



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 29 700 T2** 2005.09.29

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 855 838 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 29 700.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 300 410.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.01.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.07.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.09.2005**

(51) Int Cl.7: **H04N 7/26**
G06T 9/00

(30) Unionspriorität:

PO472897 22.01.1997 AU

(73) Patentinhaber:

Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

Andrew, James Philip, New South Wales 2060, AU

(54) Bezeichnung: **Bildkompression mit Diskreter-Wavelet-Transformation DWT**

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

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein Gerät zum Darstellen digitaler Bilddaten und insbesondere auf ein Verfahren und ein Gerät zum Codieren und Decodieren aus Digitalbilddaten gewonnener transformierter Koeffizienten.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Eine Anzahl transformationsbasierender Bildcodiertechniken sind bekannt, die die Lineart-Transformation eines Quellbildes enthalten, um Daten zu dekorrelieren und um dann die Transformationskoeffizienten zu codieren. Derartige herkömmliche Techniken enthalten das JPEG-Standardbildkompressionsverfahren, das eine diskrete 8×8-Blockkosinustransformation (DTC) anwendet. Das JPEG-Codieren beinhaltet das Transformieren von Blöcken eines Quellbildes unter Verwendung der DCT, das Quantisieren der sich ergebenden Transformationskoeffizienten, wobei meistens die Kompression herbeigeführt wird, und das verlustlose Codieren der quantisierten Koeffizienten in einer vordefinierten Zickzacksequenz aus den niedrigsten Frequenzkoeffizienten zu den höchsten Frequenzkoeffizienten.

[0003] Es gibt auch eine Kompressionstechnik, die als eingebettetes Nullbaum-Wavelet-Verfahren (EZW-Verfahren) bekannt ist. EZW beinhaltet das Anwenden einer Diskreten-Wavelet-Transformation auf ein Quellbild, um das Bild in einer Anzahl hochfrequenter Unterbänder und in ein niedrigstfrequentes Unterband zu unterlegen, normalerweise mit einer Anzahl unterschiedlicher Auflösungen oder Maßstäbe. Nullbaumcodierung wird dann angewandt auf die Unterbänder, und zwar abhängig von den Vorhersagen der Eigenidentität von Koeffizienten über Maßstäbe. Nullbaumcodierte Koeffizienten werden dann verlustlos unter Verwendung arithmetischer Codierung codiert.

[0004] Jedoch verwenden beide Techniken relativ komplexe Verfahren zum Codieren von Positionsinformation und zum Verwenden verlustloser Codierung. Die vorstehenden Verfahren haben somit eine Reihe von Nachteilen, einschließlich dem Fehlen von Flexibilität und Komplexität bei den Codiertechniken.

[0005] Ein Dokument von Cai et al., "Wavelet Transform and Bit-Plane Encoding", veröffentlicht in "Proceedings of the International Conference on Image Processing", Washington, 23. bis 26. Oktober 1995, Ausgabe 1, 23, offenbart ein Kompressionssystem auf der Grundlage der Wavelet-Transformation. Bei der Verwendung einer einfachen Zone, die das zuvor verwendete Codierschema mit Zweipegel-Faksimilebildern darstellt, werden die Wavelet-Transformations-Koeffizienten zuerst quantisiert unter Verwen-

dung der skalaren Quantisierung, und dann wird eine verlustlose autoadaptive Blockbitebenen-Codier-technik angewandt, um die Unterbandkorrelation darzustellen. Die Simulation mit niedrigen Bitraten erzeugt ein Kompressionsverhältnis, das vergleichbar ist mit demjenigen, das mit Vektorquantisierung erzielt wird, die auf die Wavelet-Transformations-Koeffizienten angewandt wird.

[0006] Nach einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist ein Verfahren zum Codieren einer Datenanordnung von Koeffizienten, wie im Patentanspruch 1 angegeben, und ein Verfahren zum Decodieren einer codierten Darstellung einer Gliederung von Koeffizienten, wie im Patentanspruch 44 angegeben.

[0007] Nach einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist ein Gerät zum Codieren einer Datengliederung von Koeffizienten, wie im Patentanspruch 22 angegeben, und ein Gerät zum Codieren einer codierten Darstellung einer Koeffizientengliederung, wie im Patentanspruch 61 angegeben.

[0008] Um die vorliegende Erfindung besser verstehen zu können, wird sie nun anhand von Beispielen unter Bezug auf die beiliegende Zeichnung beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0009] [Fig. 1](#) ist ein hochpegliges Blockdiagramm, das die Bilddarstellungstechnik nach den Ausführungsbeispielen der Erfindung darstellt;

[0010] [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, das die Positionierung gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt;

[0011] [Fig. 3](#) ist ein Ablaufdiagramm, das das Verfahren oder das Codieren eines Bildes zum bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt;

[0012] [Fig. 4](#) ist ein detailliertes Ablaufdiagramm, das den Codierschritt einer Zone in [Fig. 3](#) darstellt;

[0013] [Fig. 5](#) ist ein Ablaufdiagramm, das das Verfahren des Decodierens einer codierten Darstellung eines Bildes darstellt, das gemäß dem Verfahren in [Fig. 3](#) erzeugt ist;

[0014] [Fig. 6](#) ist ein detailliertes Ablaufdiagramm, das den Codierschritt einer Zone in [Fig. 5](#) darstellt;

[0015] [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) sind Diagramme, die das Verarbeiten einer zweidimensionalen Acht-Koeffizientenzone gemäß dem Codier- und Decodierverfahren der [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) darstellen;

[0016] **Fig. 8** ist ein Blockdiagramm eines Mehrzweckcomputers, mit dem das Ausführungsbeispiel realisierbar ist;

[0017] **Fig. 9** bis **Fig. 12** sind Ablaufdiagramme, die ein Verfahren des Darstellens oder des Codierens eines Bildes nach einem alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung darstellen; und

[0018] **Fig. 13** ist ein Blockdiagramm, das Pegel- oder Oktavpartitionierung eines Blockes von Transformationskoeffizienten darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

Übersicht

[0019] Ein Hochpegelblockdiagramm ist in **Fig. 1** dargestellt, um eine Übersicht der Ausführungsbeispiele nach der vorliegenden Erfindung bereitzustellen. Ein eingegebenes Bild **102** steht für den Transformationsblock **110** bereit, der bevorzugt eine Lineartransformation zum Erzeugen entsprechender Transformationskoeffizienten **112** ist. Eine Diskrete-Wavelet-Transformation (DWT) wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung angewandt.

[0020] Die zweidimensionale DTW eines Bildes ist eine Transformation, die das Bild unter Verwendung einer niederfrequenten Annäherung an das Bild und drei hochfrequente Einzelkomponenten darstellt. Herkömmlicherweise werden diese Komponenten Unterbänder genannt. Jedes der vier Unterbilder, erzeugt durch DWT, ist ein Viertel der Größe des Originalbildes. Das niederfrequente Bild enthält das Meiste der Information über das Originalbild. Diese Energiepackung ist ein Merkmal der Diskreten-Wavelet-Transformations-Bildunterbänder, die zum Vergleich dargestellt sind.

[0021] Die Einzelpegel-DWT läßt sich rekursiv auf das niederfrequente Bild oder Unterband anwenden, und zwar beliebig oft. Beispielsweise wird eine Drei-Pegel-DWT des Bildes gewonnen durch Anwenden einer einmaligen Transformation und dann durch Anwenden der DWT auf das untere Unterband, das aus der Transformation resultiert. Dies führt zu 9 Einzelunterbändern und einem (allen) niederfrequenten Unterbändern. Selbst nach drei Pegeln von DWT enthält das sich ergebende niederfrequente Unterband noch eine signifikante Informationsmenge vom Originalbild, obwohl es 64-mal kleiner ($1/4 \times 1/4 \times 1/4$) ist, wodurch ein Kompressionsfaktor von 64 erzielt wird.

[0022] Jedoch können andere Lineartransformationen zur Dekorrelierung der Bilddaten angewandt werden, ohne von der Lehre der Erfindung abzuweichen. Beispielsweise kann eine diskrete Kosinus-Transformation (DCT) angewandt werden. Die Transformationskoeffizienten **112**, oder genauer gesagt,

die Bitsequenzen, die deren Werte darstellen, werden dann durch den Bitneuanordnungsblock **120** in einer effizienten Weise codiert, um die codierte Darstellung **122** zu schaffen.

[0023] Der Decodierprozeß ist einfach die Umkehr dieses Codierprozesses. Die codierten Koeffizienten werden in die Transformationskoeffizienten decodiert. Das (Transformations-Domänen) Bild wird dann invers transformiert, um das Originalbild oder wenigstens eine Annäherung davon zu schaffen.

[0024] Die Ausführungsbeispiele der Erfindung können vorzugsweise angewandt werden unter Verwendung eines herkömmlichen Mehrzweckcomputers, wie er in **Fig. 8** gezeigt ist, wobei die Prozesse der **Fig. 3** bis **Fig. 6** oder der **Fig. 9** bis **Fig. 12** als Software realisiert werden, die der Computer ausführt. Insbesondere die Schritte des Codier- und/oder des Decodierverfahrens werden durch Softwarebefehle realisiert und dann vom Computer ausgeführt. Die Software läßt sich in einem computerlesbaren Medium speichern, das beispielsweise über die Speichereinrichtungen verfügt, die nachstehend beschrieben sind. Die Software wird in den Computer aus dem computerlesbaren Medium geladen und dann vom Computer ausgeführt. Ein computerlesbares Medium mit derartiger Software oder einem aufgezeichneten Computerprogramm ist ein Computerprogrammprodukt. Die Verwendung des Computerprogrammprodukts im Computer bewirkt ein vorteilhaftes Gerät zum Codieren von Digitalbildern und zum Decodieren von codierten Darstellung der Digitalbilder gemäß den Ausführungsbeispielen der Erfindung. Ein System kann angewandt werden zum Codieren eines Digitalbildes und zum Decodieren der zugehörigen codierten Darstellung des Bildes, oder umgekehrt.

[0025] Das Computersystem **800** besteht aus dem Computer **802**, einer Videoanzeige **816** und aus Eingabeeinrichtungen **818**, **820**. Zusätzlich kann das Computersystem **800** eine Beliebige der Reihe anderer Ausgabeeinrichtungen haben, wie beispielsweise Zeilendrucker, Laserdrucker, Plotter und andere Wiedergabeeinrichtungen, die mit dem Computer **802** verbunden sind. Das Computersystem **800** läßt sich verbinden mit einem oder mehreren Computern unter Verwendung eines geeigneten Übertragungskanal, wie ein Modemübertragungsweg, ein Computernetzwerk oder dergleichen. Das Computernetzwerk kann ein Lokalbereichsnetzwerk (LAN), ein Weitbereichsnetzwerk (WAN), ein Intranet und/oder das Internet enthalten.

[0026] Der Computer **802** selbst besteht aus einer Zentraleinheit (nachstehend einfach mit Prozessor bezeichnet) **804**, einem Speicher **806**, der einen Direktzugriffsspeicher RAM und einen Nurlesespeicher ROM enthalten kann, einer Ein-/Ausgabeschnittstelle

(IO-Schnittstelle) **808**, einer Videoschnittstelle **810** und einer oder mehreren Speichereinrichtungen, die generell mit einem Block **812** in [Fig. 8](#) dargestellt werden. Die Speichereinrichtung(en) **812** können aus einem oder mehreren folgender Elemente bestehen: einer Diskette, einem Festplattenlaufwerk, einem magnetooptischen Plattenlaufwerk, einem CD-ROM, einem Magnetband oder beliebigen anderen nichtflüchtigen Speichereinrichtungen, die dem Fachmann bekannt sind. Jede der Komponenten **804** bis **812** ist typischerweise mit einem oder mehreren anderen Einrichtungen über einen Bus **814** verbunden, der wiederum aus Daten, Adressen und Steuerbussen besteht.

[0027] Die Videoschnittstelle **810** ist mit der Videoanzeige **816** verbunden und stellt Videosignale aus dem Computer **802** zur Darstellung auf der Videoanzeige **816** bereit. Nutzereingaben zum Betrieb des Computers **802** können von einer oder mehreren Einrichtungen bereitgestellt werden. Beispielsweise kann eine Bedienperson die Tastatur **818** und/oder eine Zeigereinrichtung wie die Maus **820** verwenden, um die Eingabe für den Computer **802** zu geben.

[0028] Das System **800** dient lediglich Darstellungszwecken, und andere Konfigurationen lassen sich verwenden.

[0029] Exemplarische Computer, auf denen das Ausführungsbeispiel ausführbar ist, enthalten IBM-PC/AT oder Kompatible, einen der PC aus der Macintosh-Familie (TM-Familie), Sun Sparcstation (TM) oder dergleichen. Vorstehendes ist lediglich ein Beispiel der Computerarten, mit denen die Ausführungsbeispiele der Erfindung realisierbar sind. Typischerweise sind die Prozesse der nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele als Software oder als ein Programm auf einem Festplattenlaufwerk aufgezeichnet (allgemein dargestellt als Block **812** in [Fig. 8](#)), das als computerlesbares Medium bereitsteht, wobei das Lesen und Steuern unter Verwendung des Prozessors **804** erfolgt. Zwischenspeicherung vom Programm und von Pixeldaten und von beliebigen aus dem Netz aufgenommenen Daten kann realisiert werden unter Verwendung der Halbleiterspeicher **806**, möglicherweise gemeinsam mit dem Festplattenlaufwerk **812**.

[0030] In einigen Fällen kann das Computerprogramm an den Nutzer codiert auf einem CD-ROM oder auf einer Diskette (beide allgemein mit Block **812** dargestellt) angeliefert werden, oder könnte alternativ vom Nutzer aus dem Netzwerk beispielsweise über eine Modemeinrichtung gelesen werden, die mit dem Computer verbunden ist. Weiterhin kann die Software auch in das Computersystem **800** geladen werden aus dem computerlesbaren Medium mit Magnetband, einem ROM oder einer integrierten Schaltung, einer magnetooptischen Platte, einem Radio-

oder Infrarotsendekanal zwischen dem Computer und einer anderen Einrichtung, einer computerlesbaren Karte, wie einer PCMCIA-Karte, und dem Internet und dem Intranets, die elektronische Sendungen und Informationen auf Websites und dergleichen enthalten. Vorstehendes ist lediglich ein Beispiel relevanter computerlesbarer Medien. Andere computerlesbare Medien können ohne Abweichen vom Umfang der Erfindung verwendet werden.

[0031] Vor der weiteren Beschreibung von Ausführungsbeispielen ist eine kurze Übersicht der nachstehend verwendeten Terminologie vorgesehen. Für eine binäre ganzzahlige Darstellung einer Zahl bezieht sich "Bit n" oder "Bitnummer n" auf die Binärziffer n, die links dem niedrigstwertigen Bit plaziert ist (beginnend mit Bit 0). Wird beispielsweise eine 8-Bit-Binärdarstellung angenommen, wird die Dezimalzahl 9 dargestellt mit 00001001. In dieser Zahl ist Bit 3 gleich 1, während Bits 2, 1 und 0 gleich 0, 0 beziehungsweise 1 sind.

[0032] Für Transformationscodieranwendungen wird die Anzahl von Bits pro Koeffizienten, die erforderlich sind, um den möglichen Bereich von Koeffizienten darzustellen, durch die Lineartransformation und die Auflösung eines jeden Pixels (in Bits pro Pixel) im Eingabebild bestimmt. Dieser Wertebereich für jedes Pixel ist im Vergleich mit den werten der meisten Transformationskoeffizienten typischerweise groß, und somit haben viele Koeffizienten eine große Anzahl von Führungsnullen. Beispielsweise hat die Nummer 9 vier Führungsnullen in einer 8-Bit-Darstellung und 12 Führungsnullen in einer 16-Bit-Darstellung. Die Ausführungsbeispiele nach der Erfindung stellen ein Verfahren und ein Gerät zur Darstellung (oder Codierung) dieser Führungsnullen für Koeffizientenblöcke in effizienter Weise bereit. Die restlichen Bits und das Vorzeichen der Zahl werden direkt ohne Abwandlung codiert.

[0033] Zur Vereinfachung der Beschreibung und um Erfindung nicht unnötig zu verklären, wird nachstehend angenommen, daß die Transformationskoeffizienten in einer vorzeichenfreien binären Ganzzahlf orm mit einem einzigen Vorzeichenbit dargestellt werden. Das heißt, die Dezimalzahlen -9 und 9 werden mit derselben Bitsequenz dargestellt, nämlich mit 1001, wobei die Erstere ein Vorzeichenbit gleich 1 hat, um den Negativwert aufzuzeigen, und die Letztere ein Vorzeichenbit gleich 0 hat, um den Positivwert aufzuzeigen. Die Anzahl von Führungsnullen wird bestimmt durch den Bereich der Transformationskoeffizienten. Bei der Verwendung einer Ganzzahldarstellung sind die Koeffizienten bereits implizit auf den nächsten Ganzzahlwert quantisiert, obwohl dies für die Ausführungsbeispiele der Erfindung nicht erforderlich ist. Zum Zwecke der Kompression werden des weiteren beliebige in Fraktionalbits enthaltene Informationen normalerweise ignoriert.

[0034] Eine Zone besteht aus einem Satz aneinander angrenzender Bildkoeffizienten. Der Ausdruck Koeffizient wird hiernach austauschbar mit dem Ausdruck Pixel verwendet, wie dem Fachmann bekannt, wird Letzterer typischerweise als Pixel in einer Transformationsdomäne bezeichnet (beispielsweise eine DWT-Domäne).

Codierverarbeitung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0035] Eine detaillierte Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels folgt unter Bezug auf die [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#).

[0036] [Fig. 3](#) ist ein Ablaufdiagramm, das das Bildcodierverfahren nach dem bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt. In Schritt **302** beginnt die Verarbeitung unter Verwendung des eingegebenen Bildes. In Schritt **304** wird das eingegebene Bild transformiert unter Verwendung einer Lineartransformation, vorzugsweise einer Diskreten-Wavelet-Transformation.

[0037] In Schritt **306** wird das höchstwertige Bit (msb) vom größten Absolutwert der Transformationskoeffizienten bestimmt, und ein Parameter, `maxBitNumber`, wird in diesen Koeffizientenwert gesetzt. wenn beispielsweise der größte Transformationskoeffizient einen Binärwert von 00001001 (dezimal 9) hat, wird der Parameter `maxBitNumber` auf 3 gesetzt, da das msb das Bit Nummer 3 ist. Alternativ kann der Parameter `maxBitNumber` auf einen beliebigen Wert gesetzt werden, der größer ist als msb des größten Absolutwertes der Transformationskoeffizienten. Jedes Unterband kann separat verarbeitet werden, indem jede Anfangszone zum gesamten in Frage kommenden Unterband eingestellt wird. Alternativ ist eine Anfangszone bezüglich des gesamten Bildes festgelegt. Beispielsweise im Falle einer dreiegeiligen DWT des Bildes können die sich ergebenden Koeffizienten aus 10 Unterbändern bestehen, die als Zone spezifiziert sind.

[0038] In Schritt **306** wird des weiteren ein Codierparameter `minBitNumber` eingesetzt, um die codierten Bildqualität zu spezifizieren. Dieser Parameter spezifiziert insbesondere die Genauigkeit eines jeden Koeffizienten im transformierten Bild und kann erforderlichenfalls variiert werden. Beispielsweise stellt `minBitNumber` von 3 eine gröbere Wiedergabe des Originalbildes dar, als dies beim Wert 1 der Fall ist.

[0039] Optional enthält die Technik Schritt **308**, der einen Ausgabekopf in der codierten Darstellung des Eingabebildes bereitstellt. Bei der praktischen Realisierung wird die Kopfinformation als Teil codierter Darstellung abgegeben. Der Ausgangskopf des Ausführungsbeispiels der Erfindung kann beispielsweise

eine Information über das Quellbild enthalten, einschließlich Bildhöhe und Bildbreite, die Anzahl der Pegel der DWT, den Mittelwert des Gleichstromunterbandes, den `maxBitNumber`-Parameter und den `minBitNumber`-Parameter.

[0040] Beginnend in Schritt **310** wird jedes Unterband des transformierten Bildes separat in den Schritten **312** und **314** codiert. Jedes Unterband wird unabhängig codiert, in der Reihenfolge von niedriger Frequenz zu hoher Frequenz. Aus dem Gleichstromunterband wird der Mittelwert vor dem Codieren beseitigt und in Schritt **308** in die Kopfinformation codiert. In Schritt **312** wird jedes Unterband durch Einstellen einer Anfangszone als gesamtes Unterband codiert. In Schritt **314** wird die Zone mit `maxBitNumber` und `minBitNumber` als Parameter codiert. Dies stellt einen hierarchischen Code bereit, da die niedrigauflösenden Versionen des Bildes codiert sind in den Bitstrom vor höherer Auflösungen. Die Verarbeitung endet in Schritt **316**.

[0041] [Fig. 4](#) ist ein detailliertes Ablaufdiagramm der Prozedur "Codezone (`currentBitNumber`, `minBitNumber`)", aufgerufen in Schritt **314** von [Fig. 3](#) zum Codieren einer jeden Zone, wobei `maxBitNumber` als `currentBitNumber` bereitsteht. In Schritt **402** beginnt die Verarbeitung. Die Eingangssignale zum Zonen-codierprozeß von [Fig. 4](#) enthalten die `currentBitNumber`- und die `minBitNumber`-Parameter. Vorzugsweise wird das Verfahren als Rekursivtechnik realisiert, wobei der Prozeß in der Lage ist, sich selbst mit einer ausgewählten Zone oder Unterzone aufzurufen. Der Prozeß läßt sich jedoch auch in nichtrekursiver Weise verwenden.

[0042] Im Entscheidungsblock **404** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob der Parameter `currentBitNumber` kleiner als der Parameter `minBitNumber` ist. Wenn der Entscheidungsblock **404** wahr (Ja) zurückgibt, erfolgt nichts, und die Verarbeitung kehrt zur Aufrufprozedur (oder zum Mutterprozeß) in Schritt **406** zurück. Diese Bedingung zeigt auf, daß jeder Koeffizient in der ausgewählten Zone eine msb-Nummer hat, die kleiner als die `minBitNumber` ist. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **404** falsch (Nein) zurückgibt, wird die Verarbeitung beim Entscheidungsblock **408** fortgesetzt.

[0043] Im Entscheidungsblock **408** erfolgt eine Überprüfung, um zu bestimmen, ob die Auswahlzone ein 1×1 -Pixel ist. Während dieses Ausführungsbeispiel mit einer vorbestimmten Größe von 1×1 -Pixeln beschrieben wird, ist es für den Fachmann offensichtlich, daß unterschiedliche Größen praktikabel sind. Die vorbestimmte Größe kann $M \times N$ -Pixel sein, wobei sowohl M als auch N positive Ganzzahlen sind. Die vorbestimmte Größe kann beispielsweise kleiner oder gleich 2×2 -Pixeln oder Koeffizienten sein. Wenn der Entscheidungsblock **408** wahr (Ja) zurück-

gibt, wird die Verarbeitung in Schritt **410** fortgesetzt. In Schritt **410** wird das 1×1 -Pixel codiert. Erneut ist es für den Fachmann offensichtlich, daß die unterschiedlich bestimmten Größen ($M \times N$ -Pixel) praktikabel sind. Die vorbestimmte Größe kann kleiner sein oder gleich 2×2 -Pixeln oder Koeffizienten. Vorzugsweise enthält dieser Schritt **410** die direkte Ausgabe der restlichen Bits über der minBitNumber in codierter Darstellung. In Schritt **412** kehrt sie Verarbeitung zur Aufrufprozedur zurück. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **408** falsch (Nein) zurückgibt, besteht die Zone aus mehr als einem Koeffizienten, und die Verarbeitung wird beim Entscheidungsblock **414** fortgesetzt.

[0044] Im Entscheidungsblock **414** wird die Auswahlzone überprüft, um zu bestimmen, ob sich von Bedeutung ist. Das heißt, die Bedeutung der Zone wird geprüft. Die Zone wird als unbedeutend angesehen, wenn die msb-Nummer eines jeden Koeffizienten in der Zone kleiner ist als der Wert des currentBitNumber-Parameter. Um das Konzept der Zonenbedeutung präzise zu machen, wird eine mathematische Definition in Gleichung (1) angegeben. Bei einer gegebenen Bitzahl, beispielsweise currentBitNumber = n , wird die Zone als unbedeutend angesehen, wenn

$$|c_{ij}| < 2^n, \forall i, j \in R$$

[0045] Wobei R die Zone und c_{ij} Koeffizient (i, j) in dieser Zone bedeutet. Die Zone wird anderenfalls als signifikant bezeichnet, wenn die gegebene Bitzahl n ist. Der Ausdruck "signifikante Bitebene" wird hier gleichermaßen verwendet, um die Zone zu bedeuten, die bei der Bitzahl dieser Bitebene signifikant ist. Darüber hinaus wird der Ausdruck "insignifikante Bitebene" oder ähnlich verwendet, um zu bedeuten, daß die Zone bei der Bitzahl dieser Bitebene nicht signifikant ist.

[0046] Wenn der Entscheidungsblock **414** falsch (Nein) zurückgibt, setzt die Verarbeitung bei Schritt **416** an. In Schritt **416** wird ein Wert von 0 (oder erstes Token) in den codierten Darstellungsstrom abgegeben, und der Parameter currentBitNumber wird um 1 dekrementiert. Das heißt, die nächste untere Bitebene der Zone wird zur Verarbeitung ausgewählt. Dann wird die Verarbeitung bei einem Entscheidungsblock **404** fortgesetzt, bei dem die Zone erneut mit den Parameter currentBitNumber-1 und minBitNumber verarbeitet wird. Wenn andererseits der Entscheidungsblock **414** wahr (Ja) zurückgibt, das heißt die Zone ist signifikant, dann wird die Verarbeitung bei Schritt **418** fortgesetzt.

[0047] In Schritt **418** wird ein Wert von 1 (oder zweites Token) in den codierten Darstellungsstrom abgegeben. In Schritt **420** wird die ausgewählte partitioniert in eine vorbestimmte Anzahl (vorzugsweise 4)

Unterzonen unter Verwendung eines spezifizierten Partitionierungsalgorithmus oder -prozesses. Der Partitionierungsprozeß ist dem Decoder bekannt.

[0048] In diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung werden Quadratzonen verwendet. Eine Zone ist vorzugsweise in vier gleich große (Quadrat-) Unterzonen partitioniert. Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, hat die ausgewählte Zone (R) **200** eine Größe von $M \times M$ Koeffizienten und ist partitioniert in vier gleich große Unterzonen **210**, **212**, **214** und **216**. Jede der Unterzonen hat eine Größe von $N \times N$, wobei N gleich $M/2$ ist. Dies ist nicht immer möglich, es hängt ab von der Größe und der Gestalt der Anfangszone. Wenn dies nicht möglich ist, kann die Anfangszone in eine Anzahl von Quadratzonen partitioniert werden, die jeweils Abmessungen haben, die eine Hochzahl von 2 haben, und diese Partitionierungen können separat decodiert werden. In jedem Fall hat die Initialisierung eine Minimalwirkung auf die Gesamtergebnisse, wenn sie in geschickter Weise erfolgt. In einem alternativen Ausführungsbeispiel kann eine abweichende Partitionierung verwendet werden, die für einen blockbasierenden Codierer geeignet ist.

[0049] In Schritt **422** wird dann jede Unterzone mit denselben Parametern currentBitNumber und minBitNumber codiert. Dies erfolgt vorzugsweise mittels eines rekursiven Aufrufs an der Prozedur "Codezone (currentBitNumber, minBitNumber)" von [Fig. 4](#). Diese Codierung der Unterzonen kann gleichzeitig oder sequentiell realisiert werden. Im letzteren Falle kann die Verarbeitung in der Reihenfolge von einem niederfrequenten Unterband zum höherfrequenten beginnen.

[0050] Bei der codierten Darstellung wird ein Transformationskoeffizient durch einfaches Abgeben der Pixelbits aus der currentBitNumber zur minBitNumber codiert. Vorzugsweise folgt eine Vereinbarung, bei der das Vorzeichen abgegeben wird, nur wenn einige Koeffizientenbits nicht-Null sind. Wenn beispielsweise currentBitNumber = 3, minBitNumber = 1, dann wird -9 (00001001) als "100" mit dem Vorzeichenbit "1" codiert.

[0051] Optional kann der Codierprozeß vom bevorzugten Ausführungsbeispiel (sowie jene anderen Ausführungsbeispiele) realisiert werden unter Verwendung einer einfachen Quantisierform, die herbeigeführt werden kann durch Skalieren (Teilen) von Daten im selben Maßstabsfaktor wie vor dem Codieren. Dem nachstehend beschriebene Decodierprozeß kann gleichermaßen ein Schritt inversen umgekehrten maßstabsgetreuen Änderns, wenn der Maßstabsänderungsschritt als Teil des relevanten Codierprozesses verwendet wird.

[0052] Entropiecodierung (beispielsweise binäres arithmetisches Codieren) kann des weiteren optional

in Verbindung mit den Codierprozessen der Ausführungsbeispiele nach der Erfindung verwendet werden. Das heißt, dem zuvor beschriebene Codierprozeß kann ein Schritt des Entropiecodierens vom Codierstrom folgen. Wenn dem so ist, kann der nachstehend beschriebene Decodierprozeß durch einen Entropiedecodierprozeß zum Decodieren des entropiecodierten Stroms fortgesetzt werden.

Decodierprozeß vom bevorzugten Ausführungsbeispiel

[0053] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das ein Decodierverfahren der Codierdarstellung eines Bildes darstellt, das unter Verwendung des Prozesses der **Fig. 3** und **Fig. 4** gewonnen wird. In Schritt **502** beginnt die Verarbeitung unter Verwendung der Codierdarstellung. In Schritt **504** wird die Kopfinformation aus der Codierdarstellung gelesen, um die Größe des Originalbildes zu bestimmen. Die Information, wie die `maxBitNumber` (gleich der Anfangs-`currentBitNumber` beim Codierprozeß) und die `minBitNumber` werden eingegeben. Weitere Information enthält der Mittelwert vom Gleichstromunterband.

[0054] In Schritt **506** wird das Decodieren vom Unterband durch Einstellen der Zone auf die jeweiligen Unterbänder in einer Reihenfolge begonnen. In Schritt **508** wird die ausgewählte Zone unter Verwendung der Parameter `maxBitNumber` und `minBitNumber` decodiert. In Schritt **510** wird die inverse DWT auf das decodierte Bild angewandt. Die Verarbeitung endet in Schritt **512**.

[0055] **Fig. 6** ist ein detailliertes Ablaufdiagramm von **Fig. 5** zum Decodieren einer jeden Zone unter Verwendung eines Prozeduraufrufs "Decodierzone (`currentBitNumber`, `minBitNumber`)", wobei `maxBitNumber` als `currentBitNumber` vorgesehen ist. Die Verarbeitung beginnt in Schritt **602**. Die Eingaben in den Zonendecodierprozeß von **Fig. 6** sind die Parameter `currentBitNumber` und `minBitNumber`. Das Verfahren wird vorzugsweise wieder realisiert als Rekursivtechnik. Der Prozeß kann realisiert werden in nicht rekursiver Art, ohne vom Umfang und der Lehre der Erfindung abzuweichen.

[0056] Im Entscheidungsblock **604** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob `currentBitNumber` kleiner als `minBitNumber` ist. Wenn der Entscheidungsblock **604** wahr (ja) zurückgibt, wird die Verarbeitung in Schritt **606** fortgesetzt, wobei die Verarbeitung die Aufrufprozedur wiedergibt. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **604** falsch (nein) zurückgibt, wird die Verarbeitung bei Entscheidungsblock **608** fortgesetzt.

[0057] Im Entscheidungsblock **608** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob die ausgewählte Zone eine Größe von 1×1 Pixeln hat. Wenn der Ent-

scheidungsblock **608** wahr (ja) zurückgibt, wird die Verarbeitung in Schritt **610** fortgesetzt. In Schritt **610** wird die 1×1 -Zone decodiert. Gleichmaßen kann die Größe bestimmt werden und gleich $M \times N$ Pixeln sein, wobei M und N positive Ganzzahlen sind. Die Größe kann beispielsweise kleiner als oder gleich 2×2 Pixeln oder Koeffizienten sein. Die Verarbeitung kehrt dann zur Aufrufprozedur in Schritt **612** zurück. Wenn der Entscheidungsblock **608** falsch (nein) zurückgibt, findet die Verarbeitung eine Fortsetzung bei Schritt **614**. In Schritt **614** wird ein Bit aus der Codierdarstellung eingegeben.

[0058] Im Entscheidungsblock **616** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob das Bit gleich 1 ist, das heißt, die Eingabe wird überprüft, um zu bestimmen, ob die Zone von Bedeutung ist. Wenn der Entscheidungsblock **616** falsch (nein) zurückgibt, findet die Verarbeitung Fortsetzung bei Schritt **618**. In Schritt **618** wird der `currentBitNumber` dekrementiert und die Verarbeitung beim Entscheidungsblock **604** fortgesetzt. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **616** wahr (ja) zurückgibt, wird die Verarbeitung bei Schritt **620** fortgesetzt. In Schritt **620** wird die Zone in eine vorbestimmte Anzahl von Unterzonen (vorzugsweise 4) partitioniert. In Schritt **622** wird jede der Unterzonen unter Verwendung des `currentBitNumber` und `minBitNumber` decodiert. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt dies mittels Rekursivauf-rufs zum in **Fig. 6** dargestellten Prozeß. In Schritt **624** kehrt die Verarbeitung zur Aufrufprozedur zurück.

[0059] Die Bits aus den Signifikanzentscheidungen im Decodierer weisen den Decoder an, welcher Verarbeitungsweg einzuschlagen ist, womit der Codierer nachgeahmt wird. Die Pixel und das mögliche Vorzeichen werden durch einfaches Lesen in der ungefähren Anzahl von Bits decodiert (`currentBitNumber` bis `minBitNumber`, wenn einige dieser nicht Nullvorzeichenbits sind).

Zweidimensionales Beispiel

[0060] Das Verfahren codiert in effektiver Weise Anfangsnulzen der meisten Transformationskoeffizienten, während die Bits aus dem höchstwertigen Bit zum vorbestimmten niedrigstwertigen Bit codiert werden, spezifiziert durch den Parameter `minBitNumber`, und das Vorzeichen bleibt einfach wie es ist. Das bevorzugte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung stellt somit vorteilhafter Weise die Anfangsnulzen dar. Dieses Verfahren ist sehr effizient in gewissen Situationen, nämlich beim Codieren diskreter Wavelet-Transformations-Bildkoeffizienten, die typischerweise einen großen Dynamikbereich zeigen. Einige wenige Koeffizienten haben typischerweise große Werte, während die meisten kleine Werte haben.

[0061] Das Codierbeispiel einer zweidimensionalen

sprünglichen Koeffizienten. Weiterhin kann der Codierer abwechselnd die Art der Operation ausführen, wodurch der Decoder zur Verwendung der einfachsten Darstellung gemäß [Fig. 7C](#) übrig bleibt.

Codierprozeß vom alternativen Ausführungsbeispiel

[0072] Ein Codierprozeß gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) beschrieben. Die in den Ablaufdiagrammen der [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) dargestellten Prozesse können unter Verwendung der Software zur Realisation auf einem Mehrzweckcomputer ausgeführt werden, wie auf dem in [Fig. 8](#) dargestellten.

[0073] Eine Diskrete-Wavelet-Transformation eines Gesamtdigitalbildes läßt sich ausführen auf einer Block-zu-Block-Basis. Das Ergebnis der Transformation nach jedem Block ist ein Satz Koeffizienten, die im wesentlichen einem Satz räumlicher entsprechender Koeffizienten einer Diskreten-Wavelet-Transformation des Gesamtbildes entsprechen. Aus einem vorbestimmten Koeffizientensatz einer DWT für das gesamte Bild kann beispielsweise ein Abschnitt oder ein Block vom Digitalbild zu spezifizierten Einzelheiten wiedergegeben werden. Auswählen des vorbestimmten Koeffizientensatzes aus den Häufigkeitsdomänenbeiträgen, die im wesentlichen den entsprechenden Abschnitt eines Digitalbildes (des Blockes) aus der Raumdomäne darstellen. Ein auf DTW basierender Block eines Digitalbildes kann ausgeführt werden durch Zerlegen des Bildes in eine Vielzahl von Blöcken und unabhängiges Anwenden der Transformation auf jeden Block, wodurch im wesentlichen die Bewertung jener relevanten DWT-Koeffizienten zur aktuellen Raumordnung bewertet wird. Der Vorteil des Anwendens einer blockbasierenden Transformationsannäherung besteht darin, daß sich ein Block im wesentlichen mit minimalen Interaktionen codieren läßt (im wesentlichen unabhängig) vom Bildblock. Die blockbasierenden Techniken sind inhärent speichergeordnet und folglich generell effizient, wenn sie in Computersystemen realisiert werden.

[0074] Während das Blockbilden wünschenswert sein kann, können die Ausführungsbeispiele nach der Erfindung ohne diesen Schritt ausgeführt werden. Tatsächlich kann das Blockbilden eines Bildes nur konzeptionell erfolgen, nicht aktuell. Das heißt, Blockbilden ist erforderlich abhängig von der speziellen Anwendung. All dies ist erforderlich, damit Blöcke räumlich entsprechender Blöcken von DWT-Koeffizienten blockweise gruppiert werden. Mögliche Überlappungsblöcke können beispielsweise verwendet werden, wie nachstehend beschrieben.

[0075] [Fig. 9](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den blockbasierenden Codierprozeß gemäß dem Alternativausführungsbeispiel der Erfindung darstellt. Die

Verarbeitung beginnt mit Schritt **902**. In Schritt **904** wird der Kopfteil eingegeben. Die Information enthält vorzugsweise Bildhöhe und Bildbreite, Blockgröße, Anzahl von Niveaus der DTW und zwei Codierparameter `maxBitNumber` und `minBitNumber`. Optional können mehr oder weniger Kopfinformationen eingesetzt werden, abhängig von der Anwendung.

[0076] Der Codierparameter `maxBitNumber` kann auf vielen Wegen ausgesucht werden. Wenn die Block-DTW bezüglich aller Bildblöcke vor dem Codieren eines beliebigen dieser ausgeführt wird, kann `maxBitNumber` gewählt werden, die MSB-Zahl des größten Koeffizienten über alle DWT-Blöcke zu sein. Wenn beispielsweise der größte Koeffizient 10000001 (Dezimalwert 129) ist, dann wird `maxBitNumber` auf 7 gesetzt, da MSB die Bitzahl 7 hat. Alternativ kann ein deterministischer Verband verwendet werden, den die Transformation und die Auflösung des eingegebenen Bildes bestimmt. Mit beispielsweise einem 8-Bit-Eingabebild (Niveau auf 7 Bits und Vorzeichen verschoben) und der Haar-Transformation ist das größte MSB durch $J + 7$ gebunden, wobei J die Anzahl von Niveaus der DTW ist. Sind die Blöcke klein, kann die Auswahl dieses Parameters die Kompression in signifikanter Weise beeinflussen. An einigen Stellen sind geschicktere Wege des Auswählens von `maxBitNumber` verwendbar. Jedoch hängt dies von der speziellen Anwendung ab.

[0077] Der Parameter `minBitNumber` bestimmt das Kompressionsverhältnis gegenüber dem Qualitätskompromiß und läßt sich variieren. Für naheliegende Orthogonaltransformationen stellt beispielsweise ein Wert von 3 eine adäquate Bildqualität für 8 Bits, eine Grauskala oder 24-Bit-RGB-Bilder bereit.

[0078] In Schritt **906** wird das Bild in Blöcke zerlegt (oder ein Bildblock wird gebildet). Das Bild wird vorzugsweise in Überlappungsblöcke zerlegt. Jedoch können sich nicht überlappende Blöcke verwendet werden. Der Koeffizientenblock kann so groß sein wie das gesamte Originalbild, oder so klein wie ein Block von 8×8 Koeffizienten (für eine 3-Niveau-Transformation). Für diese Speicheranwendungen kann ein so klein wie möglicher Block verwendet werden. Allgemein ist die Blockgröße von 16 Koeffizienten für höhere Niveaus der Kompression mit einer drei- oder vierpegeligen DTW hinreichend. Die Blockgröße von 8×8 Koeffizienten mit einer DTW mit 3 Niveaus kann eine gute Codierkoeffizienz beibehalten durch Anwenden einer Differentialpulsmodulation (DPCM) bezüglich dem Gleichstromkoeffizienten eines jeden Blockes.

[0079] In Schritt **908** wird jeder Block verschoben, und es erfolgt die Transformation. Vorzugsweise wird eine DWT angewandt. Die Bildwerte werden niveausverschoben (beispielsweise um 128 für ein 8-Bit-Bild), um irgendwelche unnötigen Vorgabemit-

tel zu reduzieren oder beseitigen, und jeder Raumblock des Bildes wird transformiert. Üblicherweise ist für eine DTW einige Kenntnis über die Blockumgebung des aktuellen Blockes erforderlich (und gleichermaßen für die inverse DWT), obwohl dies nicht unbedingt erforderlich ist.

[0080] In Schritt **910** wird der Block unter Verwendung der Parameter `maxBitNumber` und `minBitNumber` codiert. Die Verarbeitung endet in Schritt **912**. Schritt **910** zum Codieren eines Blockes ist in Einzelheiten im Ablaufdiagramm der [Fig. 10](#) dargestellt. Eingangssignale für den Blockcodierungsprozeß von [Fig. 10](#) enthalten die Parameter `currentBitNumber` und `minBitNumber`. Unter Bezug auf Schritt **910** von [Fig. 9](#) wird `maxBitNumber` als der Parameter für `currentBitNumber` eingegeben. In Schritt **1002** beginnt die Verarbeitung. Im Entscheidungsblock **1004** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob der Parameter `currentBitNumber` kleiner als der Parameter `minBitNumber` ist. Wenn der Entscheidungsblock **1004** wahr (ja) wiedergibt, wird die Verarbeitung bei Schritt **1006** fortgesetzt. In Schritt **1006** kehrt die Ausführung zum Aufrufprozeß zurück, wodurch aufgezeigt ist, daß jeder Koeffizient im Block die MSB-Zahl kleiner als `minBitNumber` hat. Wenn andererseits Entscheidungsblock **1004** falsch (nein) zurückgibt, wird die Verarbeitung bei Entscheidungsblock **1008** fortgesetzt.

[0081] Im Entscheidungsblock **1008** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob ein aktueller Block signifikant ist. Wenn der Entscheidungsblock **1008** falsch (nein) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1010**. In Schritt **1010** wird Null (0) in die Kodierdarstellung gegeben, und der Parameter `currentBitNumber` wird dekrementiert, das heißt, die nächst niedrige Bitebene wird ausgewählt. Die Verarbeitung setzt sich dann bei Entscheidungsblock **1004** fort. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **1008** wahr (ja) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1012**.

[0082] Entscheidungsblöcke **1004** und **1008** mit Schritt **1010** ermöglichen das Verarbeiten zum Herausfinden der MSB-Zahl des größten Koeffizienten im Block. Ein Block ist in Hinsicht auf den Parameter `currentBitNumber` unbedeutend, wenn die MSB-Zahl eines jeden Koeffizienten im Block kleiner als der Parameter `currentBitNumber` ist. Dies wird wiederholt, bis die Bit-Ebene des Blocks signifikant ist oder bis der Parameter `currentBitNumber` kleiner als der Parameter `minBitNumber` ist.

[0083] In Schritt **1012** wird eine eins (1) in der Kodierdarstellung abgegeben, um aufzuzeigen, daß die Bitebene signifikant ist. In Schritt **1014** wird das Gleichstromunterband kodiert. In Schritt **1016** wird die Blockeinzelheit unter Verwendung der Parameter `J`, `currentBitNumber` und `minBitNumber` kodiert. In

Schritt **1018** gibt die Ausführung die Aufrufprozedur zurück. Indem dieser Block als signifikant angegeben wird, werden die Schritte **1012**, **1014** und **1016** ausgeführt, um die (generalisierte) Viererbaumsegmentierung für alle Koeffizienten mit einer MSB-Zahl zu finden, die größer als der Parameter `minBitNumber` ist. Ist der Block signifikant, dann wird er in zwei "Unterblöcke" partitioniert: die Gleichstrom-Unterbandkoeffizienten und der Block, der aus den restlichen Koeffizienten besteht, wird als "Blockeinzelheit" für das Niveau `J` bezeichnet, da damit die Hochfrequenzinformation über den Block mit Niveau `J` bei allen unteren Niveaus angegeben wird.

[0084] [Fig. 13](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Niveau oder eine Oktavpartitionierung eines Blockes **1300** von Koeffizienten darstellt. Gegeben sei der Block **1300** ortsbezogener Transformationskoeffizienten, die in Hinsicht auf die Anstiegsfrequenz geordnet sind, wird die Zone in Oktavart partitioniert. Dieses Partitionieren wird durch Kreuzungslinien innerhalb der Grenze des Blockes **1300** aufgezeigt. Beispielsweise kann der Block **1300** von [Fig. 13](#) ein Block ortsbezogener DWT-Koeffizienten sein, bei dem die Zeilen die Grenzen der Unterbänder **1302** bis **1320** aufzeigen. Alternativ kann der Block **1300** einen Block von Koeffizienten der diskreten Kosinustransformation (DCT-Koeffizienten) darstellen.

[0085] Die Anfangspartitionierung vom Block **1300** geschieht in zwei Unterblöcke: ein kleiner Block **1302** (aufgezeigt mit der Bezeichnung als Niveau 1), der die Gleichstromkoeffizienten enthält, und einen Einzelheitenblock, der die restlichen Koeffizienten enthält (das heißt, die Einzelheit). Der Einzelheitenblock wird weiter partitioniert in vier Unterblöcke: die drei kleinen Blöcke **1304**, **1306** und **1308** (das heißt, Niveau 2) und in einen weiteren Einzelheitenblock, der die restlichen Koeffizienten enthält (das heißt, große Blöcke **1310** bis **1320**). Gleichermaßen wird dieser weitere Einzelheitenblock in vier weitere Unterblöcke partitioniert: die drei mittelgroßen Blöcke **1310**, **1312** und **1314** (das heißt, Niveau 3) und in einen neuen Einzelheitenblock, der die restlichen Koeffizienten enthält. Letztlich wird der letzte Einzelheitenblock in drei große Blöcke **1316**, **1318** und **1320** partitioniert (das heißt, Niveau 4). Das Niveau 3 und 4 Blöcke **1310** bis **1320** (und möglicherweise das Niveau und 2 Blöcke) werden entsprechend der Viererbaumpartitionierung partitioniert.

[0086] Schritt **1014** von [Fig. 10](#) zum Kodieren des Gleichstromunterbandes ist in Einzelheiten im Ablaufdiagramm von [Fig. 12](#) dargestellt. Das heißt, [Fig. 12](#) zeigt den Kodierprozeß eines Unterbandes oder eines Unterblockes unter Verwendung der Parameter `currentBitNumber` und `minBitNumber`. In Schritt **1202** beginnt die Verarbeitung. Im Entscheidungsblock **1204** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob der Parameter `currentBitNumber` geringer ist als

der Parameter `minBitNumber`. Wenn der Entscheidungsblock **1204** wahr (ja) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1206**. In Schritt **1206** gibt die Ausführung die Aufrufprozedur zurück. Anderenfalls gibt der Entscheidungsblock **1204** falsch (nein) zurück, und die Verarbeitung wird beim Entscheidungsblock **1208** fortgesetzt.

[0087] Im Entscheidungsblock **1208** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob die Unterbandblockgröße gleich 1×1 Pixel ist. Wenn der Entscheidungsblock **1208** wahr (ja) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1210**. In Schritt **1210** wird das 1×1 -Pixel kodiert. Dies beinhaltet die Abgabe des Bits zwischen dem Parameter `currentBitNumber` und dem Parameter `minBitNumber`, erforderlichenfalls gefolgt vom Vorzeichenbit. Die Verarbeitung kehrt dann zurück zur Aufrufprozedur in Schritt **1212**. Anderenfalls gibt der Entscheidungsblock **1208** falsch (nein) zurück, und die Verarbeitung wird beim Entscheidungsblock **1214** fortgesetzt.

[0088] Im Entscheidungsblock **1214** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob der Unterbandblock signifikant ist. Wenn der Entscheidungsblock **1214** falsch (nein) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1216**. In Schritt **1216** wird eine Null (0) in der Kodierdarstellung abgegeben, und der Parameter `currentBitNumber` wird dekrementiert. Die Verarbeitung schreitet dann fort zum Entscheidungsblock **1204**. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **1214** wahr (ja) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1218**.

[0089] In Schritt **1218** wird eine eins (1) in der Kodierdarstellung abgegeben, um aufzuzeigen, daß der Unterbandblock signifikant ist. In Schritt **1220** wird der Unterbandblock partitioniert in vier Unterblöcke. In Schritt **1222** wird jeder Unterblock unter Verwendung der Parameter `currentBitNumber` und `minBitNumber` kodiert mittels Rekursivaufrufs zum Prozeß von [Fig. 12](#). In Schritt **1224** kehrt die Ausführung zur Aufrufprozedur zurück.

[0090] Im Prozeß von [Fig. 12](#) wird somit ein Unterband oder ein Unterblock kodiert. Die größte MSB-Zahl wird vorher isoliert. Wenn der Unterblock lediglich aus einem Pixel besteht, wird dies kodiert als Einzelkoeffizient. Anderenfalls wird der Parameter `currentBitNumber` dekrementiert, und eine Null (0) wird in der Kodierdarstellung abgegeben, bis der Parameter `currentBitNumber` geringer als der Parameter `minBitNumber` ist, oder das Unterband (der Unterblock) ist signifikant. Wenn das Unterband (der Unterblock) signifikant ist, erfolgt das Partitionieren in vier Unterblöcke (so nah zur Anpassung wie möglich), und diese werden der Reihe nach kodiert. Ein Einzelkoeffizient, beispielsweise der Gleichstromkoeffizient, wird kodiert durch Abgabe der Koeffizientenbits aus dem Parameter `currentBitNumber` zum

Parameter `minBitNumber`. Erneut wird das Vorzeichen vorzugsweise nur abgegeben, wenn einige der Koeffizienten Bits nicht Null sind.

[0091] Schritt **1016** von [Fig. 10](#) zur Kodierung der Blockeindeutigkeit ist durch ein Ablaufdiagramm von [Fig. 11](#) dargestellt. In Schritt **1102** beginnt die Verarbeitung. Im Entscheidungsblock **1104** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob der Parameter `currentBitNumber` kleiner als der Parameter `minBitNumber` ist. Wenn der Entscheidungsblock **1104** wahr (ja) zurückgibt, gibt die Ausführung die Aufrufprozedur in Schritt **1106** zurück. Wenn anderenfalls der Entscheidungsblock **1104** falsch (nein) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zum Entscheidungsblock **1108**.

[0092] Im Entscheidungsblock **1108** erfolgt eine Überprüfung zum Bestimmen, ob die Blockeindeutigkeit signifikant ist. Wenn der Entscheidungsblock **1108** falsch (nein) zurückgibt, schreitet die Verarbeitung fort zu Schritt **1110**. In Schritt **1110** wird eine Null (0) in der Kodierdarstellung abgegeben, und der Parameter `currentBitNumber` wird dekrementiert. Die Verarbeitung schreitet dann fort zum Entscheidungsblock **1104**. Anderenfalls gibt der Entscheidungsblock **1108** wahr (ja) zurück, und die Verarbeitung schreitet fort zu Schritt **1112**.

[0093] In Schritt **1112** wird eine eins (1) in der Kodierdarstellung abgegeben, um aufzuzeigen, daß die Blockeindeutigkeit signifikant ist. In Schritt **1114** werden alle Unterbänder HL, LH und HH im aktuellen Niveau kodiert. Die Frequenzunterbänder HL, LH und HH werden bei jeder Auflösung gemeinsam als Wechselstromunterbänder bezeichnet. Alle diese Unterbänder werden entsprechend dem Prozeß von [Fig. 12](#) kodiert. In Schritt **1116** wird die Blockeindeutigkeit unter Verwendung der Parameter `J-1`, `currentBitNumber` und `minBitNumber` (wenn die Blockeindeutigkeit vorhanden ist) mittels Rekursivaufruf kodiert, zum in [Fig. 11](#) dargestellten Prozeß. Die Ausführung kehrt in Schritt **1118** zur Aufrufprozedur zurück.

[0094] Somit wird die Blockeindeutigkeit für Niveau J verarbeitet, um zuerst die MSB-Zahl vom größten Koeffizienten zu isolieren. Dies erfolgt durch Dekrementieren des Parameters `currentBitNumber` und durch Abgeben von Nullen, bis der Block signifikant ist. Der Block wird dann in drei Hochfrequenzunterbänder bei Niveau J partitioniert und bei der Blockeindeutigkeit für Niveau J-1 (wenn J-1 größer als Null ist). Diese Partitionierungslösung basiert auf den sogenannten $1/f$ -Spektralmodellen.

[0095] Der Dekodierprozeß für das alternative Ausführungsbeispiel kann realisiert werden, indem der anhand der [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) beschriebene Kodierprozeß nachgeahmt wird.

[0096] Die Ausführungsbeispiele der Erfindung stel-

len Verfahren und Geräte zur Darstellung von Digitalbilddaten in einer effizienten und flexiblen Art bereit, wobei die Darstellung geeignet ist zum Speichern und/oder zum Senden von Bildern. Die Kodierungstechniken können generell verwendet werden zur Darstellung einer Transformationskoeffizientengliederung, und zur Bereitstellung einer effizienten Darstellung durch Darstellen eines Bildes in der Diskreten-Wavelet-Transformationsdomäne. Insbesondere stellen die Ausführungsbeispiele Verfahren und Geräte bereit zur Darstellung (oder Kodierung) von Anfangsnulzen von Transformationskoeffizientenblöcken, die aus einem eingegebenen Bild gewonnen werden. Die Techniken sind effizient in Hinsicht auf das Schaffen einer guten Wiedergabe vom Originalbild für einen gegebenen Größencode und zum Schaffen einer schnellen Dekodierung. Die Techniken sind weiterhin flexibel darin, daß Koeffizienten, gewonnen aus einer Lineartransformation, unabhängig unter Verwendung von Entropiekodierung kodiert werden. Die vorteilhaften Aspekte des Ausführungsbeispiels enthalten die Tiefe der ersten Eigenschaft der Kodierung. Im Falle des Kodierens von Unterbändern umfassen die vorteilhaften Aspekte der Erfindung das hierarchische Kodieren eines jeden Unterbandes in getrennter Weise.

[0097] Vorstehendes beschreibt nur eine kleine Anzahl von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, jedoch sind Abwandlungen und/oder Änderungen für den Fachmann möglich. In der vorstehenden Beschreibung sind die Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Unterzone mit einer vorbestimmten Größe eines 1×1 -Koeffizienten als Beispiel beschrieben worden. Jedoch ist es für den Fachmann offensichtlich, daß auch eine andere Größe verwendet werden kann. Die Ausführungsbeispiele der Erfindung können beispielsweise mit 2×2 Koeffizienten realisiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bereitstellen einer codierten Darstellung eines Digitalbildes, mit den Verfahrensschritten:

- (a) Transformieren des Bildes zum Herleiten einer Koeffizientengliederung;
- (b) Auswählen (**312, 314, 910**) der Koeffizientengliederung oder einer Koeffizientenuntergliederung der Gliederung als laufend ausgewählte Zone in einer vorbestimmten Bitebene der Koeffizienten der laufend ausgewählten Zone als laufende Bitebene (**306**);
- (c) Bestimmen der Wertigkeit einer jeden Bitebene (**414, 1214**) der ausgewählten Zone durch Überprüfen deren Koeffizienten aus der laufenden Bitebene (Laufendbitnummer) hin zu einer niedrigstwertigen Bitebene, bis eine signifikante Bitebene bestimmt ist, und Bereitstellen der codierten Darstellung eines ersten Token (**416, 1216**) für jede bestimmte insig-

kante Bitebene und eines zweiten Token (**418, 1218**) für eine signifikante Bitebene;

- (d) Partitionieren (**420, 1220**) der ausgewählten Zone von Koeffizienten im Falle des Bestimmens einer signifikanten Bitebene in zwei oder mehrere Unterzonen der Koeffizienten mit einer vorbestimmten Form, Einstellen der laufenden Bitebene zu der bestimmten signifikanten Bitebene und Einstellen einer jeden der Unterzonen als ausgewählte Zone;
- (e) Wiederholen (**422, 1222**) der Schritte (c) und (d) für jede der laufend ausgewählten Zone, bis eine vorbestimmte minimale Bitebene erreicht ist (**404, 1204**) oder die ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe (**408, 1208**) hat; und
- (f) wenn die ausgewählte Zone die vorbestimmte Größe erreicht hat, Codieren (**470**) der Koeffizienten und der ausgewählten Zone und Bereitstellen dieser als codierte Darstellung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Transformationsschritt das Anwenden einer diskreten Wavelet-Transformation bezüglich des Digitalbildes enthält.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Untergliederung die gesamte Vielzahl von Koeffizienten enthält.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Untergliederung ein Unterband der Vielzahl von Koeffizienten enthält.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und zweite Token Bitwerte von 0 beziehungsweise 1 enthält.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterzonen grössengleich sind.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterzonen rechtwinklig sind.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Größe der Unterzone kleiner oder gleich 2×2 Koeffizienten ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Koeffizientenwert der Unterzone der vorbestimmten Größe durch Ausgabe von Bits des Koeffizientenwertes in einer Sequenz codiert ist, die mit dem höchstwertigen Bit beginnt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß Bits des obigen Koeffizientenwertes der vorbestimmten Minimalbitebene in codierter Darstellung abgegeben werden.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Codieren der Koeffizientenwerte den Verfahrensschritt des Codierens der Koeffizientenwerte umfaßt, wenn die ausgewählte Zone eine bestimmte Größe aufweist.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Bitebene diejenige ist, die das höchstwertige Bit vom größten Absolutwert der Untergliederungskoeffizienten enthält.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Bitebene diejenigen mit der größeren Bitzahl als die der Bitebene ist, die das höchstwertige Bit vom größten Absolutwert der Untergliederungskoeffizienten enthält.

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Transformationsschritt das Bild unter Verwendung einer Unterbandtransformation zum Bereitstellen einer Anzahl von Unterbändern zerlegt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswahlschritt für jedes Unterband dieses als Untergliederung der Vielzahl von Koeffizienten auswählt.

16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Koeffizientenwerte der ausgewählten Zone durch Darstellen eines jeden Koeffizientenwertes durch die Bits zwischen dem höchstwertigen Bit und dessen Bit in der einschließlichen Minimalbitenebene codiert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Transformationsschritt das Bild unter Verwendung einer Unterbandtransformation zum Bereitstellen einer Vielzahl von Wechselstromunterbandzonen bei einer oder mehreren Auflösungen einer Gleichstromunterbandzone transformiert.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswahlschritt anfänglich die Gleichstromunterbandzone als die laufend ausgewählte Zone auswählt.

19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl von Wechselstromunterbandzonen eine Einzelzone bilden und das Verfahren den weiteren Verfahrensschritt umfaßt: Bestimmen der Wertigkeit einer jeden Bitebene der Detailzone aus der vorbestimmten Bitebene hin zu einer niedrigwertigen Bitebene und Bereitstellen eines ersten Token für jede signifikante Bitebene und ein zweites Token für eine signifikante Bitebene in der codierten Darstellung, wenn eine signifikante Bitebene bestimmt ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswahlschritt der Reihe nach jede Wechselstromunterbandzone für jeden Auflösungspegel der Detailzone als die laufend ausgewählte Zone auswählt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren weiterhin den Verfahrensschritt des Teilens des Digitalbildes in eine Vielzahl von Blöcken und des Unterteilens jeden Blockes zum Bereitstellen einer Vielzahl von Wechselstromunterbandzonen und der Gleichstromunterbandzone enthält.

22. Gerät zum Bereitstellen einer codierten Darstellung eines Bildes, mit:
 einem Mittel zum Transformieren des Bildes zum Herleiten einer Koeffizientengliederung;
 einem Mittel zur Auswahl (**312, 314, 910**) der Koeffizientengliederung oder einer Koeffizientenuntergliederung der Gliederung als eine laufend ausgewählte Zone in einer vorbestimmten Bitebene der laufend ausgewählten Zone als laufende Bitebene; und
 einem Mittel zum Verarbeiten der laufend ausgewählten Zone, das ausgestattet ist mit:
 einem Mittel zum Bestimmen der Wertigkeit einer jeden Bildebene (**412, 1214**) der ausgewählten Zone durch Überprüfen deren Koeffizienten aus der laufenden Bitebene (Laufendbitnummer) hin zu einer niedrigwertigen Bitebene, bis eine signifikante Bitebene bestimmt ist, und Bereitstellen der codierten Darstellung eines ersten Token (**416, 1216**) für jede bestimmte insignifikante Bitebene, und eines zweiten Token (**418, 1218**) für die bestimmte signifikante Bitebene;
 einem Mittel zum Partitionieren (**420, 1220**) der ausgewählten Koeffizientenzone für den Fall des Bestimmens einer signifikanten Bitebene in zwei oder mehr Unterzonen der Koeffizienten mit einer vorbestimmten Form, Einstellen der laufenden Bitebene zur bestimmten signifikanten Bitebene und Einstellen einer jeden Unterzone als ausgewählte Zone;
 einem Mittel zum Wiederholen (**422, 1222**) der Operationen des Bestimmungsmittels und des Partitionierungsmittels für jede laufend ausgewählte Zone, bis eine vorbestimmte minimale Bitebene erreicht ist (**404, 1204**) oder bis die ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe aufweist (**408, 1208**), und mit
 einem Mittel, das die Koeffizienten der ausgewählten Zone zum Bereitstellen der codierten Darstellung codiert, wenn die ausgewählte Zone die vorbestimmte Größe erreicht hat.

23. Gerät nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Transformationsmittel ein Mittel zum Anwenden einer diskreten Wavelet-Transformation bezüglich des Digitalbildes enthält.

24. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Untergliederung

die gesamte Koeffizientenvielzahl enthält.

25. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Untergliederung ein Unterband der Vielzahl von Koeffizienten enthält.

26. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß das erste und das zweite Token Bitwerte von 0 beziehungsweise 1 enthält.

27. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterzonen großengleich sind.

28. Gerät nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterzonen rechtwinklig sind.

29. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Größe der Unterzone kleiner oder gleich 2×2 Koeffizienten ist.

30. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zum Codieren eines jeden Koeffizientenwertes der Unterzone der vorbestimmten Größe durch Ausgabe von Bits des Koeffizientenwertes in Aufeinanderfolge, beginnend mit dem höchstwertigen Bit.

31. Gerät nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zur Ausgabe der codierten Darstellung der Bits des obigen Koeffizientenwertes der bestimmten minimalen Bitebene.

32. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zum Codieren der Koeffizientenwerte eingerichtet ist, die Koeffizientenwerte zu codieren, wenn die ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe aufweist.

33. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät unter Verwendung eines Universalcomputers realisiert ist.

34. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zur Auswahl der vorbestimmten Bitebene als solche, die das höchstwertige Bit des größten Absolutwerts der Koeffizienten in der Untergliederung enthält.

35. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zur Auswahl der vorbestimmten Bitebene als diejenige mit einer größeren Bitzahl als die Bitzahl der Bitebene, die das höchstwertige Bit des größten Absolutwerts der Koeffizienten in der Untergliederung enthält.

36. Gerät nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Transformationsmittel eingerichtet ist, das Bild unter Verwendung einer Unterbandtransformation zu zerlegen, um eine Anzahl von Unterbändern bereitzustellen.

37. Gerät nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswahlmittel für jedes Unterband eingerichtet ist, dieses als Untergliederung der Vielzahl von Koeffizienten auszuwählen.

38. Gerät nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Transformationsmittel eingerichtet ist zum Transformieren des Bildes unter Verwendung einer Unterbandtransformation zum Bereitstellen einer Vielzahl von Wechselstromunterbandzonen und einer Gleichstromunterbandzone mit einer oder mehreren Auflösungen.

39. Gerät nach einem der Ansprüche 22 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zum Codieren der Koeffizientenwerte der ausgewählten Zone durch Darstellen eines jeden Koeffizienten durch die Bits zwischen dem höchstwertigen Bit und dessen Bit in der einschließlichen Minimalbitebene.

40. Gerät nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswahlmittel im Betrieb ursprünglich die Gleichstromunterbandzone als die laufend ausgewählte Zone auswählt.

41. Gerät nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl von Wechselstromunterbandzonen eine Detailzone bilden, mit:
einem Mittel zum Bestimmen der Wertigkeit einer jeden Bildebene der Detailzone aus der vorbestimmten Bitebene hin zur niedrigstwertigen Bitebene zum Bereitstellen eines ersten Token für jede insignifikante Bitebene und ein zweites Token für eine signifikante Bitebene in der codierten Darstellung, wenn die signifikante Bitebene bestimmt ist.

42. Gerät nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswahlmittel eingerichtet ist, der Reihe nach jede Wechselstromunterbandzone für jeden Auflösungspegel der Detailzone als die laufend ausgewählte Zone auszuwählen.

43. Gerät nach einem der Ansprüche 38 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiteres Mittel zum Unterteilen des Digitalbildes in eine Vielzahl von Blöcken und ein Mittel zur Unterbandtransformation eines jeden Blockes zum Bereitstellen der Vielzahl von Wechselstromunterbandzonen und der Gleichstromunterbandzone vorgesehen ist.

44. Verfahren zum Decodieren einer codierten Darstellung eines Bildes, die ein erstes Token für jede

insignifikante Bitebene der Koeffizientengliederung enthält, die das codierte Bild darstellt, und ein zweites Token für jede signifikante Bildebene der Koeffizienten, mit den Verfahrensschritten:

(a) Überprüfen (**502**, **504**, **616**) der codierten Darstellung eines Abschnitts derselben und Auswählen (**506**) einer Zone als laufend ausgewählte zugehörige Zone und eine vorbestimmte Bitebene der laufend ausgewählten Zone als eine laufend ausgewählte Bitebene;

(b) Bestimmen (**616**) der Wertigkeit einer jeden Bildebene und der laufend ausgewählten Zone aus der laufend ausgewählten Bitebene hin zur niedrigstwertigen Bitebene, wobei eine insignifikante Bitebene für die laufend ausgewählte Zone für jedes Token der codierten Darstellung bereitsteht, bis das zweite Token der codierten Darstellung erreicht ist, womit eine signifikante Bildebene für die laufend ausgewählte Zone bestimmt wird;

(c) Partitionieren (**620**) der laufend ausgewählten Zone für den Fall, daß eine signifikante Bitebene bestimmt ist, in zwei oder mehr Unterzonen mit einer vorbestimmten Form, Einstellen der laufend ausgewählten Bitebene zu der bestimmten signifikanten Bitebene und Einstellen einer jeden der Unterzonen als eine ausgewählte Zone;

(d) Wiederholen (**622**) der Schritte (b) und (c) für jede laufend ausgewählte Zone, bis eine vorbestimmte minimale Bitebene erreicht ist oder die laufend ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe hat; und wenn eine ausgewählte Zone die vorbestimmte Größe erreicht hat, Decodieren der Koeffizienten der ausgewählten Zone und Bereitstellen dieser als decodierte Darstellung.

45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß die codierte Darstellung über eine codierte Vielzahl von Transformationskoeffizienten eines Digitalbildes verfügt.

46. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren den weiteren Verfahrensschritt enthält:

inverses Transformieren der Vielzahl decodierter Koeffizienten zum Bereitstellen des Digitalbildes.

47. Verfahren nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß der inverse Transformationsschritt den Schritt des Anwendens einer inversen diskreten Wavelet-Transformation auf die Vielzahl decodierter Koeffizienten enthält.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Größe kleiner oder gleich 2×2 Koeffizienten ist.

49. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 48, dadurch gekennzeichnet, daß jeder decodierte Koeffizient durch eine festgelegte Bitsequenz dargestellt wird und codierte Werte decodiert werden durch

Ausgabe von Bits der zugehörigen Bitsequenz beginnend mit dem höchstwertigen Bit.

50. Verfahren nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß die zugehörige obige Bitsequenz der vorbestimmten Minimalbitebene decodiert wird.

51. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 50, dadurch gekennzeichnet, daß das Decodieren der Koeffizientenwerte den Verfahrensschritt des Decodierens jener der codierten Werte und Koeffizienten enthält, die der ausgewählten Zone zugeordnet sind, wenn die ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe aufweist.

52. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 51, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Bitebene diejenige ist, die das höchstwertige Bit des größten Absolutwertes der Koeffizienten besitzt, die der abgetasteten Darstellung zugeordnet sind.

53. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 51, dadurch gekennzeichnet, daß vorbestimmte Bitebene diejenige ist, die eine größere Bitzahl als die der Bitebene hat, die das höchstwertige Bit vom größten Absolutwert der zur abgetasteten Darstellung gehörenden Koeffizienten enthält.

54. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswahlschritt eine Zone entsprechend einem Unterband der Transformationskoeffizienten als laufend ausgewählte Zone auswählt.

55. Verfahren nach Anspruch 44, bei dem der Partitionierungsschritt die laufend ausgewählte Zone in zwei oder mehr gleich große Unterzonen partitioniert.

56. Verfahren nach Anspruch 54, mit dem weiteren Verfahrensschritt des inversen Zerlegens der decodierten Unterbänder der Koeffizienten unter Verwendung einer inversen Unterbandtransformation zum Bereitstellen der Digitaldaten.

57. Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 56, bei dem die codierten Koeffizientenwerte in der codierten Darstellung zwischen dem ersten und dem Token dargestellt sind.

58. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswahlschritt eine Zone entsprechend einem Gleichstromunterband als laufend ausgewählte Zone sowie eine höchstwertige Bitebene der laufend ausgewählten Zone als eine laufend ausgewählte Bitebene in einem zugehörigen ausgewählten Abschnitt der codierten Darstellung auswählt.

59. Verfahren nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswahlschritt eine Zone ent-

sprechend Wechselstromunterbändern als laufend ausgewählte Zone sowie eine höchstwertige Bitebene der laufend ausgewählten Zone als laufend ausgewählte Bitebene in einem zugehörigen ausgewählten Abschnitt der codierten Darstellung auswählt.

60. Verfahren nach Anspruch 59, mit dem weiteren Schritt des Anwendens einer inversen Unterbandtransformation auf eine Vielzahl decodierter Wechselstromunterbandzonen bei einer oder bei mehreren Auflösungen und einer decodierten Gleichstromunterbandzone für jeden Block zum Bereitstellen des Digitalbildes.

61. Gerät zum Decodieren einer codierten Darstellung einer Koeffizientengliederung, die ein Bild darstellt, wobei die codierte Darstellung ein erstes Token für jede insignifikante Bitebene der Koeffizientengliederung und ein zweites Token für jede signifikante Bitebene der Koeffizienten enthält, mit:
 einem Mittel zum Überprüfen (**502**, **504**, **616**) der codierten Darstellung eines Abschnitts dieser und zum Auswählen (**506**) einer zugehörigen Zone als laufend ausgewählte Zone und einer vorbestimmten Bitebene der laufend ausgewählten Zone als laufend ausgewählte Bitebene;
 einem Mittel zum Bestimmen (**616**) der Wertigkeit einer jeden Bitebene der laufend ausgewählten Zone aus der laufend ausgewählten Bitebene hin zu einer niedrigstwertigen Bitebene, wobei eine insignifikante Bitebene für die laufend ausgewählte Zone für jedes der ersten Token von der codierten Darstellung bereitsteht, bis das zweite Token der codierten Darstellung erreicht ist, die eine signifikante Bitebene für die laufend ausgewählte Zone bestimmt;
 einem Mittel zum Partitionieren (**620**) der laufend ausgewählten Zone im Falle, daß eine signifikante Bitebene bestimmt wird, in zwei oder mehr Unterzonen mit einer vorbestimmten Form zum Einstellen der laufend ausgewählten Bitebene zu der bestimmten signifikanten Bitebene und zum Einstellen einer jeden der Unterzonen als ausgewählte Zone;
 einem Mittel zum Repetieren (**622**) der Operationen des Bestimmungsmittels und des Partitionierungsmittels für jede der aktuell ausgewählten Zonen, bis eine vorbestimmte minimale Bitebene erreicht ist oder die laufend ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe aufweist; und mit
 einem Mittel, das die Koeffizienten der ausgewählten Zone decodiert, um die decodierte Darstellung bereitzustellen, wenn die ausgewählte Zone die vorbestimmte Größe erreicht hat.

62. Gerät nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät des weiteren ein Mittel zum inversen Transformieren einer Vielzahl von Koeffizienten zur Bereitstellung eines Digitalbildes enthält.

63. Gerät nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, daß das inverse Transformationsmittel ein

Mittel enthält zum Anwenden einer inversen diskreten Wavelet-Transformation bezüglich der Vielzahl von Koeffizienten.

64. Gerät nach einem der Ansprüche 61 bis 63, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Größe geringer oder gleich 2×2 Koeffizienten ist.

65. Gerät nach einem der Ansprüche 61 bis 64, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Koeffizient durch eine vorbestimmte Bitsequenz darzustellen ist und daß die codierten Koeffizientenwerte und das Gerät eingerichtet sind, Bits der zugehörigen Bitsequenz, beginnend mit dem höchstwertigen Bit, abzugeben.

66. Gerät nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zum Decodieren von Bits der zugehörigen Bitsequenz über der vorbestimmten minimalen Bitebene.

67. Gerät nach einem der Ansprüche 61 bis 66, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zum Decodieren der Werte von Koeffizienten ein Mittel zum Decodieren jener codierten Werte von zur ausgewählten Zone gehörenden Koeffizienten enthält, wenn die ausgewählte Zone eine vorbestimmte Größe aufweist.

68. Gerät nach einem der Ansprüche 61 bis 67, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zur Auswahl der vorbestimmten Bitebene, die das höchstwertige Bit vom größten Absolutwert der zur abgetasteten codierten Darstellung gehörenden Koeffizienten enthält.

69. Gerät nach einem der Ansprüche 61 bis 67, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät eingerichtet ist zur Auswahl der vorbestimmten Bitebene, die eine Bitzahl aufweist, die größer ist als die Bitzahl der Bitebene, die das höchstwertige Bit des größten Absolutwertes der zur abgetasteten codierten Darstellung gehörenden Koeffizienten aufweist.

70. Gerät nach Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswahlmittel eingerichtet ist zur Auswahl einer Zone entsprechend einem Unterband der Transformationskoeffizienten als aktuell ausgewählte Zone.

71. Gerät nach einem der Ansprüche 61 bis 70, dessen Partitionierungsmittel eingerichtet ist zum Partitionieren der laufend ausgewählten Zone in zwei oder mehr gleich große Unterzonen.

72. Gerät nach Anspruch 70, das des weiteren über ein Mittel zum Zerteilen der decodierten Unterbänder der Koeffizienten unter Verwendung einer inversen Unterbandtransformation verfügt.

73. Gerät nach Anspruch 61, dadurch gekenn-

zeichnet, daß das Auswahlmittel eingerichtet ist zum Auswählen einer Zone entsprechend einem Gleichstromunterband als laufend ausgewählte Zone und einer höchstwertigen Bitebene der ausgewählten Zone als laufend ausgewählte Bitebene und eines zugehörigen ausgewählten Abschnitts der codierten Darstellung.

74. Gerät nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswahlmittel eingerichtet ist zum Auswählen einer Zone entsprechend Wechselstromunterbändern als laufend ausgewählte Zone und einer höchstwertigen Bitebene der laufend ausgewählten Zone als laufend ausgewählte Bitebene und eines zugehörigen ausgewählten Abschnitts der codierten Darstellung.

75. Gerät nach Anspruch 74, das des weiteren über ein Mittel zum Anwenden einer inversen Unterbandtransformation bezüglich der Vielzahl decodierter Wechselstromunterbandzonen mit einer oder mehreren Auflösungen und die decodierte Gleichstromunterbandzone für jeden Block zum Bereitstellen des Digitalbildes enthält.

76. Speichermedium, das prozessorrealisierbare Befehle speichert, um einen Prozessor zum Ausführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 21 zu steuern.

77. Elektrisches Signal, das prozessorrealisierbare Befehle zum Steuern eines Prozessors zum Ausführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 21 trägt.

78. Speichermedium, das prozessorrealisierbare Befehle zum Steuern eines Prozessors speichert, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 60 auszuführen.

79. Elektrisches Signal, das prozessorrealisierbare Befehle zum Steuern eines Prozessors trägt, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 44 bis 60 auszuführen.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

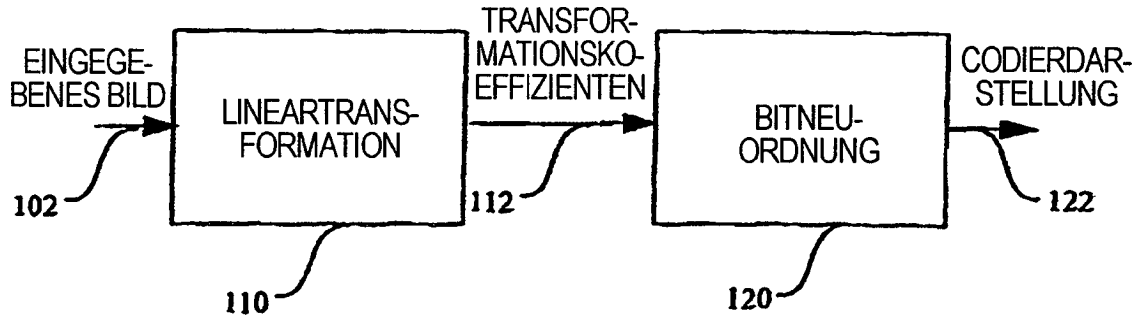


Fig. 1

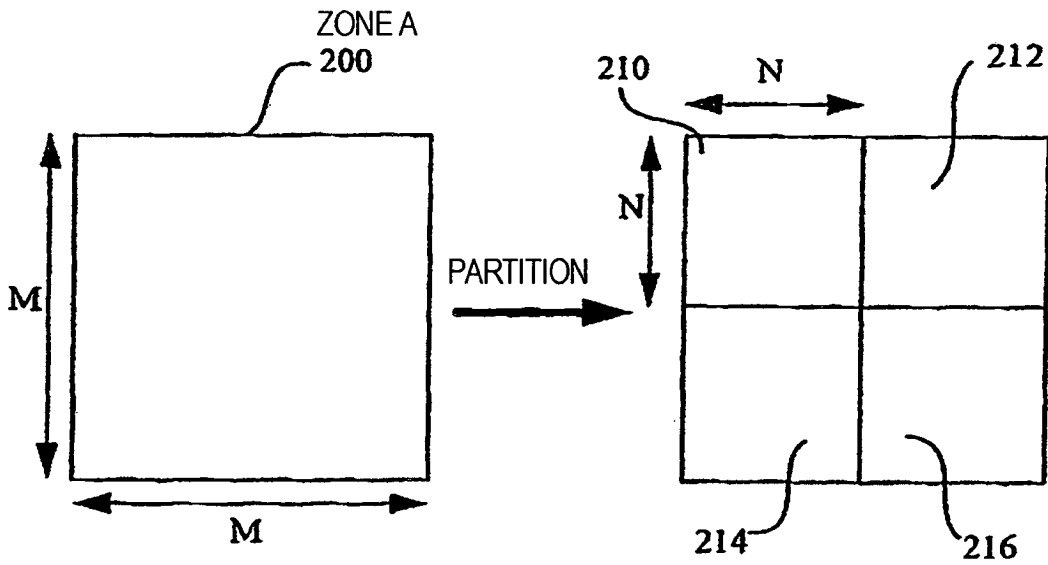


Fig. 2

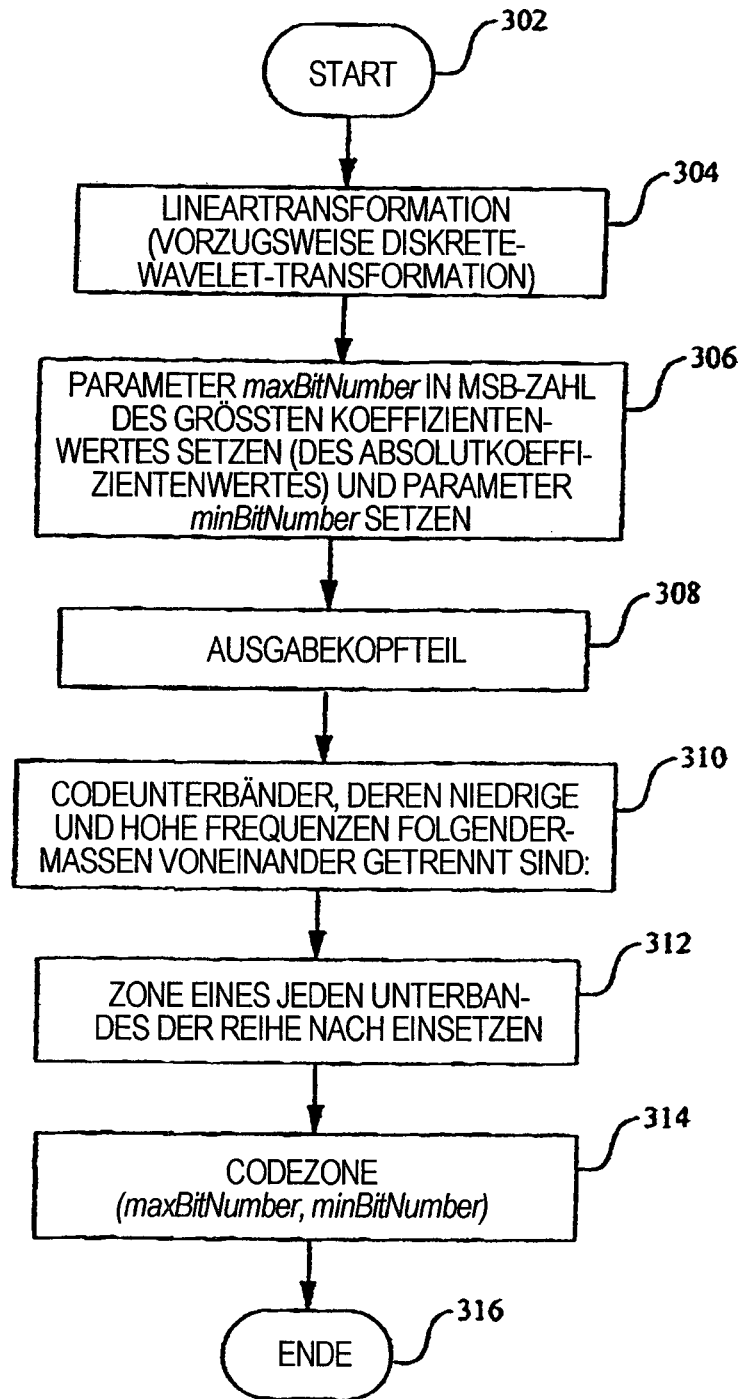


Fig. 3

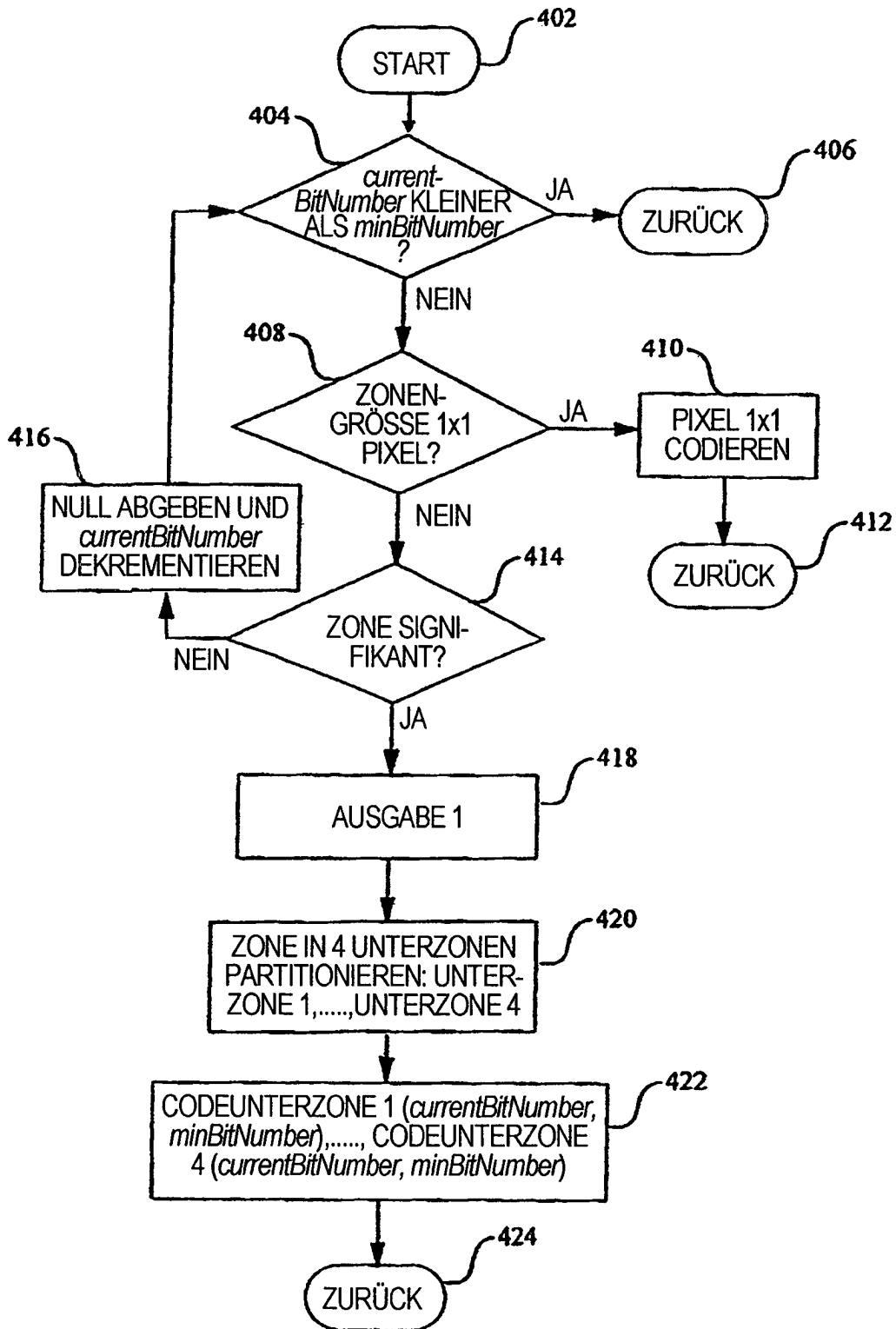


Fig. 4

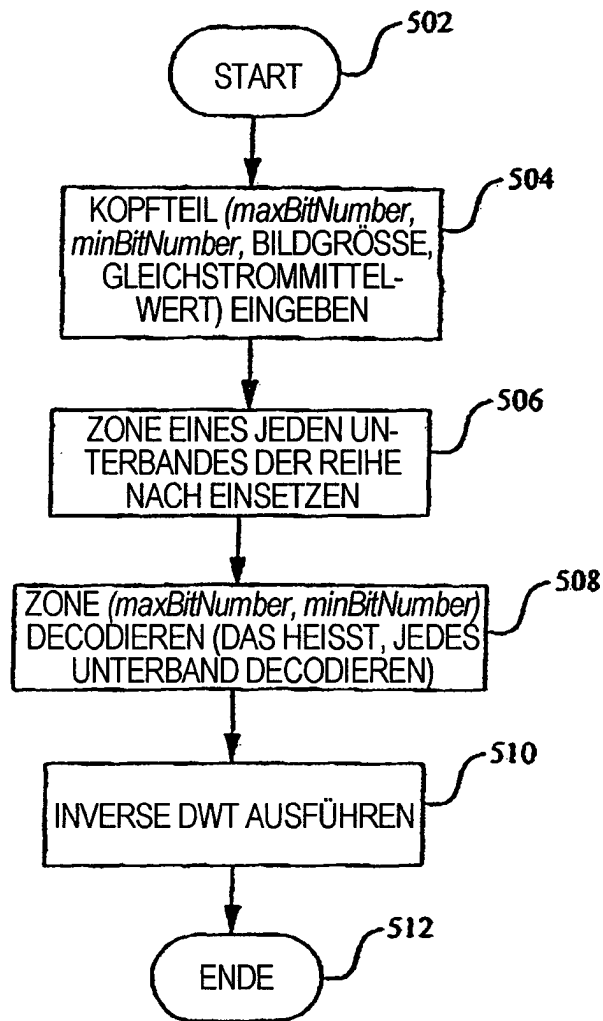


Fig. 5

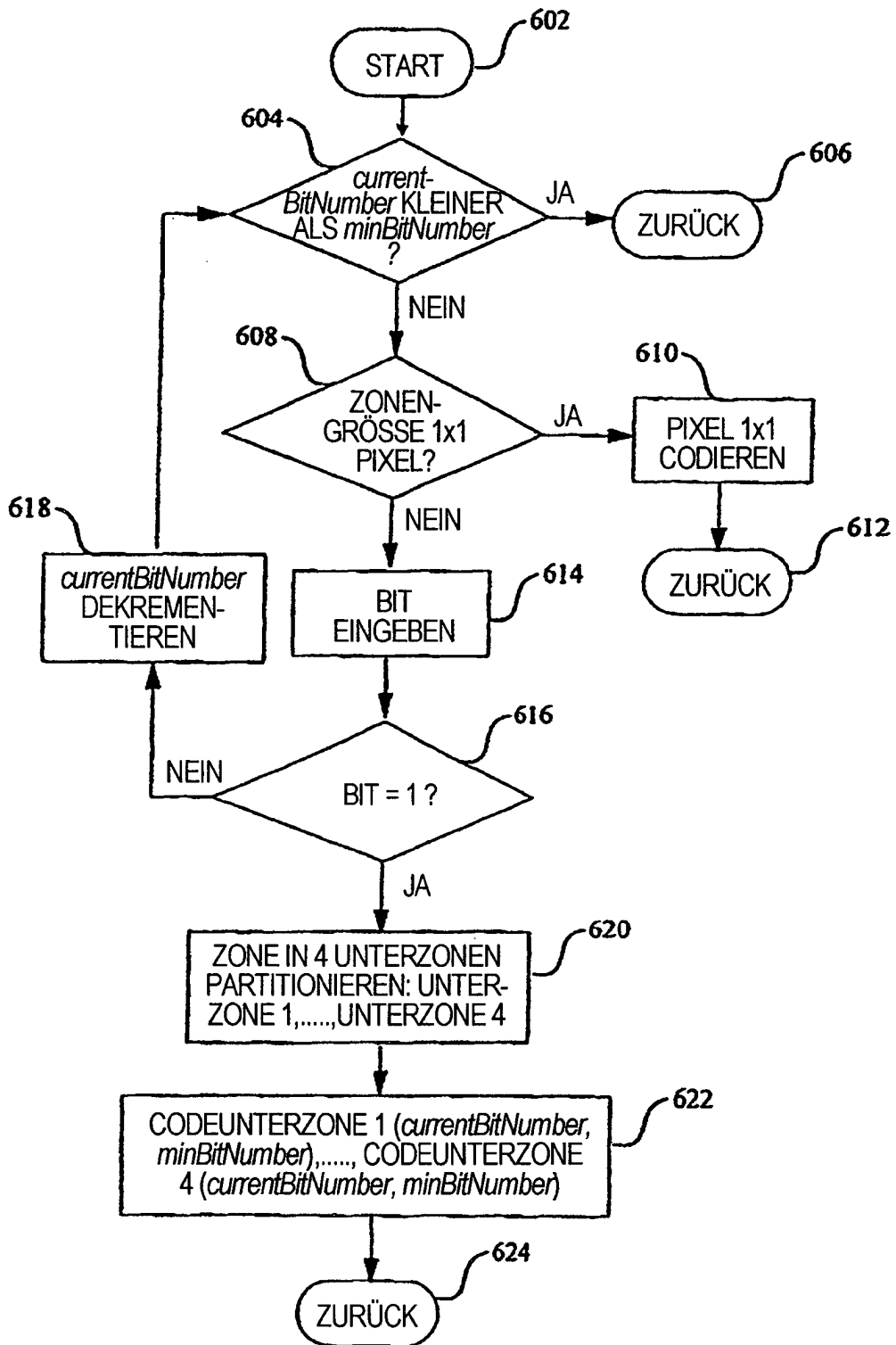
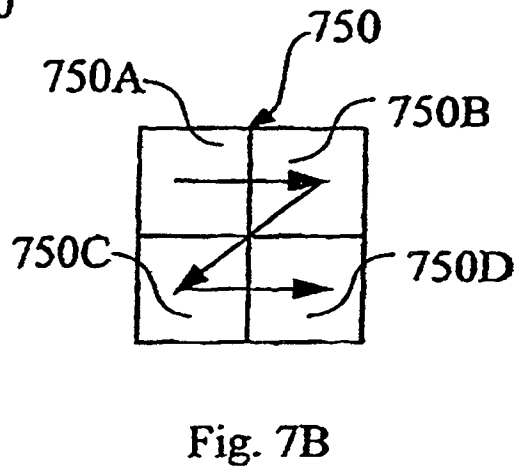
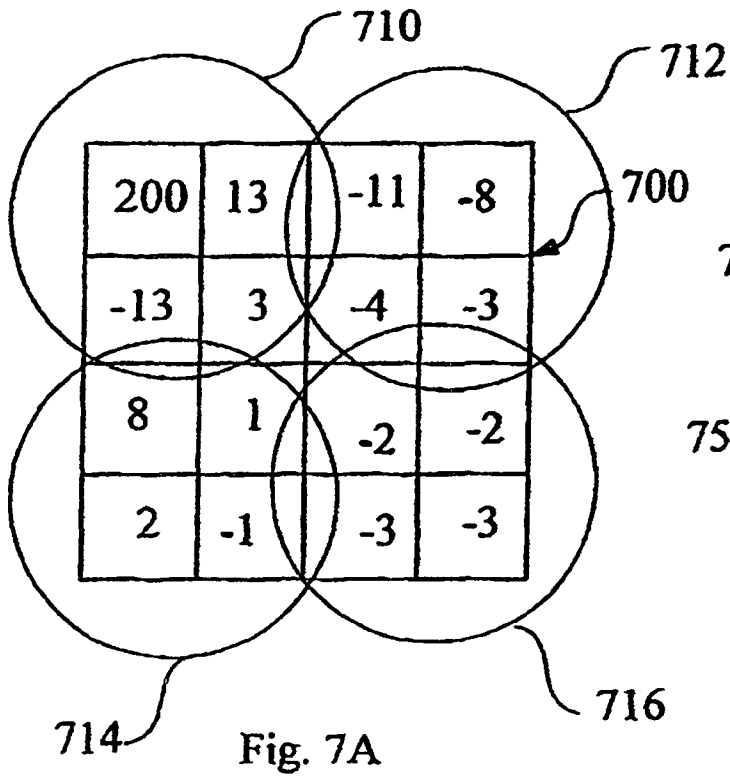


Fig. 6



200	8	-8	-8
-13	0	0	0
8	0	0	0
0	0	0	0

Fig. 7C

204	12	-12	-12
-12	0	0	0
12	0	0	0
0	0	0	0

Fig. 7D

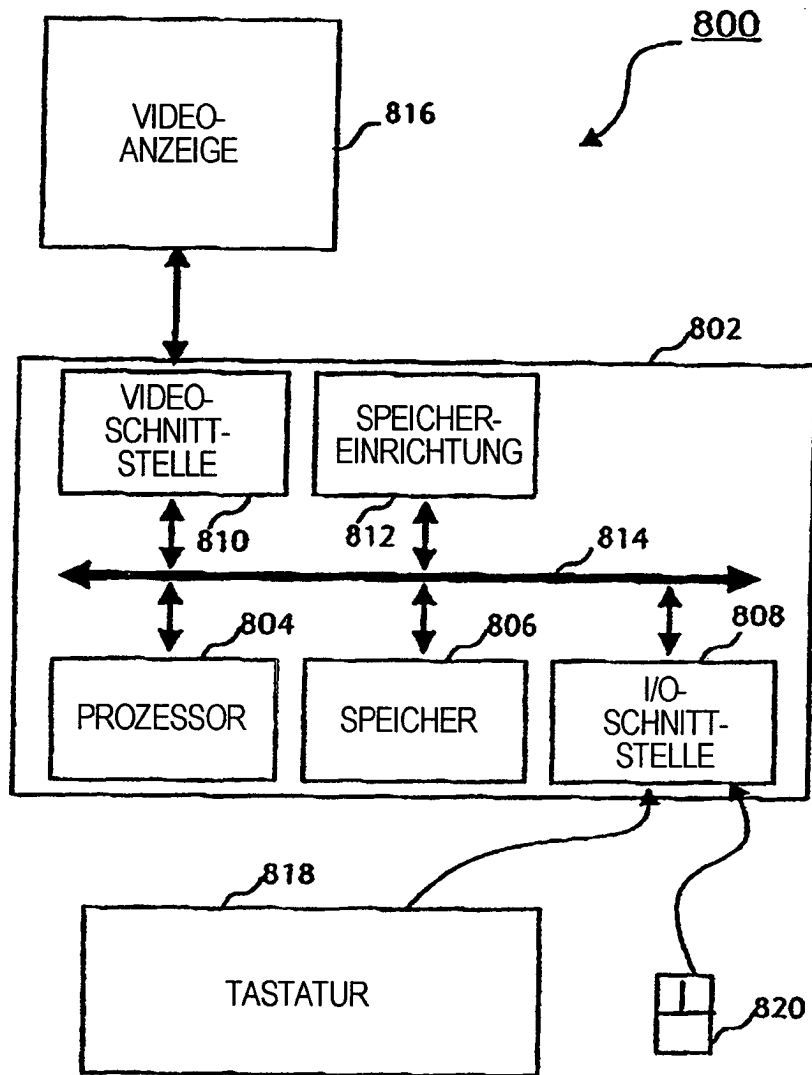


Fig. 8

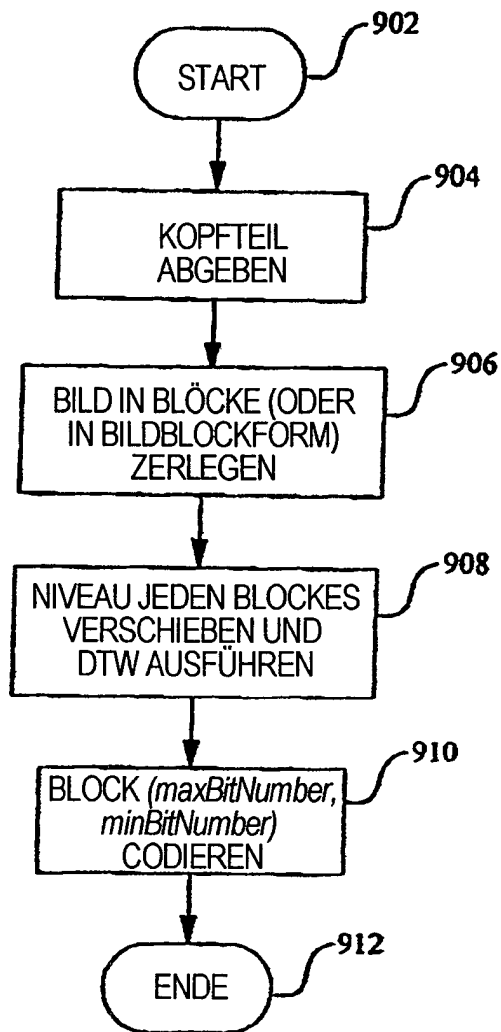


Fig. 9

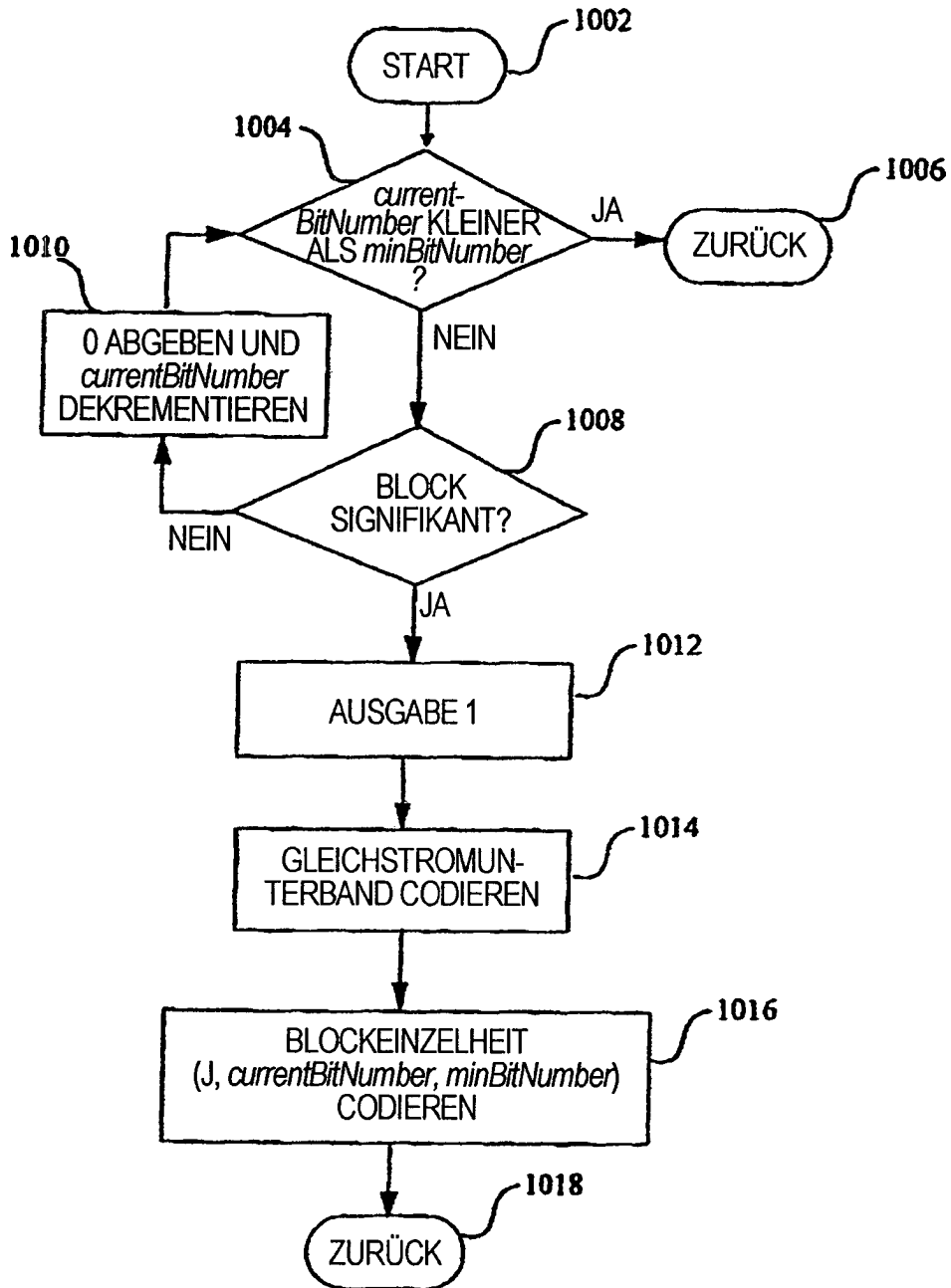


Fig. 10

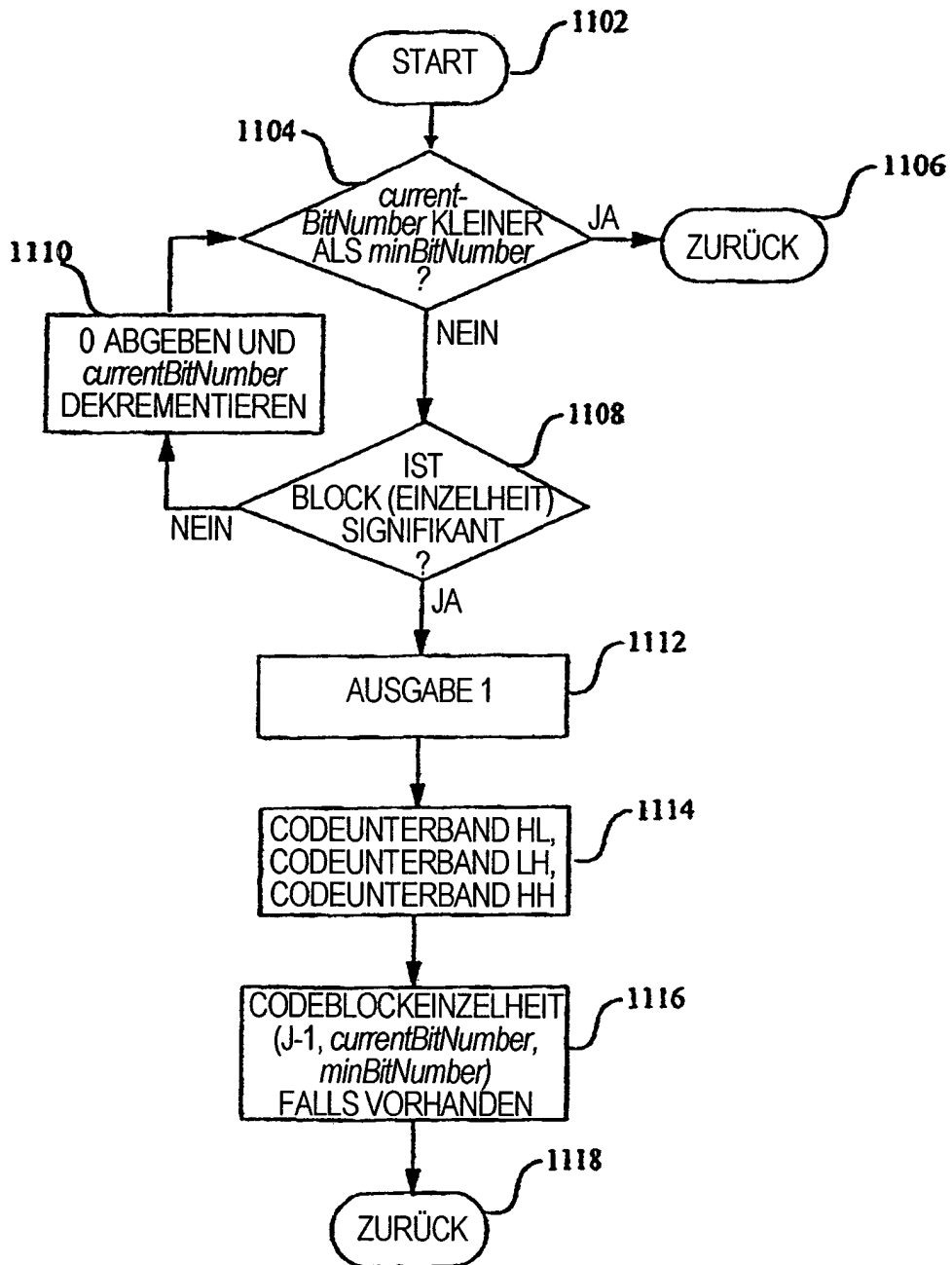


Fig. 11

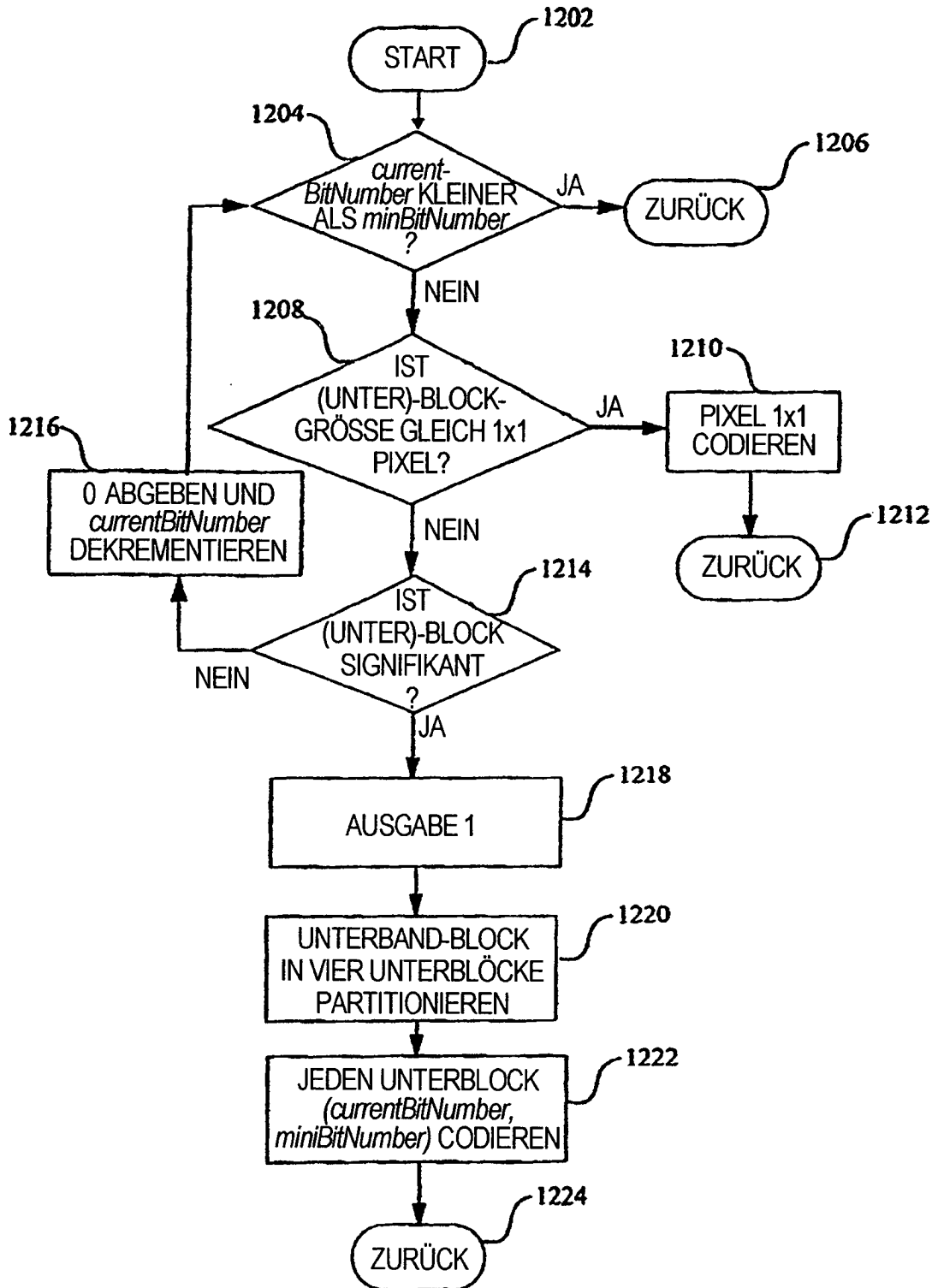


Fig. 12

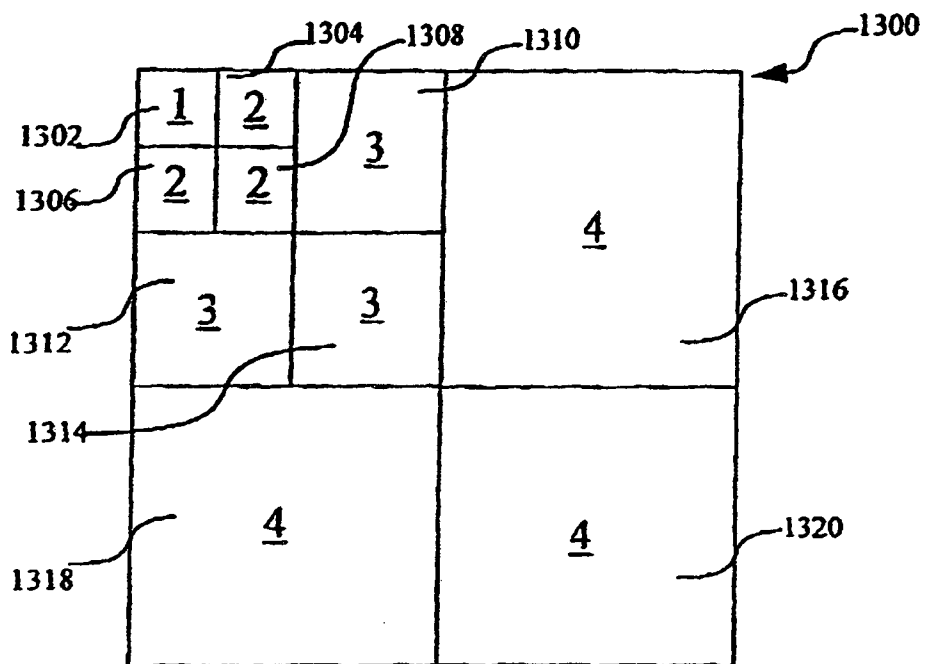


Fig. 13