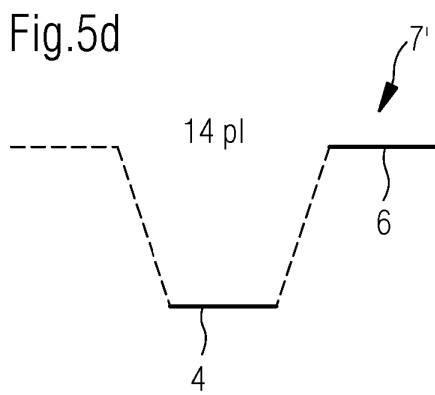


Fig.5e

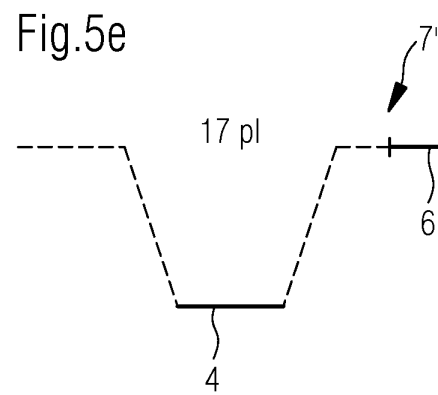


Fig.5f

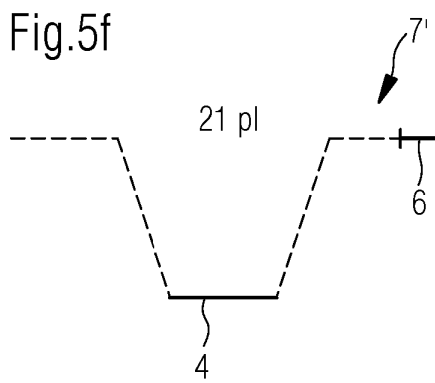


Fig.6

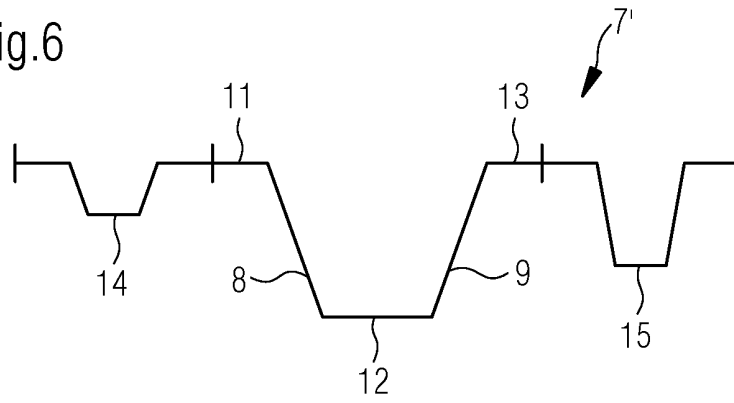


Fig.7

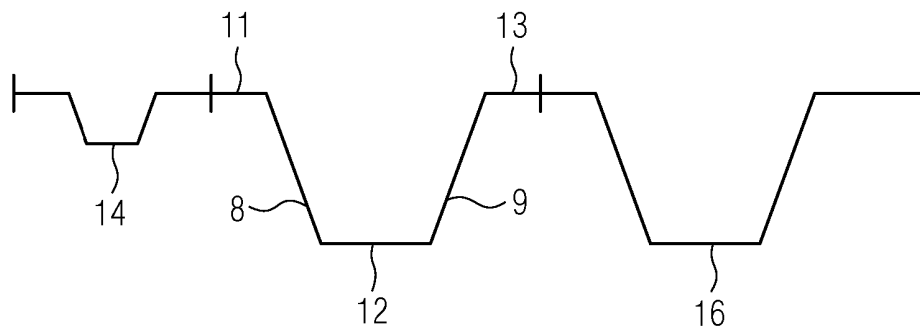


Fig.8

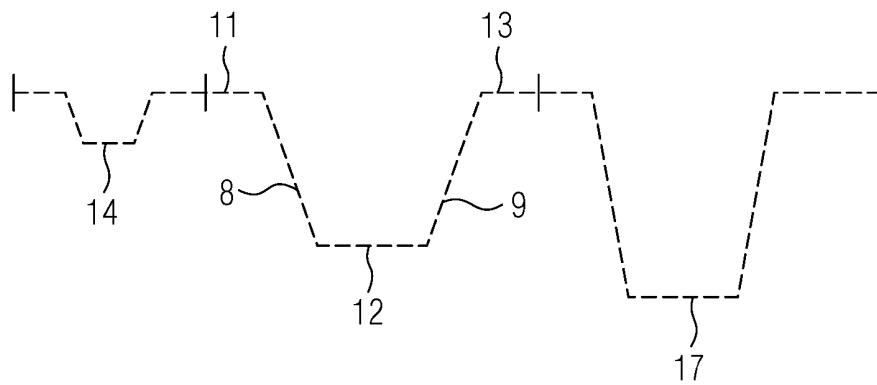


Fig.9a

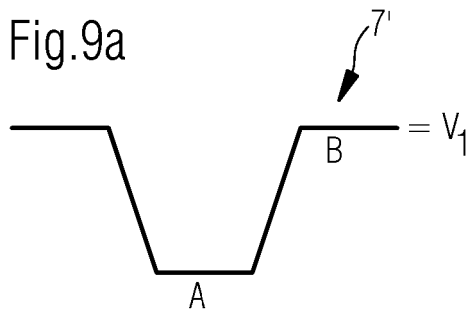


Fig.9b

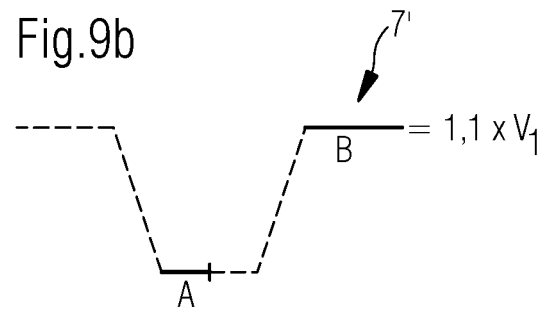


Fig.9c

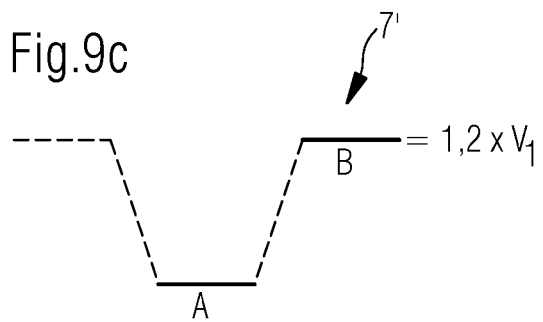


Fig.9d

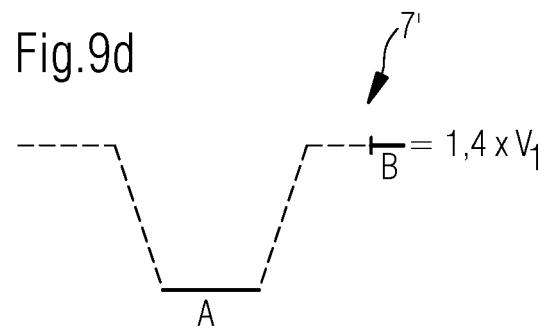


Fig.9e

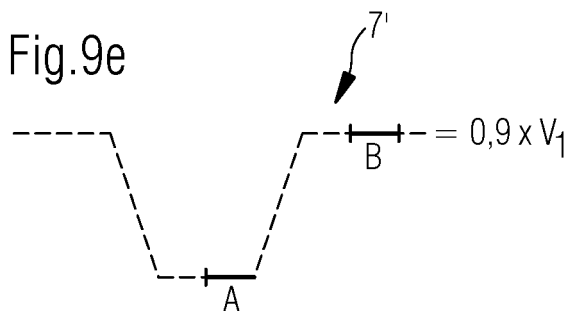


Fig.10

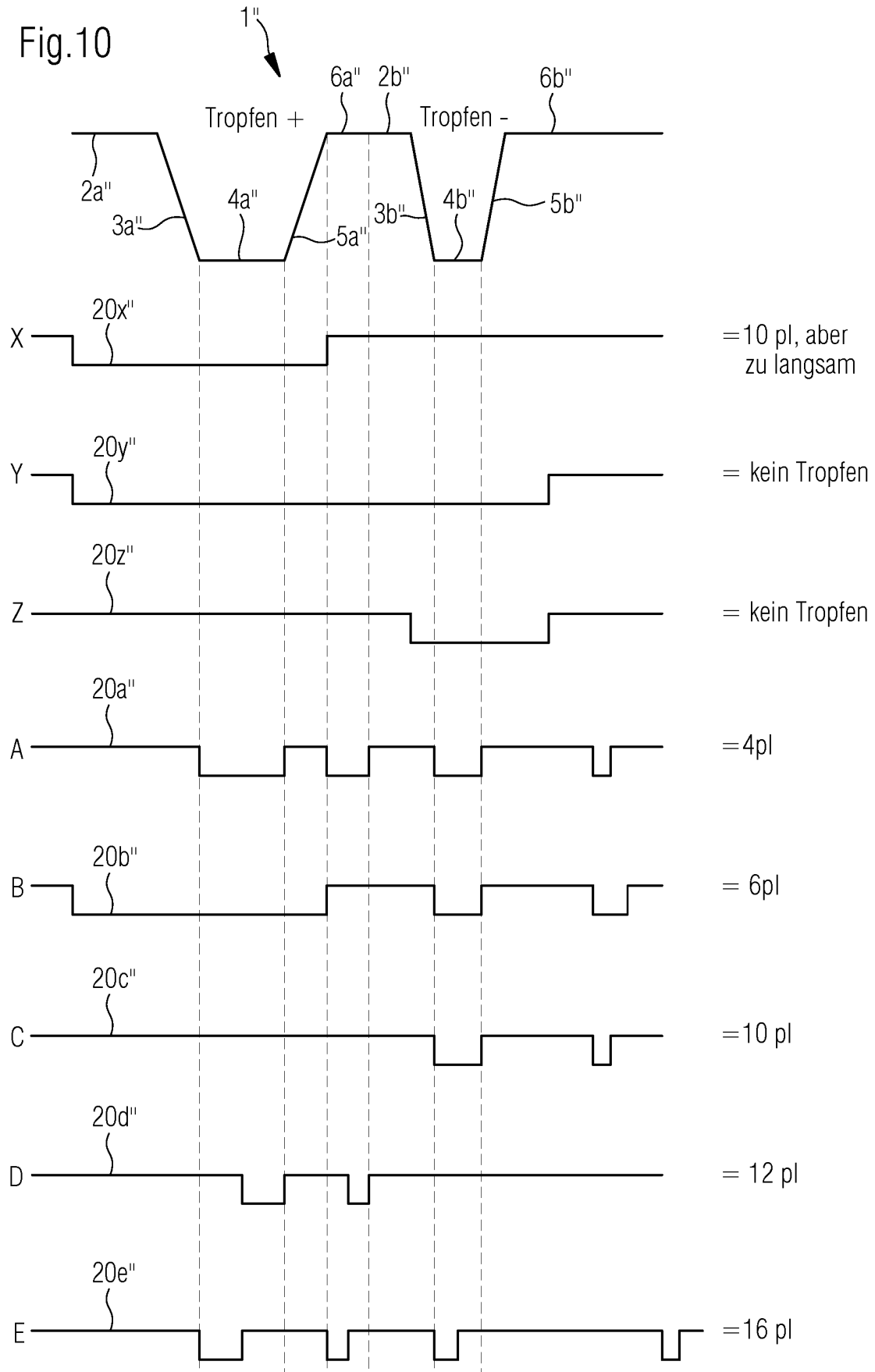


Fig.11a

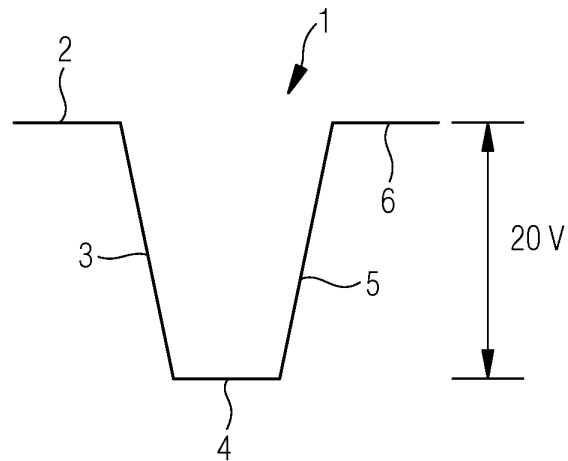


Fig.11b

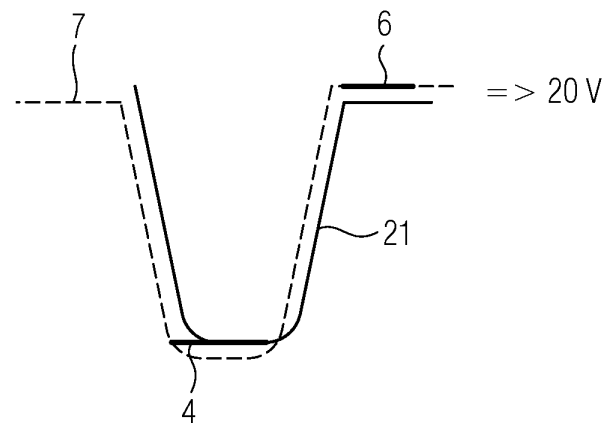


Fig.11c

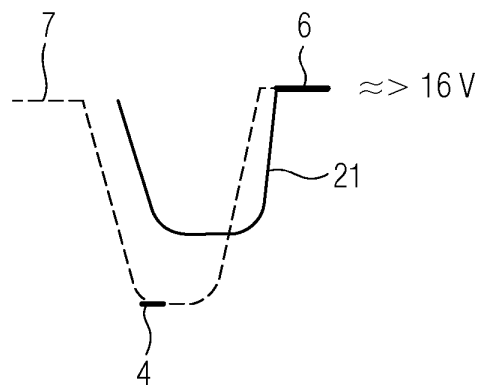
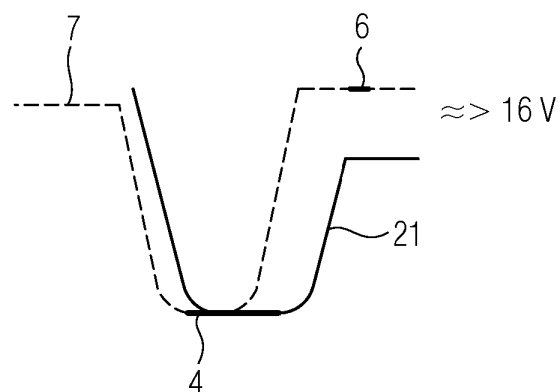


Fig.11d



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2012293577 A1 [0005]
- US 2013083106 A1 [0005]
- US 2009184995 A1 [0005]
- WO 2017009705 A2 [0054]