



(10) **DE 10 2011 088 271 A1** 2012.06.14

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 088 271.5**

(22) Anmeldetag: **12.12.2011**

(43) Offenlegungstag: **14.06.2012**

(51) Int Cl.: **G06T 1/00 (2012.01)**

**G06T 9/00 (2012.01)**

**G07D 7/12 (2012.01)**

(30) Unionspriorität:

**12/966,244 13.12.2010 US**

(71) Anmelder:

**Xerox Corp., Norwalk, Conn., US**

(72) Erfinder:

**Xu, Beilei, Penfield, N.Y., US; Sheflin, Joseph C.,  
Macedon, N.Y., US; Wang, Shen-ge, Fairport, US;  
Loce, Robert P., Webster, US; LeStrange, Jack T.,  
Macedon, US**

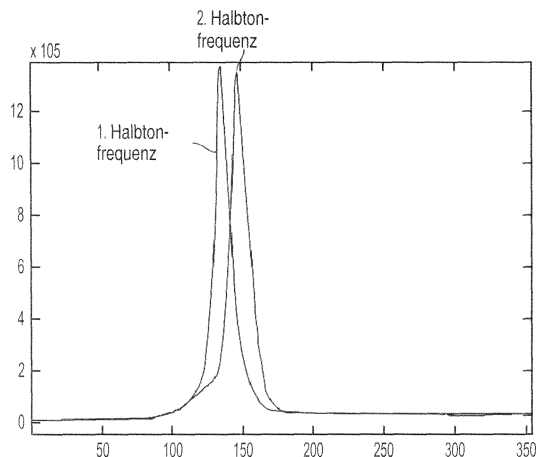
(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &  
Schwanhäusser, 80802, München, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Wasserzeichendecodierung durch Spektralanalyse des Pixelabstands**

(57) Zusammenfassung: Es werden Verfahren, Vorrichtungen und Systeme bereitgestellt, die das Decodieren von Wasserzeichen mittels Spektralanalyse eines Bildes betreffen. Gemäß einem anschaulichen Verfahren wird die Spektralanalyse ausgeführt, um ein Wasserzeichen in einem Bild zu decodieren, wobei der Pixelabstand, der mit dem Bild verknüpft ist, zur Codierung des Wasserzeichens moduliert wurde.



## Beschreibung

**[0001]** In vielen Druckanwendungen und Geschäftsbereichen sind Wasserzeichen auf den Ausdrucken erforderlich, um Information im Hinblick auf die Integrität des Druckauftrags oder im Hinblick auf die Sicherheit zu codieren. In gewissen Geschäftsbereichen und Ländern sind Sicherheitsmerkmale wesentlich, um einen Betrug zu verhindern. Es gibt unterschiedliche digitale Wasserzeichentechnologien und viele dieser Technologien werden eingerichtet, indem die Dokumente modifiziert oder in spezieller Weise verarbeitet werden. Eine gut bekannte Praxis von „unsichtbaren“ Wasserzeichen ist die Verwendung des Verfahrens mit gelben Punkten, das von der Bilderzeugung unabhängig ist, um eine Druckergerätekennung und Zeit/Datum in codierter Weise vorzusehen. Jedoch sind einige Markierungsprozesse nicht in der Lage, gelbe Punkte zu verwenden, da diese die Entwicklung des schwarzen Tonermaterials unterdrücken, woraus sich sichtbare gelbe Punkte in schwarzen Gebieten eines Ausdrucks ergeben. Insbesondere ist das Fehlen eines Sicherheitscodierungsverfahrens in Marktbereichen eine Herausforderung, die Sicherheitsmerkmale benötigen, etwa in staatlichen Organisationen.

**[0002]** Es ist daher eine Aufgabe, ein alternatives Verfahren anzugeben, das bilderzeugungsunabhängig ist, um Sicherheitsdaten mittels unsichtbarer Wasserzeichen in Bildausgabeeinrichtungen, etwa in Laserdruckern, in codierter Form vorzusehen.

(A1) In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Decodieren eines codierten Wasserzeichens innerhalb eines Bildes, das in einer Bildausgabeeinrichtung erzeugt ist, bereitgestellt, wobei die Bildausgabeeinrichtung mit einem Pixelgitter verknüpft ist, das eine erste vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer ersten Richtung aufweist, und das eine zweite vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer zweiten Richtung zur Erzeugung des Bildes aufweist, und wobei das Wasserzeichen durch eine Pixelabstandsmodulation codiert wird, wobei das Verfahren umfasst: a) Abtasten bzw. Scannen des in der Bildausgabeeinrichtung erzeugten Bildes; b) Bestimmen eines oder mehrerer Bildsegmente, die mit dem abgetasteten Bild, das das codierte Wasserzeichen enthält, verknüpft sind; c) Anwenden einer Spektralanalyse zur Bestimmung des Pixelabstands, der zu jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente gehört; d) Decodieren der Bildsegmente zur Bestimmung des codierten Wasserzeichens, wobei das Decodieren auf der Grundlage des bestimmten Pixelabstands, der zu jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente gehört, erfolgt.

(A2) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des

Paragraphen (A1) bereitgestellt, wobei ein Pixeltaktsignal enthalten ist, das funktionsmäßig mit der Bildausgabeeinrichtung verknüpft ist, um die Pixelabstandsmodulation zu steuern.

(A3) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Verfahren des Paragraphen (A1) bereitgestellt, wobei das Pixelgitter rechteckig ist.

(A4) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A1) bereitgestellt, wobei das Bild mit einer Halbtondarstellung des Bildes erzeugt wird, und wobei die Halbtondarstellung eine nominale Querprozessfrequenzkomponente enthält; und das Wasserzeichen durch Modulation der Querprozessfrequenz der Halbtondarstellung codiert wird, um das Wasserzeichen in einer Datenstruktur der Halbtonrepräsentation unter Anwendung der Bildausgabeeinrichtung zu codieren.

(A5) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A4) bereitgestellt, wobei das Wasserzeichen in binären Daten codiert wird und die Codierung durch Modulation der nominalen Halbtonquerprozessfrequenz zur Codierung der binären Daten erfolgt.

(A6) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A5) bereitgestellt, wobei die binären Wasserzeichendaten in ein oder mehrere Wasserzeichen codierte Frequenzprofile umgewandelt werden, wobei das eine oder die mehreren Profile eine oder mehrere entsprechende Querprozessabtastzeilen, die mit der Bildausgabeeinrichtung verknüpft sind, ansteuern.

(A7) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A6) bereitgestellt, wobei das mit dem Wasserzeichen codierte Frequenzprofil mit einem Pixeltaktsignal verknüpft wird, das funktionsmäßig mit der Bildausgabeeinrichtung verknüpft ist, um den Pixelabstand zu steuern.

(A8) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A6) bereitgestellt, die ferner umfasst: Ansteuern der Querprozessabtastzeilen unter Anwendung eines nicht-linearen Korrekturprofils in der Querprozessrichtung, das mit der Bildausgabeeinrichtung verknüpft ist, und unter Anwendung des einen oder mehreren Wasserzeichen codierten Frequenzprofile.

(A9) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Verfahren des Paragraphen (A5) bereitgestellt, wobei die nominale Halbtonquerprozessfrequenz um 0,5% oder weniger moduliert wird.

(A10) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A1) bereitgestellt, wobei das Wasserzeichen in einer oder mehreren Querpro-

zessrichtungen, die der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet sind, und in einer Prozessrichtung, die der Bildausgabeeinrichtung entspricht, codiert wird.

(A11) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Verfahren des Paragraphen (A1) bereitgestellt, wobei die Bildausgabeeinrichtung ein ROS-Drucker, basierter ein Tintenstrahldrucker oder eine Anzeige ist.

(A12) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Druckvorrichtung bereitgestellt, die umfasst: eine Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes auf einem Mediumsubstrat; und eine Steuerung, die ausgebildet ist, eine repräsentative Darstellung eines Bildes zum Erzeugen auf der Bildausgabeeinrichtung zu empfangen, wobei die Steuerung ausgebildet ist, Befehle auszuführen, um ein codiertes Wasserzeichen in einem Bild, das auf dem Mediumsubstrat erzeugt wird, zu decodieren, wobei die Bildausgabeeinrichtung mit einem Pixelgitter verknüpft ist, das eine erste vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixel in einer ersten Richtung und eine zweite vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer zweiten Richtung zur Erzeugung des Bildes und des Wasserzeichens, das über Pixelabstandsmodulation codiert ist, aufweist, wobei das Verfahren umfasst: a) Abtasten des auf der Bildausgabeeinrichtung erzeugten Bildes; b) Bestimmen eines oder mehrerer Bildsegmente, die dem abgetasteten Bild entsprechen und das codierte Wasserzeichen enthalten; c) Anwenden einer Spektralanalyse zur Bestimmung des Pixelabstandes, der zu jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente gehört; d) Decodieren der Bildsegmente zur Bestimmung des codierten Wasserzeichens, wobei die Decodierung auf der Grundlage des bestimmten Pixelabstands, der zu jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente gehört, erfolgt.

(A13) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A12) bereitgestellt, wobei ein Pixeltaktsignal funktionsmäßig der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet ist, um die Pixelabstandsmodulation zu steuern.

(A14) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A12) bereitgestellt, wobei das Pixelgitter rechteckig ist.

(A15) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A12) bereitgestellt, wobei das Bild mit einer Halbtondarstellung des Bildes erzeugt wird, wobei die Halbtondarstellung eine nominale Querprozessfrequenzkomponente aufweist; und wobei das Wasserzeichen über die Modulation der Querprozessfrequenz der Halbtondarstellung codiert wird, um das Wasserzeichen

innerhalb einer Datenstruktur der Halbtondarstellung unter Anwendung der Bildausgabeeinrichtung zu codieren.

(A16) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A15) bereitgestellt, wobei das Wasserzeichen in binäre Daten codiert wird und durch Modulieren der nominalen Halbtonquerprozessfrequenz codiert wird, um die binären Daten zu codieren.

(A17) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A16) bereitgestellt, wobei die Binärdaten des Wasserzeichens in ein oder mehrere Wasserzeichen codierte Frequenzprofile umgewandelt werden und wobei das eine oder die mehreren Wasserzeichen codierten Frequenzprofile eine oder mehrere entsprechende Querprozessabtastzeilen, die der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet sind, ansteuern.

(A18) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A17) bereitgestellt, wobei das Wasserzeichen codierte Frequenzprofil mit einem Pixeltaktsignal verknüpft ist, das funktionsmäßig der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet ist, um den Pixelabstand zu steuern.

(A19) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A17) bereitgestellt, wobei das Verfahren ferner umfasst: Ansteuern der Querprozessabtastzeilen unter Anwendung eines nicht linearen Querprozesskorrekturprofils, das der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet ist, und unter Anwendung des einen oder der mehreren Wasserzeichen codierten Frequenzprofile.

(A20) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A16) bereitgestellt, wobei die nominale Halbtonquerprozesssequenz um 0,5% oder weniger moduliert ist.

(A21) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A12) bereitgestellt, wobei das Wasserzeichen in einer oder mehreren Querprozessrichtungen codiert ist, die der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet sind, und auch in einer Prozessrichtung codiert ist, die der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet ist.

(A22) In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Ausführungsform des Paragraphen (A12) bereitgestellt, wobei die Bildausgabeeinrichtung ein RODrucker, S-basierter ein Tintenstahldrucker oder eine Anzeige ist.

(A23) In einer noch weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Computerprogrammprodukt bereitgestellt, das umfasst: einen in einem Computer verwendbaren Datenträger, der Befehle speichert, die, wenn sie von einem Computer rt werden, den Computer veran-

lassen, ausgeführt Verfahren zum Decodieren eines Wasserzeichens in einem Bild, das auf einer Bildausgabeeinrichtung erzeugt ist, ausführen, wobei die Bildausgabeeinrichtung mit einem Pixelgitter verknüpft ist, das eine erste vorbestimmte Anzahl im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixel in einer Richtung und eine zweite vorbestimmte Anzahl von im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer zweiten Richtung zur Erzeugung des Bildes und des Wasserzeichens aufweist, das über den Pixelabstand codiert ist, wobei das Verfahren umfasst: a) Abtasten des auf der Bildausgabeeinrichtung erzeugten Bildes; b) Bestimmen eines oder mehrerer Bildsegmente, die dem abgetasteten Bild entsprechen und das codierte Wasserzeichen enthalten; c) Anwenden einer Spektralanalyse zur Bestimmung des Pixelabstands, der jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente zugeordnet ist; d) Decodieren der Bildsegmente zur Bestimmung des codierten Wasserzeichens, wobei die Decodierung auf der Grundlage des bestimmten Pixelabstands, der jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente entspricht, erfolgt.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0003]** [Fig. 1](#) ist eine Yulear-Walker-Spektralanalyse, die zwei Halbtonfrequenzmaxima zeigt, die der Taktfrequenz bei der Nominalfrequenz bzw. bei einer 0,5% höheren Frequenz entsprechen.

**[0004]** [Fig. 2](#) ist eine schematische Darstellung einer Seitenansicht für eine Wasserzeichencodierung mittels einer Taktfrequenzvariation entsprechend einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0005]** [Fig. 3](#) ist eine Darstellung von Blöcken eines Wasserzeichens, die über eine Seite hinweg wiederholt werden, wobei dies zufällig oder periodisch an vorbestimmten Positionen erfolgt.

**[0006]** [Fig. 4](#) ist ein Prozessflussdiagramm, das die Umwandlung eines Wasserzeichenbitstromes in Frequenzprofile zur Codierung des Wasserzeichens darstellt.

**[0007]** [Fig. 5](#) zeigt einen einzelnen Streifen aus einem abgetasteten Bild mit einer vordefinierten Länge, Breite und Position auf einer Seite.

**[0008]** [Fig. 6](#) ist eine Darstellung von Wasserzeichen, die in Form von Spalten und Reihen wiederholt sind.

**[0009]** [Fig. 7](#) zeigt Wasserzeichenpositionen, die vom Bildinhalt abhängig sind, wodurch Halbtonbereiche des Bildes erkannt werden und die erkannten Be-

reiche mit sich wiederholenden Wasserzeichenblöcken gefüllt werden.

**[0010]** [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm einer anschaulichen Ausführungsform des Codierens eines Wasserzeichens mittels einer Änderung der Taktfrequenz.

**[0011]** [Fig. 9](#) zeigt den Einfluss der Frequenzänderung auf Halbtonpunkte (oder Punktzentren). Zu beachten ist, dass der Frequenzunterschied zum Zwecke der Darstellung vergrößert gezeigt ist.

**[0012]** [Fig. 10](#) zeigt die erkannten Frequenzmaxima von zwei benachbarten Abschnitten, die mit 1 und 0 codiert sind, gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0013]** [Fig. 11](#) ist ein Flussdiagramm eines Wasserzeichenbitstromdecodierprozesses gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0014]** [Fig. 12](#) zeigt experimentelle Ergebnisse für ein decodiertes Bitmuster, wobei die Frequenzmaxima von 21 Segmenten eines abgetasteten Bildes erfasst sind.

**[0015]** Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung werden Verfahren zur Erzeugung von Wasserzeichen, Systeme und Vorrichtungen bereitgestellt, um Sicherheitsdaten durch Modulieren des Pixelabstands von Pixeln, der mit einem Bild verknüpft ist, zu codieren, beispielsweise durch Pixeltaktfrequenzmodulation, ohne dabei auf diese Modulationsart einschränken zu wollen. Wenn beispielsweise eine Taktfrequenz von der nominalen Frequenz abweicht, treten die Pixel folglich mehr oder weniger häufig in der Querprozessrichtung auf, wodurch wiederum die gedruckte Halbtonfrequenz modifiziert wird. Für kleine Abweichungen von dem nominellen Wert sind IQ-(Bildqualitäts-)Defekte auf Grund der Pixelanordnungsabweichungen nicht sichtbar, können aber durch Spektralanalyse des abgetasteten Halbtonbildes erkannt werden. Daher werden in den bereitgestellten Verfahren unsichtbare Wasserzeichen über eine Pixeltaktfrequenzsteuerung codiert, die wiederum eine Halbtonfrequenzvariation hervorruft. Die offenbarten Ausführungsformen erfordern keine zusätzlichen Gerätekomponten für ein System, das einen variablen Pixeltakt besitzt. Zu beachten ist, dass erzeugte Defekte bei einer Änderung der Pixeltaktfrequenz von 0,5% oder weniger nicht sichtbar erkannt werden können, wohingegen Wasserzeichen mit Pixelabstandsmodulation erfolgreich mit einer Pixeltaktvariation von 0,5% decodiert werden können. Die offenbarten Verfahren und Systeme können Teil einer Sammlung von Hilfsmitteln für Sicherheitswasserzeichentechniken sein, die auf eine Seite angewendet werden können.

**[0016]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung werden Verfahren, Systeme und Vorrichtungen für eine Taktmarkierungsdecodierung bereitgestellt, beispielsweise über eine Spektralanalyse abgetasteter Halbtonausdrucke. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- 1) Bestimmen abgetasteter Bildsegmente, die zu analysieren sind;
- 2) Anwenden einer Spektralanalyse auf die abgetasteten Bildsegmente, um die jeweiligen Halbtonfrequenzen zu ermitteln;
- 3) Erkennen der Halbtonsequenzverschiebungen zwischen Segmenten und Verwenden der Information zur Decodierung der Taktmarkierungen; und
- 4) Verifizieren der decodierten Bitströme unter Anwendung der Redundanz, die im Codierungsprozess verwendet wurde.

**[0017]** Das Verfahren wurde durch Verwenden realer Ausdrucke getestet und das Verfahren ist in der Lage, codierte Taktmarkierungen bei einer 0,5% Frequenzschwankung zu decodieren, wobei keine IQ-Defekte sichtbar sind. Das Verfahren erfordert keine zusätzlichen Gerätekomponenten in einem System, das einen variablen Pixeltakt besitzt, wobei beispielsweise auf das US-Patent 4,860,237 verwiesen wird, das am 22. August 1989 erteilt wurde mit dem Titel „Abtastlinearitätskorrektur“ (Erfinder: Curry).

**[0018]** Wie zuvor erläutert ist, stellt die vorliegende Erfindung ein Wasserzeichenerzeugungsverfahren bereit, in welchem Sicherheitsdaten über Pixeltaktfrequenzmodulation gemäß einer anschaulichen Ausführungsform codiert werden. Wenn eine Pixeltaktfrequenz von der Nominalfrequenz abweicht, treten Pixel mehr oder minder häufig in der Querprozessrichtung auf, wodurch wiederum die ausgedruckte Halbtonfrequenz modifiziert wird. Für kleine Abweichungen von der Nominalfrequenz ist der IQ-Effekt auf Grund der abweichenden Pixelanordnung nicht sichtbar, aber diese Defekte können durch Spektralanalyse des abgetasteten Halbtonbildes erkannt werden. Somit codiert das offenbarte Verfahren Wasserzeichen durch Pixeltaktfrequenzsteuerung, die eine Halbtonfrequenzänderung hervorruft. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- 1) Kalibrierung – Bestimmen der maximalen Anzahl von Bits, die in der Querprozessrichtung und der Prozessrichtung ohne sichtbare Defekte codiert werden können;
- 2) Wasserzeichenkonversion – Umwandeln der binären Wasserzeichendaten in ein Taktfrequenzprofil oder mehrere Profile, die unterschiedliche Abtastzeilen festlegen bzw. ansteuern;
- 3) Kombination des Wasserzeichenprofils mit dem Kompensationsprofil – Kombinieren des codierten

Frequenzprofils mit einem erforderlichen Abtast-nichtlinearitäts-Korrekturprofil; und

- 4) Ausdrucken – Ansteuern des Lasers unter Anwendung des kombinierten Profils, um den Pixeltakt zu steuern.

**[0019]** Zu beachten ist, dass das Verfahren keine zusätzlichen Gerätekomponenten im Hinblick auf ein System benötigt, das einen variablen Pixeltakt besitzt.

**[0020]** Ferner stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren für die Wasserzeichenerkennung durch Spektralanalyse abgetasteter Halbtonausdrucke bereit. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- 1) Bestimmen der abgetasteten Bildsegmente, die zu analysieren sind;
- 2) Anwenden einer Spektralanalyse auf die abgetasteten Bildsegmente zur Ermittlung ihrer Halbtonfrequenzen;
- 3) Erkennen von Halbtonfrequenzverschiebungen zwischen Segmenten und Verwenden der Information zur Decodierung der Taktmarkierung; und
- 4) Verifizieren der decodierten Bitströme unter Anwendung der Redundanz, die in dem Codierungsprozess verwendet wurde.

**[0021]** Die Taktmarkierung besitzt den Vorteil, dass bestehende Hardwareressourcen verwendet werden. Die vorliegende Erfindung stellt ein wirksames Verfahren für die Taktmarkierungsdecodierung bereit.

**[0022]** Variable Frequenzpixeltakte wurden konventioneller Weise verwendet, um eine ungleichmäßige Geschwindigkeit eines Abtastpunktes in einem ROS-basierten Drucker zu kompensieren, siehe beispielsweise das US-Patent 4,860,237 von Curry. Die ungleichmäßige Geschwindigkeit beruht auf Verzerrungen in dem optischen ROS-System und kann zu Pixelanordnungsfehlern in der Querprozessrichtung führen, wenn keine Kompensation erfolgt. Diese einstellbaren Takte bzw. Taktsignale werden häufig auch als nicht-lineare Taktsignale oder anamorphe Taktsignale bezeichnet. Die Taktsignale werden durch ein Taktprofil gesteuert, das die gewünschte Pixelanordnung und Breite festlegt. Wenn die Taktfrequenz von der Nominalfrequenz abweicht, sind folglich Pixel näher oder weiter voneinander entfernt, d. h. der Pixelabstand ändert sich. Konventioneller Weise wird diese Pixeleinstellung angewendet, um optische Verzerrungen zu kompensieren, so dass die resultierenden Pixel auf einem Ausdruck von gleichmäßiger Größe und Abstand sind.

**[0023]** Gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Pixeltaktfrequenzmodulation in Verbindung mit einer benötigten ROS-Verzerrungskompensation so ausgeführt, dass die Pixelposition und der Pixelabstand moduliert wer-

den, was zu einer Modulation der Halbtongfrequenz führt. Wenn die Änderung im Hinblick auf die Nominalgrößen gering ist, sind IQ-Defekte auf Grund dieser Frequenzänderung nicht sichtbar.

**[0024]** Das anschauliche Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- 1) Kalibrierung – Bestimmen der maximalen Anzahl an Bits, die in der Querprozessrichtung und der Prozessrichtung ohne das Hervorrufen sichtbarer Defekte codiert werden können.
- 2) Wasserzeichenkonversion – Konvertieren der binären Wasserzeichendaten in ein Taktfrequenzprofil zur Ansteuerung von Abtastzeilen oder in mehrere Profile, die unterschiedliche Abtastzeilen ansteuern;
- 3) Kombinieren des Wasserzeichenprofils mit dem Kompensationsprofil – Kombinieren des codierten Frequenzprofils mit einem erforderlichen Abtastnichtlinearitätskorrekturprofil.
- 4) Ausdrucken – Ansteuern des Lasers unter Anwendung des kombinierten Profils, um das Pixeltaktsignal anzusteuern.

- 1) Kalibrierung – Bestimmen der maximalen Anzahl an Bits, die in der Querprozessrichtung und der Prozessrichtung ohne das Hervorrufen sichtbarer Defekte codiert werden können.

**[0025]** Idealerweise wird ein Kalibrierungsprozess für einen vorgegebenen Drucker, einen Halbton und die Einstellungen durchgeführt, mit denen der Ausdruck mit Wasserzeichen erzeugt wird. Für maximale IQ und Codierungskapazität wird die Kalibrierung für jedes spezielle Bild ausgeführt, das ein Wasserzeichen erhält. Alternativ dient die Erfahrung aus dem vorhergehenden Druckvorgang mit dem gleichen oder ähnlichen Druckprozessen als eine Anleitung und ersetzt eine detaillierte Kalibrierung. Im nachfolgenden ist ein Beispiel eines Kalibrierungsverfahrens angegeben, das für eine Druckvorrichtung Anwendung findet. Für das betrachtete Bilderzeugungssystem wurde eine Reihe aus gleichmäßigen ganzseitigen Halbtonmustern mit 50% Flächenbedeckung erzeugt, wobei die Pixeltaktfrequenz mit unterschiedlichen Graden variiert wurde (beispielsweise mit 0,3%, 0,5% und 1%) in Bezug auf die Nominalfrequenz und unterschiedliche Intervalle (0,5", 1", 2") in der Querprozessrichtung verwendet wurden. Der ideale Pegel der Frequenzänderung ist derjenige Pegel, bei welchem es keinen sichtbaren IC-Defekt auf den ausgedruckten Bildern gibt, während eine Spektralanalyse die Halbtongfrequenzmaxima eindeutig erkennen kann, die den unterschiedlichen Taktfrequenzen entsprechen, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, wurden Bilder mit der Taktfrequenz ausgedruckt, die um 0,5% höher als die Nominalfrequenz festgelegt war, wobei dies bei Intervallen von 1" in der Querprozessrichtung erfolgte. [Fig. 1](#) zeigt, dass die beiden Halbtongfrequenzmaxi-

ma ausreichend weit voneinander beabstandet waren, so dass eine genaue Unterscheidung ohne sichtbare IQ-Defekte in den ausgedruckten Bildern möglich war. Somit kann jeder Zoll in der Prozessrichtung verwendet werden, um ein Bit eines Wasserzeichens zu codieren. Zu beachten ist, dass die Anzahl an Bits, die in der Querprozessrichtung codiert werden können, von mehreren Faktoren abhängt, etwa von dem Decodierungsschema, der Reaktionszeit für das Ändern der Taktfrequenz, dem Rauschen von Drucker/Abtaster bzw. Scanner, dem Bildinhalt, der Halbtongfrequenz und der Halbtonart, der Frequenz bei jeweils der Nominalfrequenz und bei einer Frequenz, die um 0,5% höher ist.

**[0026]** Da die Codiervorgänge, wie sie hierin offenbart sind, von Halbton bedruckten Gebieten abhängen, sollten nicht-halbton bedruckte Gebiete nicht verwendet werden, um eine codierte Information bereitzustellen. Beispielsweise werden gemäß einer anschaulichen Ausführungsform die Bilder zu Halbtongebieten und nicht-Halbtongebieten vorverarbeitet, und lediglich die Halbtongebiete werden für das Codieren verwendet.

**[0027]** Zur Vergrößerung der Anzahl an Bits, die in einer einzelnen Seite codiert werden können, können zusätzlich zur Codierung von Wasserzeichen in der Querprozessrichtung auch Wasserzeichenbits in der Prozessrichtung codiert werden. D. h., es kann ein anderes Taktprofil für Bildsegmente in unterschiedlichen Prozessrichtungen verwendet werden. In der vorliegenden Implementierung besteht jedes Bildsegment aus 50 Abtastzeilen und 20 bis 30 Segmente werden mit dem gleichen Wasserzeichen codiert, um eine integrierte Redundanz zur Verbesserung der Decodiergenauigkeit vorzusehen. Die Länge des Bildsegments ist durch einen Kompromiss zwischen Druckrauschen und erforderlicher Codierungskapazität bestimmt. Wenn beispielsweise die Ausdrucke stark mit Rauschen behaftet sind, kann ein längeres Bildsegment in der Prozessrichtung verwendet werden, um das Rauschen zu verringern, wohingegen Bedingungen mit geringerem Rauschen es ermöglichen, dass die Länge im Hinblick auf eine Vergrößerung der Codierungskapazität reduziert wird.

Maximal codierte Bits = verfügbare Abmessung [ (Papierlänge – Rand) / (erforderliche minimale Länge \* erforderliche Redundanz) ]  
 \* Anzahl an Streifen (beispielsweise verfügbare Abmessung (Papierbreite – Rand) / erforderliche minimale Breite).



Beispiel: Für ein normales Papierformat (beispielsweise 14" × 8,5" Papier) mit einer 36-stufigen Redundanz (sehr konservativ)

Maximal codierte Bits = verfügbare Abmessungen  $[(8,5" - 1") / (1/2" \times 36)] \times$  verfügbare Abmessung  $(14" - 1") / 1" \sim 39$  Bits.

**[0028]** Für eine typische Sicherheitscodierung sollten 16 bis 32 Bits ausreichend sein. Obwohl die Abschnittsbreite durch die Frequenzauflösung beschränkt ist, können die Streifenlänge und die Redundanz weiter optimiert werden im Hinblick auf ein besseres Signal-zu-Rauschen-Verhältnis (verrauschte Bilder, Bildinhaltsabhängigkeit, ...), wenn die erforderliche Anzahl an Bits kleiner ist als die maximalen Codierbits.

- 2) Wasserzeichenumwandlung – Umwandeln der binären Wasserzeichendaten in ein Taktfrequenzsignal zur Ansteuerung einer Abtastzeile oder in mehrere Profile, die unterschiedliche Abtastzeilen steuern.

**[0029]** Zur Codierung der Wasserzeichen wird die Seite zunächst in mehrere Streifen unterteilt (beispielsweise mit einer Breite von 1/12" in der Prozessrichtung), wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Jedes der Segmente in [Fig. 2](#) stellt eine 1 oder eine 0 (einzelnes Bit) des Wasserzeichens dar, wobei die horizontal schraffierten Abschnitte ein Gebiet darstellen, das mit nominaler Taktfrequenz beschrieben ist, und die vertikal schraffierten Abschnitte stellen ein Gebiet dar, das mit einer leicht höheren/leicht tieferen Taktfrequenz beschrieben ist (beispielsweise weniger oder gleich 0,5% höher/tiefer). Die erforderliche Anzahl an Bits macht es erforderlich, dass die Folge aus Bits durch mehrere Streifen repräsentiert wird. Beispielsweise zeigt [Fig. 3](#) ein codiertes Wasserzeichen, das drei Gruppen aus codierten Abtastzeilen erfordert.

**[0030]** Abhängig von der Länge des Wasserzeichen-bitstroms (d. h. länger als die möglichen Codierbits in der Querprozessrichtung) wird der eintreffende Bitstrom in Mehr-Bit-Segmente unterteilt, die vorzugsweise die gleiche Anzahl an Bits unter den Segmenten aufweisen. Für jedes Segment werden die binären Bits in ein Frequenzprofil umgewandelt, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, wobei die Nullen der Nominalfrequenz und die 1sen der höheren/tieferen Frequenz im Verhältnis zur Nominalfrequenz entsprechen. Mehrere Segmente werden in mehrere Profile umgewandelt, die zum Ansteuern des Pixeltakts für unterschiedliche Bildsegmente dienen, wenn der Vorgang der Bilderzeugung entlang den Prozessrichtungen erfolgt. Das untere rechte Bild in [Fig. 4](#) ist ein Beispiel eines codierten Bildes, wobei die Frequenzänderung sehr hoch eingestellt ist, um die codierte Information zu zeigen. Dieses schematische Bild ist tatsächlich aus einer Abtastung eines Bildes mit

Wasserzeichen unter Anwendung einer sehr hohen Frequenzänderung erzeugt, so dass der Halbtonausdruck unterschiedliche Dichte für die unterschiedlichen Taktfrequenzgebiete zeigt. In der Praxis wird die Frequenzänderung gering gehalten (beispielsweise unter 0,5%), so dass der IQ-Unterschied zwischen Gebieten mit hoher Taktfrequenz und geringer Taktfrequenz nicht sichtbar ist.

- 3) Kombinieren des Wasserzeichenprofils mit einem Kompensationsprofils – Kombinieren des codierten Frequenzprofils mit einem erforderlichen Abtastnichtlinearitätskorrekturprofil.

**[0031]** Da der Pixeltakt auch verwendet wird, um die Pixelanordnung in der Querprozessrichtung zu steuern/zu korrigieren, müssen die Wasserzeichen codierten Profile mit Frequenzprofilen kombiniert werden, die für die Nichtlinearitätskorrektur der Abtastung verwendet werden, so dass das endgültige Profil erzeugt wird, das den ROS ansteuert. Somit ist die Frequenzmodulation, die hierin vorgeschlagen ist, eine „Überlagerung“ zu den langsamen glatten Änderungen in der Taktfrequenz, die zur Kompensation der ROS-Nichtlinearität verwendet werden.

- 4) Drucken – Ansteuern des Lasers unter Anwendung des kombinierten Profils, um den Pixeltakt zu steuern.

## Experiment und Ergebnisse

**[0032]** Das hierin offenbarte Verfahren wurde auf einem Laserdrucksystem getestet. Es wurde ein ganzseitiger Halbtonausdruck mit 50% Flächenabdeckung verwendet, um Wasserzeichen zu codieren. Die Taktfrequenz wurde um 0,4%, 0,5%, 1% und 3% alle 2" geändert, um einen Bitstrom 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 auf einem 14" × 8,5" Papier zu codieren. Es wurden keine IQ-Defekte für eine Frequenzänderung von 0,5% oder kleiner beobachtet. Die Bilder wurden dann außerhalb des Systems mit einer Auflösung von 600 dpi abgetastet bzw. gescannt und das Wasserzeichen wurde durch Spektralanalyse decodiert.

**[0033]** In [Fig. 6](#) ist eine weitere anschauliche Ausführungsform eines Codierungsverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Wie gezeigt, wird ein einzelner codierter Streifen verwendet, um die Wasserzeicheninformation bereitzustellen, wobei der codierte Streifen über das Bild hinweg wiederholt wird, um eine gewisse Redundanz zu schaffen. Anders ausgedrückt, es werden redundante codierte Streifen verwendet, um ein robusteres Codiersystem bereitzustellen.

**[0034]** [Fig. 7](#) zeigt eine weitere anschauliche Ausführungsform eines Codierungsverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung. In diesem Falle stellt ein codierter Block mehrere codierte Streifen bereit, um mit

dem Wasserzeichen verknüpfte binäre Daten darzustellen. Um ein robustes System zu schaffen, wird der codierte Block mehrere Male innerhalb des erzeugten Bildes wiederholt.

**[0035]** [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm eines anschaulichen Verfahrens zum Codieren eines Wasserzeichens in ein Bild, das auf einer Bildausgabereinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung erzeugt werden soll.

**[0036]** Zunächst wird ein binäres codiertes Signal erzeugt, das ein Wasserzeichen darstellt.

**[0037]** Anschließend bestimmt das Verfahren das codierte Signal mit dem Codierungsvermögen, was mit **80** bezeichnet ist. Anders ausgedrückt, es wird bestimmt, welche Anzahl an Bits erforderlich ist, um das Wasserzeichen zu codieren.

**[0038]** Als nächstes wird auf der Grundlage einer vorbestimmten Segmentbreite, die ein Bit repräsentiert, in dem Verfahren die Anzahl an Segmenten bestimmt, die zum Codieren des Wasserzeichens erforderlich ist (was als **82** bezeichnet ist, das dazu führt, dass die Anzahl an Streifen bestimmt wird, die zum Codieren des Wasserzeichens erforderlich ist).

**[0039]** Auf der Grundlage der Anzahl der erforderlichen Streifen und der zugehörigen Streifenlänge erzeugt das Verfahren codierten Streifen, was als **84** bezeichnet ist, wobei optional redundante Streifen enthalten sind, um die Robustheit zu erhöhen.

**[0040]** Schließlich wird ein Pixeltaktfrequenzprofil als eine Funktion der codierten Streifen erzeugt, was als **86** angegeben ist, wobei diese Streifen verwendet werden, um einen Pixeltakt zum Erzeugen des Wasserzeichens und eines zugehörigen Bildes zu steuern.

**[0041]** [Fig. 9](#) zeigt eine übertrieben dargestellte Halbtonpunktstruktur, die bereitgestellt wird, um den Einfluss der Frequenzänderung auf Halbtonpunkte gemäß der vorliegenden Erfindung darzustellen.

**[0042]** Wie zuvor erläutert ist, wird gemäß einer anschaulichen Ausführungsform der vorliegende Erfindung eine Pixeltaktfrequenzmodulation auf ein Bild zusätzlich zu einer möglichen erforderlichen Kompensation angewendet, so dass die Pixelposition und der Pixelabstand moduliert werden, was zu einer Modulation der Halbtonfrequenz führt, die ein Wasserzeichen in dem Bild codiert. Somit können durch Erfassen der Halbtonfrequenzänderung von Segment zu Segment aus abgetasteten Halbtonausdrucken die codierten nicht sichtbaren Taktmarken bzw. Wasserzeichen decodiert werden.

**[0043]** In der Schrift „geometrische Verzerrungssignaturen für die Druckererkennung“, von O. Bulan, J. Mao, und G. Sharma, in Proc. IEEE Internationale Konferenz für Sprach- und Signalverarbeitung, 19–24, 2009, Taipei, Taiwan, Seiten 1401–1404, untersuchten Sharma und Bulan Druckbildverzerrungen als ein Mittel für die Druckererkennung. Dabei stützten sie sich auf bestehende Verzerrungen, etwa eine ROS-Verbiegung, um einen Drucker zu identifizieren, wobei die Identifizierung primär darauf ausgerichtet ist, einen Drucker von einem anderen einer kleinen Gruppe bestehender Modelle von Druckern zu unterscheiden.

**[0044]** Zusätzlich zum Bereitstellen eines Verfahrens zum Codieren eines Wasserzeichens über eine Pixelabstandsmodulation stellt die vorliegende Offenbarung ein Verfahren bereit, um ein codiertes Wasserzeichen mittels Spektralanalyse abgetasteter Halbtonausdrucke zu decodieren. Das offenbarte Verfahren wurde unter Anwendung von echten Ausdrucken getestet und das Verfahren war in der Lage, codierte Taktmarken mit einer 0,5%igen Frequenzänderung zu decodieren, wobei keine IQ-Defekte beobachtet wurden, wie dies zuvor beschrieben ist. Das Verfahren erfordert keine zusätzlichen GerätekompONENTEN, die über die Ressourcen eines Systems hinausgehen, das einen variablen Pixeltakt besitzt, siehe etwa das US-Patent 4,860,237, das am 22. August 1989 mit dem Titel „Abtastlinearitätskorrektur, (Erfinder: Curry), erteilt wurde.

**[0045]** Das Verfahren umfasst die vier folgenden Schritte:

- 1) Bestimmen abgetasteter Bildsegmente, die zu analysieren sind;
- 2) Anwenden einer Spektralanalyse auf die abgetasteten Bildsegmente, um ihre Halbtonfrequenzen zu bestimmen;
- 3) Erkennen von Halbtonfrequenzverschiebungen zwischen den Segmenten und Verwenden der Information, um die Taktmarken zu decodieren; und
- 4) Verifizieren der decodierten Bitströme unter Anwendung einer Redundanz, die im Codierprozess eingebaut wurde.

- 1) Bestimmen abgetasteter Bildsegmente, die zu analysieren sind.

**[0046]** Zunächst müssen die abgetasteten Bildsegmente, die die codierten Daten enthalten, isoliert werden. Gemäß einem anschaulichen Verfahren zum Decodieren sind die Bildsegmentbreite und die Länge aus vordefinierten Daten bekannt, die mit dem Codierverfahren verknüpft sind. Des Weiteren sind die gesamte Streifenbreite und die Länge aus vordefinierten Daten bekannt, wie dies in [Fig. 5](#) gezeigt ist.

**[0047]** Gemäß einem anschaulichen Verfahren die Papierränder als Referenz für die Streifen. Die Seg-



mentierung wird erreicht, indem ein Gitter über der Seite unter Anwendung der bekannten Abmessungen erzeugt wird. Die nachfolgende Frequenzanalyse sollte im Hinblick auf Fehler von einigen Millimetern unempfindlich sein, da die Streifenlängen relativ groß sind (ungefähr 1") und es kann ein großer Anteil an Redundanz für Anwendungen genutzt werden, in denen eine kleine Anzahl an Bits codiert wird, ähnlich zu der Codierung von gelben Punkten.

**[0048]** Gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform werden Referenzmarkierungen irgendwo auf dem Ausdruck angeordnet, so dass das Segmentierungsgitter in geeigneter Weise positioniert werden kann. Die Referenzmarkierung kann in einer Vielzahl an Formen vorliegen, wozu, ohne einschränkend zu sein, ein Y-Punkt, ein K-Punkt, Bildränder oder ein bekannter Bereich auf einem Bild gehören, etwa Begrenzungslinien.

**[0049]** Gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform wird ein Verfahren bereitgestellt, in welchem ein Mangel an Information auf dem Ausdruck vorhanden ist in Hinblick auf eine Referenzstartposition für einen ersten Streifen. Zu beachten ist, dass diese Situation schwerer handhabbar ist. Ein Verfahren zur Lösung dieses Problems besteht darin, eine Spektralanalyse auszuführen, etwa in Form des Verfahrens, das nachfolgend angegeben ist, wobei dies für eine Vielzahl an Gitterpositionen erfolgt. Die Gitterposition, die die beste Frequenzseparation für eine gewisse Anzahl an Bildsegmenten ergibt, wird dann für die Gittersegmentierung und eine detailliertere Spektralanalyse benutzt, wie sie nachfolgend beschrieben ist.

2) Anwenden einer Spektralanalyse auf die abgetasteten Bildsegmente zum Ermitteln ihrer Halbtonfrequenzen.

**[0050]** Es wird eine Spektralanalyse auf jedes Bildsegment angewendet, um ein Frequenzmaximum für die entsprechenden Segmente zu bestimmen. Um Bildqualitätsdefekte beim Vorgang des Codierens zu vermeiden, werden tendenziell die hohen und tiefen Halbtonfrequenzen in einem kleinen Bereich definiert (beispielsweise 0,5 bis 1% des normalen Wertes). Auf Grund dieses kleinen Bereiches ist es vorteilhaft, ein Spektralanalyseverfahren anzuwenden, das eine hohe Frequenzauflösung besitzt, etwa das Yulear-Walker-Verfahren. Das Yulear-Walker-Verfahren wird auf jedes Bildsegment angewendet, um einen Frequenzspitzenwert, d. h., ein Frequenzmaximum, innerhalb eines vorbestimmten Frequenzbereichs zu ermitteln. Der Bereich sollte um die nominale Halbtonfrequenz herum angeordnet sein und sollte die erwartete Frequenzverschiebung auf Grund der Pixelaktfrequenzänderung beinhalten (beispielsweise  $f_0 \pm \Delta f$ , wobei  $f_0$  die Halbtonfrequenz ist, wenn der Pixeltakt die nominale Frequenz aufweist und wobei  $\Delta f$

der Bereich ist, etwa ca. 3–5 cpi.) Gemäß einer anschaulichen Ausführungsform wird ein Halbton mit einem geringfügigen nicht-orthogonalen Bildinhalt verwendet mit Grundfrequenzen von 170 cpi in der Nähe von 45 Grad. Pixelzeilen schneiden diesen Halbtonbereich bei ungefähr  $170 \text{ cpi} / \sqrt{2} = 120,2 \text{ cpi}$ . Der Frequenzbereich des Yulear-Walker-Analyseverfahrens in einem Experiment unter Anwendung der Ausführungsform war  $\pm 15 \text{ cpi}$  (also größer als erforderlich). **Fig. 10** zeigt das Spektrum zweier Segmente eines Streifens mit einem codierten Bitmuster mit 1 und 0. Der Streifen bestand aus 50 Abtastzeilen und jeder der beiden Abschnitte besitzt eine Breite von 1". Die Figur zeigt, dass das Yulear-Walker-Spektralanalyseverfahren deutlich die beiden Frequenzmaxima trennen kann.

**[0051]** Die Spektralanalyse kann auf eine oder mehrere verschiedenen Arten innerhalb jedes Abschnitts angewendet werden. Beispielsweise wird für Halbtöne mit einer Frequenzkomponente (Grundschiwingung, harmonische Schwingung, Schnittfrequenz ...) auf der Querprozessachse eine eindimensionale Analyse auf jede Abtastzeile innerhalb des Segments angewendet, und die erfassten Positionen der Maxima für alle Abtastzeilen werden dann gemittelt. Einige räumliche Techniken für die Spektralanalyse, etwa das Yulear-Walker-Verfahren, sind relativ unempfindlich im Hinblick auf Diskontinuitäten in der Phase. Diese Unempfindlichkeit ermöglicht es, dass die Analyse an einer längeren Datensequenz ausgeführt wird, die durch Zusammenfassung von Abtastzeilen innerhalb eines Segments erzeugt wird, wobei diese Zeilen aneinandergereiht werden. Experimente zeigten, dass die verbundenen Abtastzeilen die Auflösung der Position des Maximums verbessern. Als Alternative oder zusätzlich zur Yulear-Walker-Spektralanalyse können andere Spektraltechniken, etwa die Fourier-Analyse angewendet werden, um die Positionen der Maxima zu ermitteln. Wenn mehr als ein Verfahren angewendet wird, können die ermittelten Positionen in einer gewissen gewichteten Weise gemittelt werden.

**[0052]** Es kann auch eine zweidimensionale Frequenzanalyse auf die zweidimensionalen Segmente angewendet werden, um die Grundfrequenzen oder die Oberschwingungen oder beides zu ermitteln. Ähnliche Frequenzanalysen können auf Farbhälbtöne angewendet werden, wobei nach einer interessierenden Komponente im Spektrum gesucht wird. Zusätzlich zu der Grundschiwingung und den Oberschwingungen können auch Schwebefrequenzen in Farbhälbtönen auftreten und können für die Erkennung der Frequenzmaxima verwendet werden.

**[0053]** Da die Codierungs- und Decodierungsverfahren, wie sie hierin offenbart sind, von den Halbtongebieten abhängen, können keine Nicht-Halbtongebiete verwendet werden, um die decodierte Informa-

tion bereitzustellen. Gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform wird eine Frequenzanalyse ausgeführt, und das Ergebnis wird nicht verwendet, wenn eine der erwarteten Frequenzen nicht ermittelt wird. Gemäß einer weiteren anschaulichen Ausführungsform werden die Bilder zu Halbtongebieten und Nicht-Halbtongebieten vorverarbeitet, und lediglich die Halbtongebiete werden für die Ermittlung des Frequenzspitzenwertes verwendet.

- 3) Erkennen von Halbtonfrequenzverschiebungen zwischen Segmenten und Verwenden der Information zum Decodieren der Taktmarkierungen

**[0054]** Zu Decodierung der Taktmarkierungen, müssen die erkannten Frequenzpositionen in binäre Bits umgewandelt werden. Eine Vorgehensweise besteht darin, die ermittelten Positionen der Maxima mit den erwarteten Maximumpositionen für hohe und tiefe Frequenzen zu vergleichen. Es wird das Maximum für ein gegebenes Segment dem nächstliegenden der erwarteten Maxima zugeordnet, wobei Verzerrungen in dem Druckprozess berücksichtigt werden, etwa eine Papierschrumpfung, wodurch beide Spitzenwerte verschoben werden können. Es wird eine Kalibrierung ausgeführt, um Unterschiede zwischen den idealisierten digitalen Frequenzen und den Frequenzen zu berücksichtigen, die auf dem gegebenen bedruckten Medium auftreten. Entsprechend der ausgewählten Konvention können der niedrigen oder der hohen Frequenz eine 0 oder eine 1 zugewiesen werden. Eine Alternative besteht darin, eine Frequenzverschiebung zwischen den Segmenten als 0 oder 1 und keine Verschiebung mit der gegenteiligen Belegung zu decodieren. Dieses alternative Verfahren erfordert, dass das Codiervorgang mit der gleichen Weise ausgeführt wird.

**[0055]** Der gesamte Prozess wird dann für alle Streifen innerhalb des Bildes wiederholt, wie in [Fig. 11](#) gezeigt ist. Einige Streifen sind mit redundanter Information codiert und diese Streifen werden zusammengefasst, um die Wasserzeichen zu decodieren.

**[0056]** Zunächst wird in dem Prozess ein Streifen mit einer vordefinierten Länge aus dem abgetasteten Bild **110** erhalten. Der Prozess bestimmt dann, ob der Streifen einen Papierrand oder mögliche Nicht-Halbtongebiete **112** enthält. Wenn der Streifen für die Wasserzeichencodierung geeignet ist, geht der Prozess zum Schritt **114** weiter, in welchem der Streifen in Segmente in der Querprozessrichtung unterteilt wird und es wird dann im Schritt **116** die Spektralanalyse ausgeführt. Aus der Spektralanalyse können die Positionen der Maxima im Schritt **118** erfasst werden, und der Prozess wird für alle Segmente aus dem Streifen **120** wiederholt. Im Schritt **122** werden die Positionen der Maxima dann verwendet, um die Vorzeichen des Wasserzeichens zu bestimmen. Wenn das gesamte Bild im Schritt **124** verarbeitet ist, wird

in dem Prozess nach redundanten Streifen gesucht, um die decodierten Wasserzeichen **126** zu verifizieren und schließlich wird das decodierte Wasserzeichen gezeigt.

- 4) Verifizieren der decodierten Bitströme unter Anwendung der Redundanz, die in dem Codierprozess erzeugt wurde.

**[0057]** Auf Grund des Bildinhalts, einer Segmentier-Fehljustierung, auf Grund von Rauschen in dem Druckprozess und auf Grund von Beschränkungen im Hinblick auf die Frequenzauflösung auf Grund der begrenzten Abschnittsbreite kann die erfasste Position des Maximums von Abschnitt zu Abschnitt variieren, oder die Position kann vollständig fehlen, selbst mit dem gleichen codierten Bit. Daher ist es erforderlich, ein großes Maß an Redundanz während des Codierprozesses vorzusehen und diese Redundanz zu nutzen, um das Vertrauen in einen gesamten decodierten Bitstrom zu erhöhen. Es können Techniken, etwa die Majoritätsauswahl eines Bitpegels (größere Anzahl an Nullen oder Einsen legt den Wert für ein endgültiges Bit fest), oder eine gewichtete Majorität verwendet werden, wobei die Gewichtung durch Vertrauen in die Abschätzung eines einzelnen decodierten Bits zugeordnet wird.

#### Experiment und Ergebnisse

**[0058]** Gemäß einem ausgeführten Experiment war das codierte Bitmuster wie folgt:

0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0.

**[0059]** Das Halbtonmuster schnitt nominell die x-Achse mit einer Frequenz von ungefähr 120,2 cpi. Die nominalen tieferen und höheren Frequenzen wurden um  $\pm 0,5\%$  in Bezug auf die Nominalfrequenz variiert, um somit 119,6 und 120,8 cpi zu erhalten. Auf Grund von Papierschrumpfung und anderen physikalischen Verzerrungen wurde ein Schwellwert von 120,4 cpi verwendet, um die erkannten Segmente mit tiefer und hoher Frequenz zu separieren. [Fig. 12](#) zeigt 25 Zeilen aus Segmenten und den Mittelwert der Spalten aus Segmenten.

**[0060]** Das Anwenden des Schwellwerts auf die Mittelwerte ergibt das codierte Bitmuster. Ein alternatives Verfahren zum Erkennen des Bitmusters besteht darin, einen Schwellwert für den Frequenzunterschied zwischen benachbarten Segmenten zu erstellen. Wenn der Frequenzunterschied zwischen benachbarten Segmenten über einem vordefinierten Schwellwert liegt, dann ändert sich das Bitmuster zwischen 0 und 1, und wenn der Frequenzunterschied nicht über dem vordefinierten Schwellwert liegt, dann bleibt das Bitmuster bei 1 oder 0. Für dieses Experiment ist ein Schwellwert von 0,3 cpi, der ungefähr 0,25% der gemittelten Frequenz beträgt, eine geeig-

nete Auswahl für die meisten Gebiete. Für die Spalten, die zu nicht eindeutigen Entscheidungen führen, kann eine Mittelwertbildung zu Grunde gelegt werden, wie dies zuvor erläutert ist.

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- US 4860237 [[0017](#), [0022](#), [0044](#)]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „geometrische Verzerrungssignaturen für die Druckererkennung“, von O. Bulan, J. Mao, und G. Sharma, in Proc. IEEE Internationale Konferenz für Sprach- und Signalverarbeitung, 19–24, 2009, Taipei, Taiwan, Seiten 1401–1404 [[0043](#)]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Decodieren eines codierten Wasserzeichens innerhalb eines Bildes, das auf einer Bildausgabeeinrichtung erzeugt wird, wobei die Bildausgabeeinrichtung mit einem Pixelgitter verknüpft ist, das eine erste vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer ersten Richtung und eine zweite vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer zweiten Richtung zur Erzeugung des Bildes aufweist, wobei das Wasserzeichen mittels einer Pixelabstandsmodulation codiert ist und wobei das Verfahren umfasst:

- a) Abtasten des Bildes, das auf der Bildausgabeeinrichtung erzeugt ist;
- b) Bestimmen eines oder mehrerer Bildsegmente, die mit dem abgetasteten Bild verknüpft sind und das codierte Wasserzeichen enthalten;
- c) Anwenden einer Spektralanalyse zur Bestimmung des Pixelabstands, der mit jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente verknüpft ist;
- d) Decodieren der Bildsegmente zum Bestimmen des codierten Wasserzeichens, wobei das Decodieren auf der Grundlage des bestimmten Pixelabstands, der mit jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente verknüpft ist, erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Pixeltakt funktionsmäßig der Bildausgabeeinrichtung zugeordnet ist, um die Pixelabstandsmodulation zu steuern.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Pixelgitter rechteckig ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bild mit einer Halbtondarstellung des Bildes erzeugt wird, die Halbtondarstellung eine nominale Querprozessfrequenzkomponente enthält; und das Wasserzeichen durch Modulation der Querprozessrichtung der Halbtondarstellung codiert wird, um das Wasserzeichen beim Erzeugen der Halbtondarstellung unter Anwendung der Bildausgabeeinrichtung zu codieren.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Wasserzeichen in Binärdaten und über eine Modulation der nominalen Halbton-Querprozessfrequenz codiert wird, um die Binärdaten zu codieren.

6. Druckvorrichtung mit:  
einer Bildausgabeeinrichtung zum Erzeugen eines Bildes auf einem Mediumsubstrat; und  
einer Steuerung, die ausgebildet ist, eine Repräsentation eines Bildes zum Erzeugen auf der Bildausgabeeinrichtung zu empfangen, wobei die Steuerung ausgebildet ist, Befehle auszuführen, um ein codiertes Wasserzeichen in einem Bild zu decodieren, das auf dem Mediumsubstrat erzeugt ist, wobei die Bildausgabeeinrichtung mit einem Pixelgitter verknüpft ist, das eine erste vorbestimmte Anzahl an im We-

sentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer ersten Richtung und eine zweite vorbestimmte Anzahl an im Wesentlichen gleich beabstandeten Pixeln in einer zweiten Richtung aufweist, um das Bild zu erzeugen, und wobei das Wasserzeichen durch Pixelabstandsmodulation codiert ist, wobei die Befehle das Verfahren implementieren:

- a) Abtasten des Bildes, das auf der Bildausgabeeinrichtung erzeugt ist;
- b) Bestimmen eines oder mehrerer Bildsegmente, die mit dem abgetasteten Bild in Beziehung stehen und das codierte Wasserzeichen enthalten;
- c) Anwenden einer Spektralanalyse zur Bestimmung des Pixelabstands, der jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente entspricht;
- d) Decodieren der Bildsegmente zur Bestimmung des codierten Wasserzeichens, wobei das Decodieren auf der Grundlage des bestimmten Pixelabstands erfolgt, der mit jedem des einen oder der mehreren Bildsegmente verknüpft ist.

7. Druckvorrichtung nach Anspruch 6, wobei ein Pixeltakt funktionsmäßig mit der Bildausgabeeinrichtung verknüpft ist, so dass die Pixelabstandsmodulation gesteuert ist.

8. Druckvorrichtung nach Anspruch 6, wobei das Pixelgitter rechteckig ist.

9. Druckvorrichtung nach Anspruch 6, wobei das Bild durch eine Halbtondarstellung des Bildes erzeugt ist, wobei die Halbtondarstellung eine nominale Querprozesskomponente aufweist; und wobei das Wasserzeichen durch Modulation der Querprozessfrequenz der Halbtondarstellung codiert ist, so dass das Wasserzeichen bei der Erzeugung der Halbtondarstellung unter Anwendung der Bildausgabeeinrichtung codiert ist.

10. Druckvorrichtung nach Anspruch 9, wobei das Wasserzeichen in Binärdaten und mittels Modulation der nominalen Halbtonquerprozessfrequenz zur Codierung der Binärdaten codiert ist.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

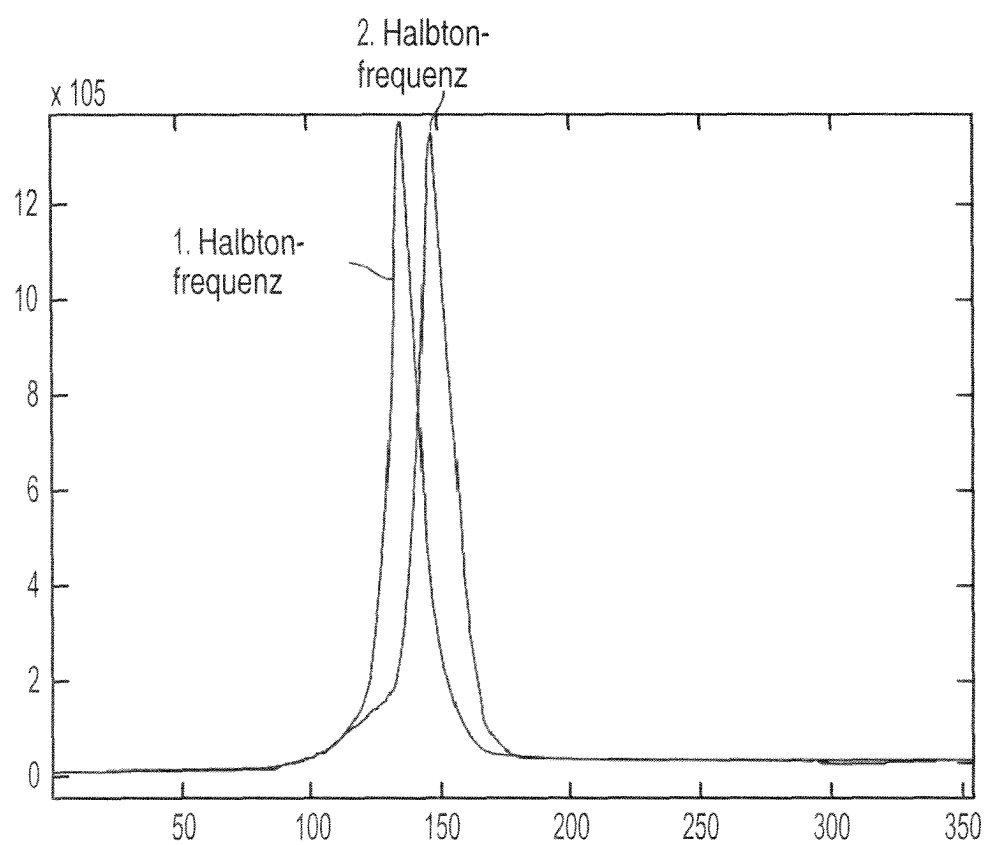


FIG. 1



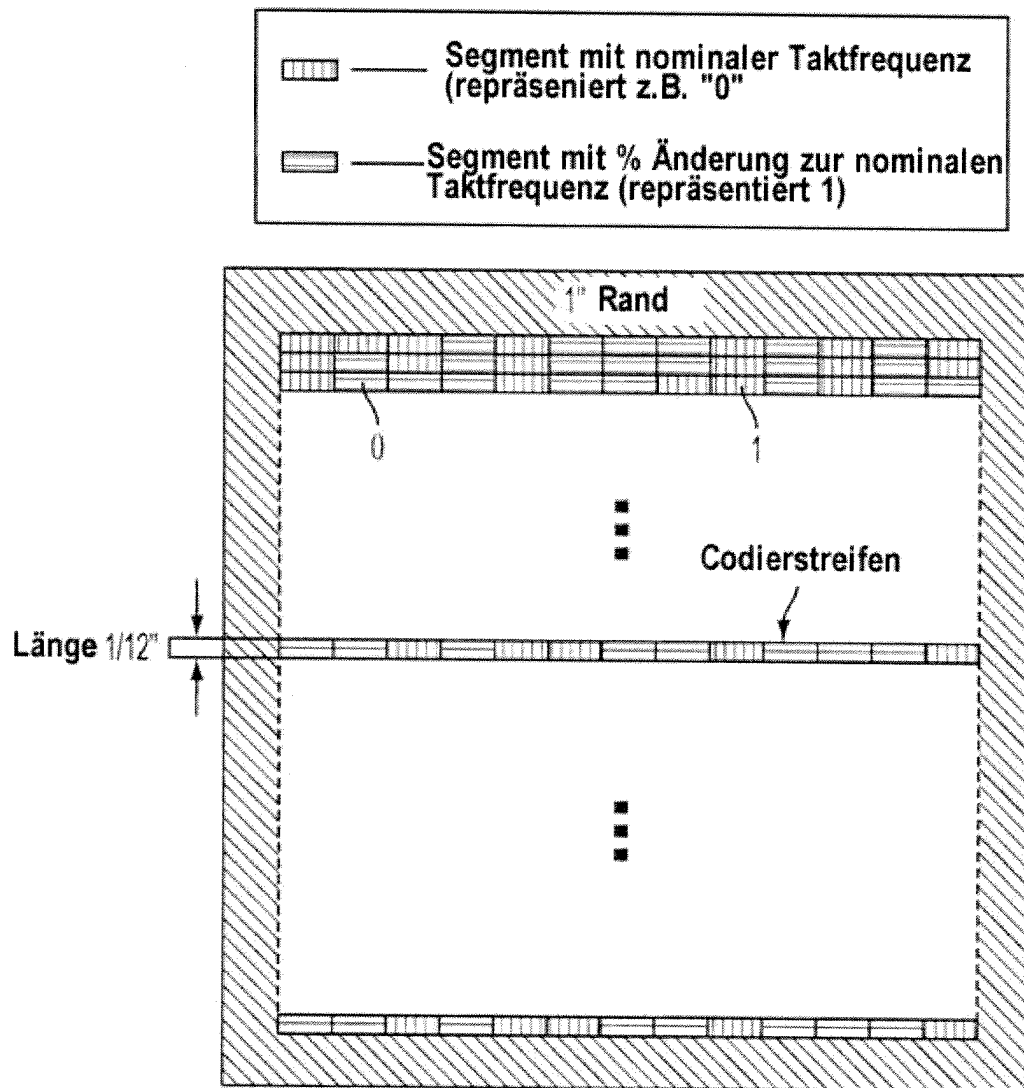


FIG. 2

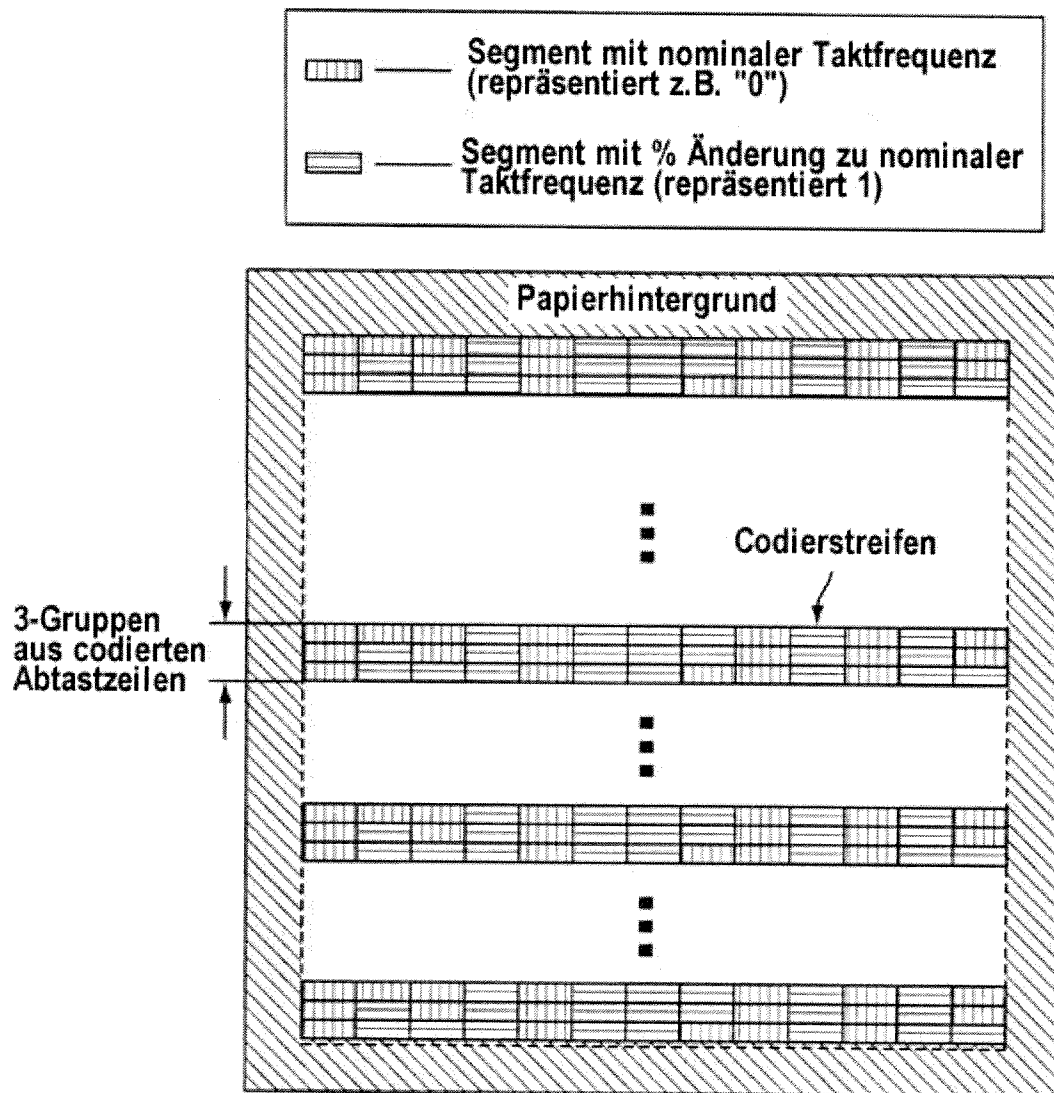


FIG. 3

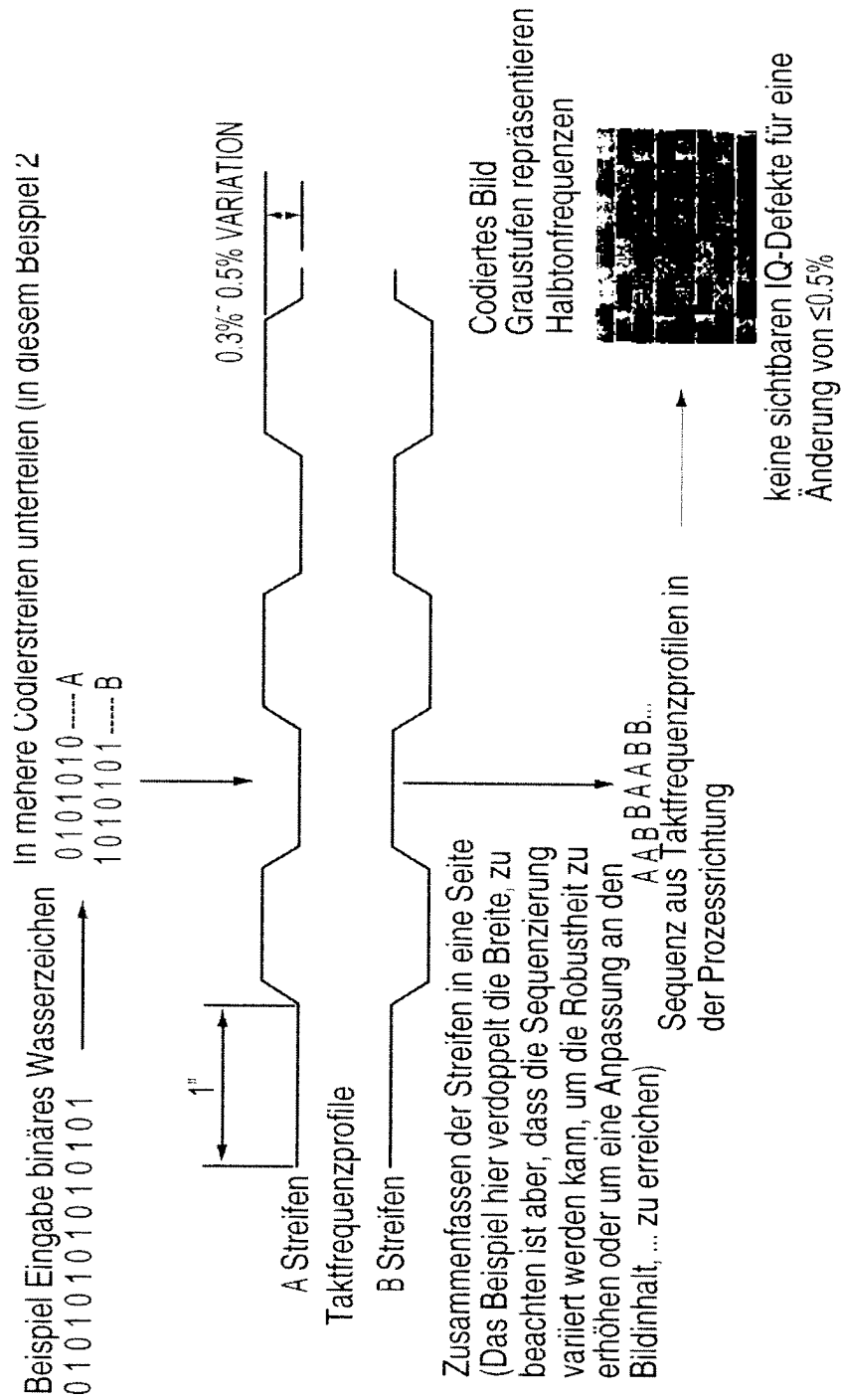
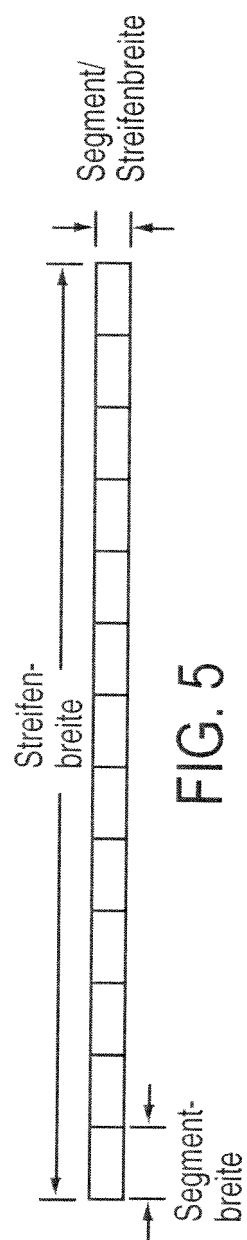


FIG. 4



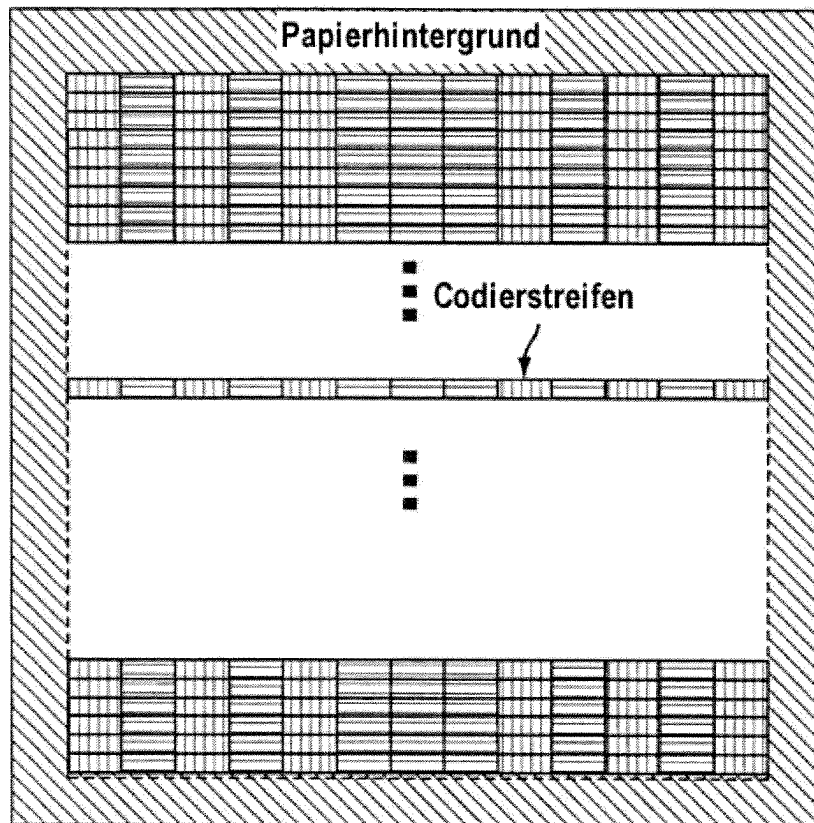
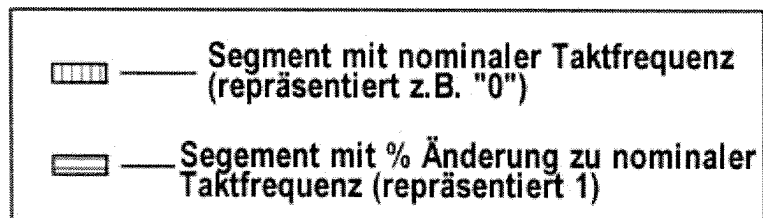


FIG. 6

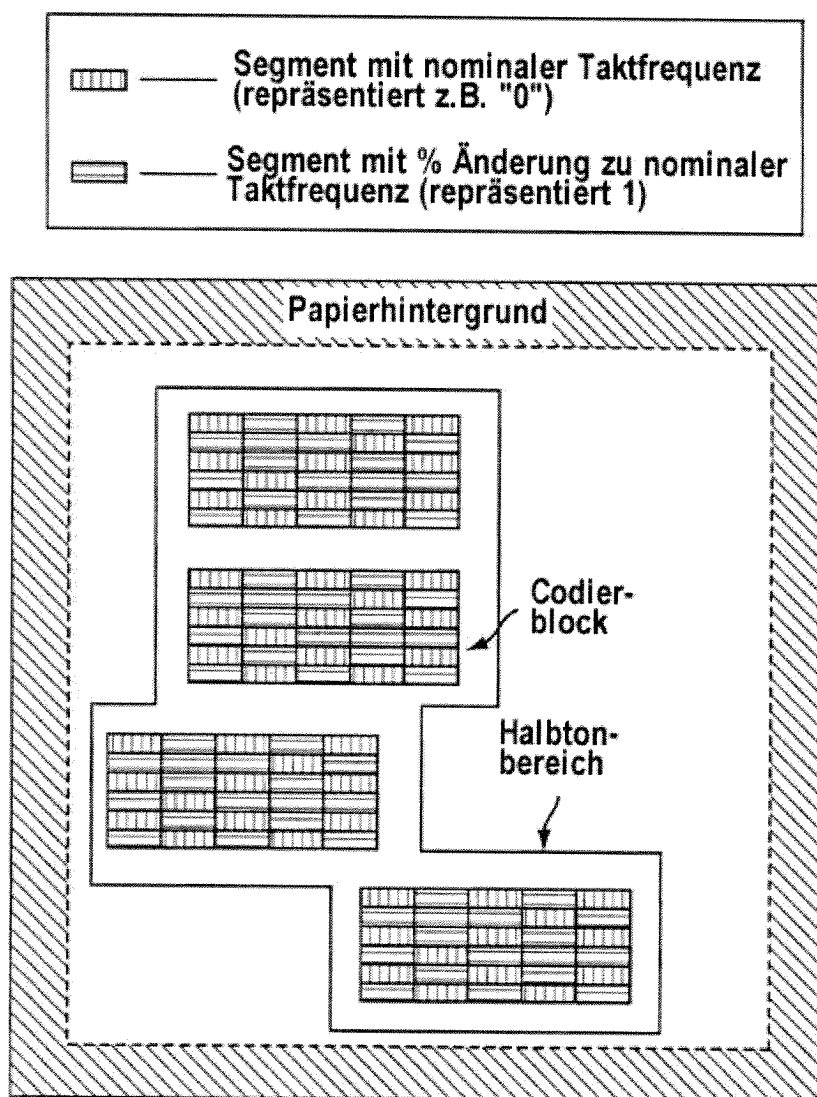


FIG. 7



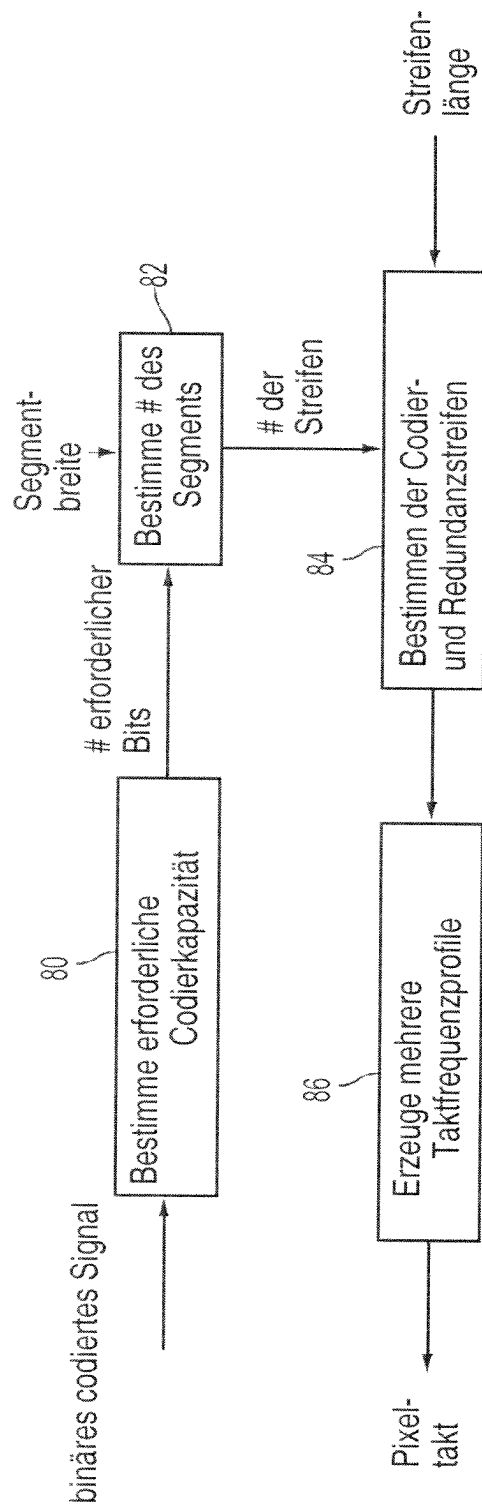


FIG. 8

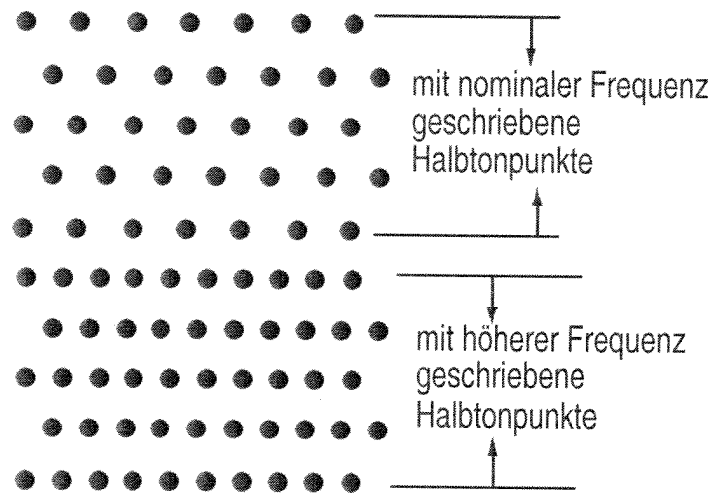


FIG. 9

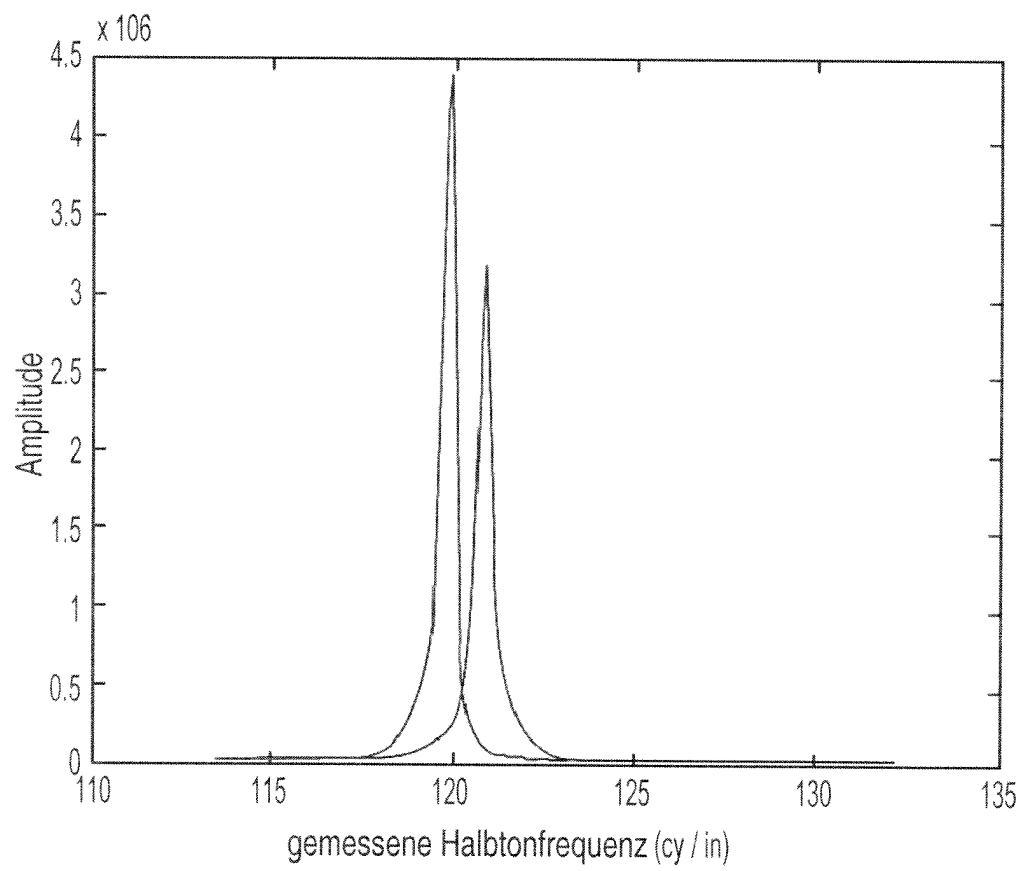


FIG. 10

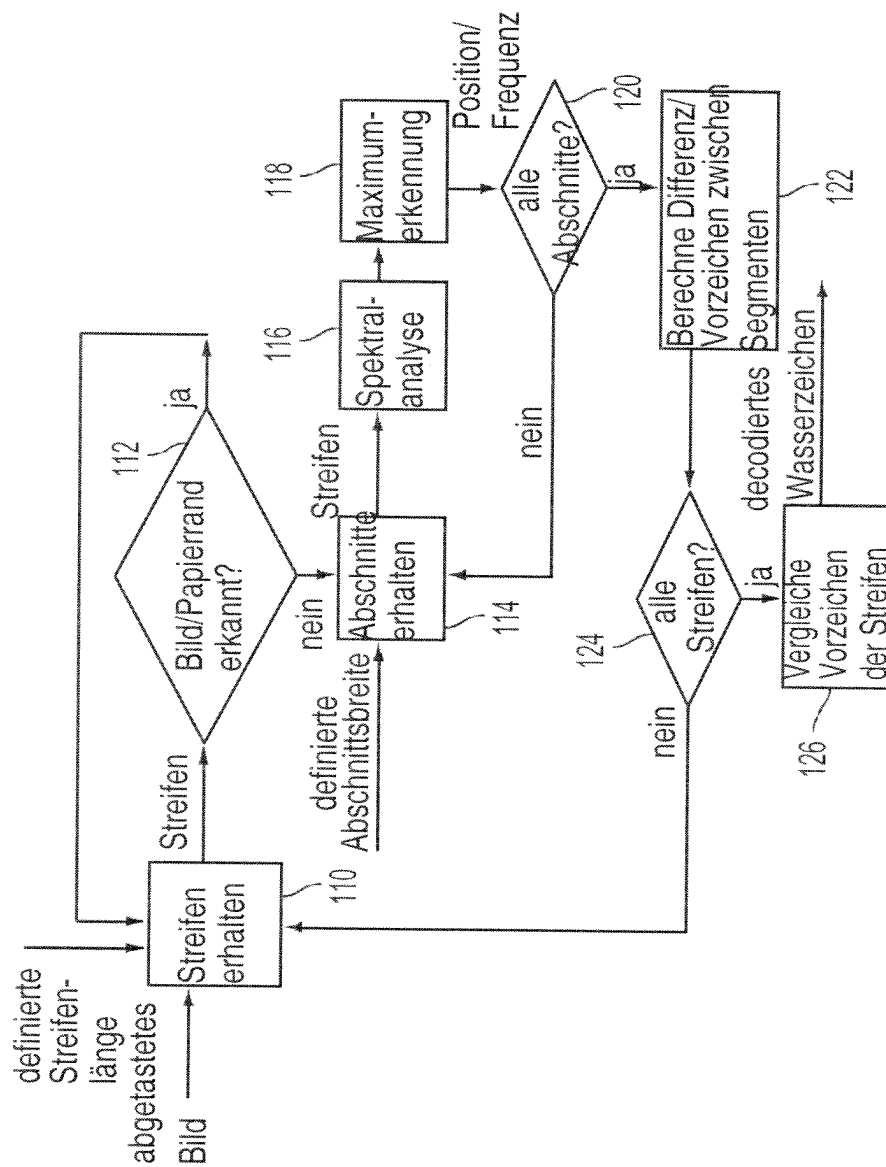


FIG. 11

120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.1	120.9	120.7	120.0
120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	120.0	120.9	121.0	120.1	120.1	120.9	120.7	120.0
120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	120.7	120.0
120.3	120.1	120.4	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	121.0	120.7	119.9
120.3	120.1	120.4	120.7	120.0	120.0	120.9	121.0	120.1	120.0	121.0	120.8	119.9
120.3	120.1	120.4	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	120.8	120.0
120.3	120.1	120.4	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	120.8	119.9
120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	121.0	120.8	119.9
120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	121.0	120.9	119.9
120.3	120.0	120.5	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	121.0	120.9	120.0
120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	119.9	120.9	120.9	120.1	120.0	120.9	120.9	120.0
120.3	120.1	120.4	120.7	120.0	119.9	120.9	120.9	120.1	120.0	120.9	120.9	120.0
120.3	120.1	120.4	120.7	120.0	119.9	121.0	121.0	120.1	120.1	120.9	121.0	119.9
120.3	120.0	120.4	120.7	120.0	120.0	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	121.0	119.9
120.2	120.0	120.4	120.7	120.0	120.0	121.0	121.0	120.1	120.1	120.9	120.9	119.9
120.2	120.0	120.4	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	120.9	119.9
120.3	120.0	120.4	120.7	120.0	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	121.0	119.9
120.3	120.0	120.4	120.6	120.0	120.0	120.9	120.9	120.1	120.0	120.9	121.0	120.0
120.3	120.0	120.4	120.6	120.0	120.0	120.9	120.9	120.1	120.0	120.9	121.0	120.0
120.3	120.0	120.5	120.7	120.0	120.0	120.9	120.9	120.1	120.0	120.9	120.9	120.0
120.3	120.1	120.5	120.7	120.0	120.0	121.0	120.9	120.1	120.0	120.9	120.9	120.0
120.3	120.1	120.4	120.6	120.0	120.0	121.0	120.9	120.1	120.0	121.0	120.9	120.0
120.2	120.1	120.4	120.6	120.0	120.0	121.0	120.9	120.2	120.0	121.0	120.9	120.0
120.1	120.1	120.4	120.6	120.0	120.0	121.0	120.9	120.1	120.0	121.0	120.9	120.0
120.1	120.1	120.4	120.6	120.0	120.0	121.0	120.9	120.2	120.0	121.0	120.9	120.0
Mittelwert												
120.3	120.1	120.4	120.7	120	119.9	120.9	121.0	120.1	120.0	120.9	120.9	120.0

FIG. 12