

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 382 038 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

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

29.06.2005 Patentblatt 2005/26

(21) Anmeldenummer: **02740586.9**

(22) Anmeldetag: **10.05.2002**

(51) Int Cl.7: **G11B 20/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/005173

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/103695 (27.12.2002 Gazette 2002/52)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM EINBETTEN EINES WASSERZEICHENS IN EIN AUDIOSIGNAL**

DEVICE AND METHOD FOR EMBEDDING A WATERMARK IN AN AUDIO SIGNAL

DISPOSITIF ET PROCEDE POUR L'INSERTION D'UN FILIGRANE DANS UN SIGNAL AUDIO

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

(30) Priorität: **18.06.2001 DE 10129239**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(73) Patentinhaber: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.**
80636 München (DE)

(72) Erfinder:

- **HERRE, Jürgen**
91054 Erlangen (DE)
- **KULESSA, Ralph**
90537 Feucht (DE)
- **NEUBAUER, Christian**
91080 Uttenreuth (DE)
- **SIEBENHAAR, Frank**
90480 Nürnberg (DE)

(74) Vertreter: **Schoppe, Fritz, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler
Postfach 246
82043 Pullach bei München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-01/99109 WO-A-97/33391
DE-A- 19 938 095

- **NEUBAUER C ET AL: "Continuous steganographic data transmission" INFORMATION HIDING. SECOND INTERNATIONAL WORKSHOP, IH'98. PROCEEDINGS, INFORMATION HIDING. SECOND INTERNATIONAL WORKSHOP, IH'98. PROCEEDINGS, PORTLAND, OR, USA, 14-17 APRIL 1998, Seiten 208-217, XP002224416 1998, Berlin, Germany, Springer-Verlag, Germany ISBN: 3-540-65386-4**
- **ROBERTA EKLUND: "Audio Watermarking Techniques" INTERNET ARTICLE, [Online] XP002224417 Gefunden im Internet: <URL:http://www.musemagic.com/papers/water mark.htm> [gefunden am 2002-10-07]**
- **JONGWON SEOK ET AL: "A novel audio watermarking algorithm for copyright protection of digital audio" ETRI JOURNAL, JUNE 2002, ELECTRON. & TELECOMMUN. RES. INST., TAEJON, SOUTH KOREA, Bd. 24, Nr. 3, Seiten 181-189, XP002224418 ISSN: 1225-6463**
- **R.A. GARCIA: "Digital Watermarking of audio signals using a psychoacoustic auditory model and spread spectrum theory" AES 107TH CONVENTION, PREPRINT 5073, [Online] 24. - 27. September 1999, Seiten 1-42, XP002224419 New York Gefunden im Internet: <URL:http://web.media.mit.edu/~rago/publications/ragoAES1999.pdf> [gefunden am 2002-10-07]**
- **BONEY L ET AL: "Digital Watermarks for Audio Signals" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA COMPUTING AND SYSTEMS, LOS ALAMITOS, CA, US, 17. Juni 1996 (1996-06-17), Seiten 473-480, XP002160496**

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).

EP 1 382 038 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Audiocodierung und insbesondere auf Verfahren und Vorrichtungen zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal.

[0002] Moderne Audiocodierv Verfahren verarbeiten zeitdiskrete Audio-Abtastwerte, um einen Bitstrom zu liefern, der gegenüber dem ursprünglichen Audiosignal komprimiert ist. Der Strom von zeitdiskreten Audio-Abtastwerten wird zunächst gefenstert, um aus dem Strom von Audio-Abtastwerten aufeinanderfolgende Blöcke von gefensterten Audio-Abtastwerten zu erzeugen. Die weitere Verarbeitung findet blockweise statt. Ein durch Fensterung erzeugter Block von Audio-Abtastwerten wird typischerweise mittels einer Analyse-Filterbank in eine spektrale Darstellung umgesetzt. Die spektrale Darstellung umfaßt frequenzmäßig nebeneinanderliegende Spektralwerte von der Frequenz 0 bis zur maximalen Audio-Frequenz, welche beispielsweise bei 16 kHz liegen kann. Die Audio-Spektralwerte werden in Skalenfaktorbändern gruppiert und quantisiert. Die Quantisierung findet derart statt, daß das durch die Quantisierung eingeführte Quantisierungsrauschen derart dimensioniert ist, daß es von dem Audiosignal maskiert wird. Hierzu wird ein psychoakustisches Modell eingesetzt, das auf der Basis des Audiosignals für jedes Skalenfaktorband einen Energiewert liefert, der angibt, bis zu welchem Energiepegel Quantisierungsrauschen maskiert wird, d. h. im wieder decodierten Audiosignal nicht hörbar sein wird. Liegt das durch den Quantisierer eingeführte Quantisierungsrauschen dagegen oberhalb der psychoakustischen Maskierungsschwelle, so wird das wieder decodierte Audiosignal hörbare Störungen enthalten. Die Quantisierungsstufen des Quantisierers werden abhängig von der Maskierungsschwelle berechnet. Wenn die Quantisierungsstufen berechnet sind, werden die Audio-Spektralwerte anhand dieser Quantisierungsstufen quantisiert, um quantisierte Audio-Spektralwerte zu erhalten. Aus Dateneffizienzgründen werden die quantisierten Audiospektralwerte einer Entropie-Codierung, wie z. B. eine Huffman-Codierung, unterzogen, um einen Bitstrom mit Codeworten zu liefern, die die Audio-spektralwerte darstellen. Mittels eines Bitstrom-Multiplexers werden dem Strom von Codeworten Seiteninformationen hinzugefügt, welche unter anderem die Skalenfaktoren umfassen, auf deren Basis ein Audio-Decoder die Quantisierungsstufen ermitteln kann, die im Codierer verwendet worden sind.

[0003] Zur Audio-Decodierung wird der Bitstrom samt Seiteninformationen mittels eines Bitstrom-De multiplexers in einerseits Codewörter und andererseits Seiteninformationen aufgesplittet. Zunächst wird die Entropie-Codierung rückgängig gemacht. Anschließend werden die Entropie-decodierten Werte, d. h. die quantisierten Audio-Spektralwerte, einer inversen Quantisierung unterzogen, um invers quantisierte Spektralwerte zu er-

halten. Diese werden dann mittels einer Synthese-Filterbank vom Frequenzbereich in den Zeitbereich umgesetzt. Am Ausgang der Synthese-Filterbank liegt das wieder decodierte Audiosignal vor.

[0004] Es sei darauf hingewiesen, daß es sich hierbei um ein verlustbehaftetes Codierv Verfahren handelt, da im Codierer eine Quantisierung vorgenommen worden ist. Das wieder decodierte Audiosignal entspricht nicht exakt dem ursprünglichen Audiosignal. Wenn die Codierung und Decodierung erfolgreich war, wird jedoch der subjektive Höreindruck des decodierten Audiosignals dem subjektiven Höreindruck des ursprünglichen Audiosignals entsprechen, da das durch den Quantisierer im Codierer eingeführte Quantisierungsrauschen wegmaskiert wird, d. h. es wird unterhalb der psychoakustischen Maskierungsschwelle "versteckt".

[0005] Aus Dateneffizienzgründen wird es bevorzugt, möglichst große Quantisierungsschritte zu verwenden. Andererseits führen zu große Quantisierungsschritte zu einem zu großen Quantisierungsrauschen, das sich im wieder decodierten Signal als hörbare Störung äußern kann. Moderne Audiocodierv Verfahren versuchen einen optimalen Kompromiß zwischen diesen beiden Forderungen zu erreichen.

[0006] Die psychoakustische Maskierungsschwelle eines Audiosignalabschnitts hängt von dem tatsächlichen Eingangs-Audiosignal ab. Ändert sich das Audiosignal über der Zeit, so ändern sich auch die Maskierungseigenschaften über der Zeit. Aus Dateneffizienzgründen wird es bevorzugt, immer so viel Quantisierungsrauschen in das Audiosignal einzuführen, wie möglich ist, d. h. das Quantisierungsrauschen sollte möglichst gut der psychoakustischen Maskierungsschwelle entsprechen. Audiosignalabschnitte mit guten Maskierungseigenschaften können daher mit einem relativ geringen Bitaufwand codiert werden, während andererseits Audiosignalabschnitte mit relativ schlechten Maskierungseigenschaften, wie z. B. tonale Audiosignalabschnitte, sehr fein quantisiert werden müssen, was wiederum bedeutet, daß zur Codierung dieser Audiosignalabschnitte eine große Anzahl von Bits aufgewendet werden muß. Ein Codierer, der versucht, immer genau die Menge an Störung einzuführen, die durch die Maskierungsschwelle gegeben wird, wird daher ein Audiosignal mit konstanter Qualität erzeugen. Aufgrund des zeitlich variierenden Wesens des Eingangssignals führt dies jedoch am Ausgang des Codierers zu einer variablen Bitrate. Obgleich ein Codieren mit konstanter Qualität - und damit mit variabler Bitrate - aus Dateneffizienz-Gründen einerseits und Audioqualitäts-Gründen andererseits attraktiv ist, ist dieses Konzept dahingehend nachteilig, daß es nur für Anwendungen geeignet, die eine variable Übertragungsrate unterstützen, wie z. B. die Speicherung von komprimierten Audiosignalen oder die Übertragung von komprimierten Audiosignalen über Paket-basierte Netze, wie z. B. das Internet.

[0007] Viele Anwendungen fordern jedoch einen Audiocodierer mit einer konstanten Übertragungsrate. Auf-

grund der zeitlich variierenden spektralen und zeitlichen Eigenschaften eines Audiosignals führt dies unweigerlich zu einer variablen Qualität. Insbesondere kann je nach Bitrate der Fall entstehen, in dem Abschnitte des Audiosignals, die relativ geringe Maskierungseigenschaften haben, nicht ausreichend fein quantisiert werden können, d. h. unter-codiert werden und im decodierten Signal unter Umständen hörbare Störungen enthalten, während andererseits leicht zu codierende Segmente, d. h. Audiosignalabschnitt mit guten Maskierungseigenschaften, genauer als nötig codiert werden müssen, d. h. über-codiert werden.

[0008] Um die Nachteile des Über-Codierens und Unter-Codierens zu überwinden, wird üblicherweise eine Bitsparkassenfunktion eingesetzt. Die Bitsparkasse wird gefüllt, wenn leicht zu codierende Audioabschnitte codiert werden, derart, daß Bits, die nicht benötigt werden, um diese leicht zu codierenden Abschnitte zu codieren, nicht einfach durch eine feiner als nötige Quantisierung "verschwendet" werden, sondern daß dennoch eine gröbere Quantisierung verwendet wird und die überzähligen Bits in die Bitsparkasse "gesteckt" werden.

[0009] Kommen dagegen Audioabschnitte vor, die schwer zu codieren sind, d. h. bei denen eine geringere Quantisierungsschrittweite eingesetzt werden muß als eigentlich durch die geforderte konstante mittlere Datenrate möglich ist, so wird zu diesem Zweck die Bitsparkasse "geleert", um trotz der geforderten Datenrate eine feinere Quantisierung als eigentlich möglich einzusetzen, so daß im decodierten Audiosignal auch in diesen Abschnitten keine hörbare Störung enthalten ist. Die Bitsparkassenfunktion fungiert somit als Puffer, um aus einem "inneren" Audiocodierer mit variabler Bitrate nach "außen" einen Audiocodierer mit konstanter Bitrate zu machen.

[0010] Heutzutage entwickelt sich die Musikverteilung beispielsweise über das Internet zu einer zunehmend wichtigeren Technologie. Der meiste Musikinhalt ist komprimiert, um Speicherplatz zu sparen und die Übertragung über Übertragungskanäle mit begrenzter Bandbreite zu beschleunigen. Das Überwachen der Verwendung der in Übertragungsnetzen verteilten Musikstücke oder das Verfolgen von illegalen Kopien derselben wird jedoch zu einem immer größeren Problem. Während einerseits eine breite Verteilung von Audio- stücken wünschenswert ist, müssen dennoch Urheberrechte respektiert werden. In diesem Zusammenhang stellt die "Wasserzeichentechnik" (Watermarking) einen nützlichen Mechanismus dar, um solche illegalen Kopien zu verfolgen, oder um Urheberrechts-Informationen oder allgemein das geistige Eigentum an den Stücken im Audiosignal unterzubringen.

[0011] Das Einbringen von Wasserzeichen in nicht-komprimierte Multimediadaten, wie z. B. Bildern, Video, Audio usw. ist bekannt. Um Wasserzeichen in komprimiertes Material einzubringen, wird jedoch ein schnelles, Qualitäts-bewahrendes Wasserzeichenverfahren

benötigt.

[0012] Die Fachveröffentlichung "Audio Watermarking of MPEG-2-AAC Bit Streams", Christian Neubauer, Jürgen Herre, 108. AES Convention, Paris 2000, Preprint 5101 lehrt zunächst, eine spektrale Darstellung eines Audiosignals zu erzeugen. Zu dieser wird dann ein gespreiztes und spektral transformiertes Wasserzeichensignal addiert. Aus dem Summensignal wird durch Quantisierung und Huffman-Codierung ein neuer Bitstrom erzeugt. Dieses sogenannte Bitstrom-Wasserzeichenverfahren zeichnet sich durch eine niedrige Rechenkomplexität aus, da keine volle Decodierung des mit einem Wasserzeichen zu versehenen Bitstroms erfolgen muß. Weiterhin hat dieses Verfahren den Vorteil der hohen Audioqualität, da das Quantisierungsgeräusch und das Wasserzeichengeräusch aufeinander abgestimmt werden können, wenn die durch das Wasserzeichen in das Audiosignal eingeführte Energie unterhalb der psychoakustischen Maskierungsschwelle liegt. Das Verfahren zeichnet sich ferner durch eine hohe Robustheit aus, da das Wasserzeichen nicht aus dem wieder decodierten Audiosignal beispielsweise durch einen illegalen Verbreiter des Audiosignals entfernt werden kann, ohne die Audioqualität zu beeinträchtigen.

[0013] Nachteilig an dem beschriebenen Verfahren ist jedoch die Tatsache, daß durch die Quantisierung des Wasserzeichenbeaufschlagten Signals das Wasserzeichen unter Umständen wegquantisiert oder geschwächt wird. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Energie des Wasserzeichensignals mitunter im Bereich des Quantisierungsintervalls liegt. Weiterhin besteht nur eingeschränkt eine Kontrolle über die durch das Wasserzeichen eingebrachte Störung, was sich z. B. in einem Audioqualitätsverlust auswirken kann.

[0014] Ein weiteres Wasserzeichenverfahren ist die Einbettung des Wasserzeichens während der Komprimierung des Audiosignals. Dieses Konzept ist in der Fachveröffentlichung "Combined Compression/Watermarking for Audio Signals", Frank Siebenhaar, Christian Neubauer und Jürgen Herre, 110. AES Convention, 12. bis 15. Mai 2001, Amsterdam, Preprint 5344, beschrieben. Zunächst wird ein unkomprimiertes Audiosignal einem psychoakustischen Modell zugeführt, um die Maskierungsschwelle zu bestimmen. Hierauf wird das Audiosignal in den Frequenzbereich transformiert. Das gespreizte, spektral repräsentierte Wasserzeichensignal wird anhand der Maskierungsschwelle im Frequenzbereich gewichtet und zum Spektrum des Eingangsaudiosignals addiert. Anhand der Maskierungsschwelle werden die Parameter für die Quantisierung ermittelt, woraufhin das Wasserzeichen-beaufschlagte Signal quantisiert und codiert wird. Auch dieses Verfahren zeichnet sich durch eine niedrige Rechenkomplexität aus, da durch die Zusammenziehung von Wasserzeicheneinbettung und Codierung bestimmte Operationen, wie z. B. die Berechnung des Maskierungsmodells und die Überführung des Audiosignals in eine spektrale Darstel-

lung, nur einmal durchgeführt werden müssen. Das Verfahren liefert ferner üblicherweise eine gute Audioqualität, da Quantisierungsgeräusch und Wasserzeichen-geräusch aufeinander abgestimmt werden können.

[0015] Nachteilig an diesem Verfahren ist jedoch ebenfalls die Tatsache, daß durch die Quantisierung des Wasserzeichenbeaufschlagten Signals das Wasserzeichen unter Umständen wegquantisiert oder geschwächt wird. Dies ist wieder darauf zurückzuführen, daß die Energie des Wasserzeichensignals mitunter im Bereich des Quantisierungsintervalls liegt. Weiterhin besteht nur eingeschränkt eine Kontrolle über die durch das Wasserzeichen eingebrachte Störung, was sich z. B. in einem Audioqualitätsverlust auswirken kann.

[0016] Wenn die spektrale Darstellung des Audiosignals betrachtet wird, so ist eine Vielzahl von Audiospektralwerten zu sehen. Das gespreizte Wasserzeichensignal ist ebenfalls durch eine Vielzahl von Spektrallinien gekennzeichnet. Damit das Wasserzeichen jedoch nicht zu hörbaren Störungen im wieder decodierten Audiosignal führt, ist die Höhe der Wasserzeichen-Spektrallinien wesentlich geringer als die Höhe der Audiosignal-Spektrallinien. Nach einer Addition des Wasserzeichen-Spektrums zum Audio-Spektrum ist das kombinierte Spektrum nur leicht gegenüber dem ursprünglichen Spektrum verändert. Die dann folgende Quantisierung des kombinierten Spektrums wird das Wasserzeichen immer dann ersatzlos entfernen, wenn die Quantisierungs-Schrittweite größer ist als die Höhe der Wasserzeichen-Spektrallinien, die mit dieser Quantisierungsschrittweite quantisiert werden. Werden zu viele Wasserzeichen-Spektrallinien durch das darauffolgende Quantisieren "wegquantisiert", so kann der Wasserzeichendetektor kein eindeutiges Wasserzeichen mehr extrahieren.

[0017] Die WO 97/33391 offenbart ein Kodierverfahren zum Einbringen eines nicht-hörbaren Datensignals in ein Audiosignal. Hierbei wird das Audiosignal zunächst in den Frequenzbereich transformiert, um aus demselben eine Maskierungsschwelle zu ermitteln. Ein in das Audiosignal einzubringendes Datensignal wird einer Quellenkodierung unterzogen und dann mit einer Pseudo-Noise-Sequenz multipliziert, um ein Frequenzgespreiztes Datensignal zu erhalten. Dieses Frequenzgespreizte Datensignal wird dann mit der aus dem Audiosignal ermittelten psychoakustischen Maskierungsschwelle gewichtet, um ein Frequenzgespreiztes Datensignal zu erhalten, dessen Energie unterhalb der psychoakustischen Maskierungsschwelle liegt. Dieses Signal wird dann in den Zeitbereich transformiert und zu dem ursprünglichen Audiosignal hinzu addiert, um die durch das Datensignal dargestellten Daten in das Audiosignal einzubringen.

[0018] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Konzept zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal zu schaffen, das einerseits eine gute Audioqualität liefert, und das andererseits auch eine gute Wasserzeichen-Detektierbarkeit

sicherstellt.

[0019] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal gemäß Anspruch 1 oder durch eine Vorrichtung zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal gemäß Anspruch 16 gelöst.

[0020] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß eine bessere Wasserzeichendetektierbarkeit erreicht wird, wenn bei der Wasserzeicheneinbettung die Tatsache berücksichtigt wird, daß das Audiosignal samt Wasserzeichen einer Quantisierung unterzogen wird. Ein Wasserzeichen wird nur dann detektierbar sein, wenn eine Spektrallinie, die Wasserzeichen und Audiosignal darstellt, durch das Wasserzeichen in eine andere Quantisierungsstufe fällt als wenn kein Wasserzeichen eingebettet wird. Nur in diesem Fall wird ein Wasserzeichendetektor, der lediglich quantisierte Informationen erhält, ein Wasserzeichen detektieren können. In anderen Worten ausgedrückt bedeutet dies, daß dann, wenn eine Spektrallinie, die Wasserzeichen und Audiosignal darstellt, in dieselbe Quantisierungsstufe fällt wie die entsprechende Spektrallinie, die nur das Audiosignal darstellt, die Wasserzeicheneinbettung vergeblich war, da im quantisierten Signal kein Energieanteil, der von dem Wasserzeichen herrührt, zu sehen sein wird. Das Wasserzeichen ist wegquantisiert worden.

[0021] Erfindungsgemäß wird daher die spektrale Darstellung des Wasserzeichensignals derart verarbeitet, daß sichergestellt wird, daß das durch den Schritt des Verarbeitens verarbeitete Wasserzeichensignal so gestaltet ist, daß es auch nach einer Quantisierung noch vorhanden sein wird. Um dies zu erreichen wird ein vorbestimmter Wasserzeichen-Startwert gewählt, welcher von der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängt. Natürlich darf das Wasserzeichen zu keiner oder nur zu einer sehr geringen Störung des Audiosignals führen. Aus diesem Grund wird eine durch den vorbestimmten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals eingeführte Störung ermittelt, bei der jedoch die Verhältnisse nach einer Quantisierung der spektralen Darstellung des Audiosignals zugrunde gelegt werden. Damit ist es einerseits möglich, zu sehen, ob nach der Quantisierung etwas vom Wasserzeichen verbleibt. Andererseits kann sichergestellt werden, daß die Störung des Wasserzeichens nach der Quantisierung so ist, wie sie sein soll. Falls die durch den Wasserzeichen-Startwert eingeführte Störung größer als eine vorbestimmte Störungsschwelle ist, wird der Wasserzeichen-Startwert so lange verändert, bis die durch einen veränderten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung nach der Quantisierung eingeführte Störung kleiner oder gleich der vorbestimmten Störungsschwelle ist. Der dadurch erhaltene veränderte Wasserzeichen-Startwert wird dann mit dem Audiosignal kombiniert, um das Wasserzeichen-behaftete Audiosignal zu erhalten, in das das Wasserzeichen eingebettet ist.

[0022] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß nun nicht mehr Verhältnisse berücksichtigt werden, die letztendlich nicht den Ausgangsverhältnissen entsprechen, nämlich die Audiosignal/Wasserzeichen-Verhältnisse vor der Quantisierung, sondern daß das Wasserzeichen z. B. iterativ so lange verändert wird, bis eine gewünschte Wasserzeichen-"Störenergie" gefunden ist. Erfindungsgemäß werden nunmehr die Verhältnisse nach dem Quantisierer berücksichtigt, d. h. die Verhältnisse, die für den Audiosignal-Decodierer und für den Wasserzeichen-Extraktor maßgeblich sind.

[0023] Obgleich im Stand der Technik üblicherweise die Wasserzeichenenergie derart eingestellt worden ist, daß die Wasserzeichenenergie kleiner oder gleich der psychoakustischen Maskierungsschwelle ist, blieb dennoch die Unwägbarkeit zurück, was mit dem Wasserzeichensignal während der Quantisierung geschieht. Wie es ausgeführt worden ist, konnte zum einen der Fall auftreten, daß das Wasserzeichen wegquantisiert wird, was dazu führt, daß im decodierten Signal kein Wasserzeichen oder nur ein sehr schwaches Wasserzeichen extrahiert werden konnte. Andererseits konnte auch der Fall auftreten, daß durch das Wasserzeichen, obwohl es so gewichtet worden ist, daß es unterhalb der Maskierungsschwelle liegt, dennoch Störungen eingeführt worden sind, die im decodierten Signal hörbar waren.

[0024] Erfindungsgemäß wird nunmehr aufgrund der Verarbeitung des Wasserzeichens auf der Basis der Verhältnisse nach der Quantisierung eine genaue Kontrolle erreicht. Diese Kontrolle hat den Vorteil, daß nicht nur einerseits sichergestellt werden kann, daß das Wasserzeichen zu keiner oder nur minimal hörbaren Störung führt, sondern daß gleichzeitig auch eine ausreichende Wasserzeichen-Detektierbarkeit sichergestellt wird. Andererseits liefert das erfindungsgemäße Verfahren den Vorteil, daß für Fälle, bei denen es besonders auf eine gute Detektierbarkeit ankommt, auch bewußt zugunsten einer höheren Wasserzeichen-Detektierbarkeit gewisse - tolerierbare - Störungen in das Audiosignal eingeführt werden, während in anderen Fällen, bei denen die Wasserzeichen-Detektierbarkeit nicht unter allen Umständen zu jedem Zeitpunkt sichergestellt werden muß, Kompromisse hinsichtlich der Wasserzeichen-Detektierbarkeit eingegangen werden können, um höchste Audioqualitäts-Ansprüche zu erfüllen.

[0025] Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird das Wasserzeichensignal vor der Quantisierung dem Audiosignal hinzugefügt, um ein kombiniertes Signal zu erhalten. Das kombinierte Signal wird dann quantisiert und wieder invers quantisiert und mit dem ursprünglichen Audiosignal verglichen. Aus dem Vergleich wird bestimmt, ob die durch das Wasserzeichen eingeführte Störung tolerabel ist. Wird festgestellt, daß die Störung nicht tolerabel ist, so wird das Spektrum des Wasserzeichensignals iterativ unter Verwendung bestimmter Strategien gewichtet, um dann wieder eine Quantisierung und inverse Quantisierung

durchzuführen, bis festgestellt wird, daß die Störung nun tolerabel ist. Das durch diese Verarbeitung erhaltene Wasserzeichen-Spektrum wird dann dem ursprünglichen Audiospektrum hinzuaddiert. Das addierte bzw. kombinierte Signal wird dann quantisiert, Entropie-codiert und mit Seiteninformationen versehen, um einen Audiobitstrom zu erhalten, in dem das Wasserzeichen vorhanden ist.

[0026] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird das ursprüngliche Audiosignal quantisiert. Dem Audiosignal wird ein quantisiertes Wasserzeichen hinzuaddiert, um das kombinierte Signal zu erhalten. Das kombinierte Signal wird dann nicht mehr, wie beim ersten Ausführungsbeispiel, noch einmal quantisiert, sondern unmittelbar Entropie-codiert. Das dem quantisierten Audiosignal hinzugefügte "quantisierte" Wasserzeichensignal wird hierbei derart eingestellt, daß einerseits die Forderung nach tolerabler Störung erfüllt ist und andererseits eine erwünschte Wasserzeichen-Detektierbarkeit erreicht wird.

[0027] Unabhängig davon, ob das kombinierte Signal noch quantisiert wird, oder ob das kombinierte Signal bereits in quantisierter Form vorliegt, wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine genaue Steuerung der durch das Wasserzeichen eingeführten Störung in das auf dem Signal erreicht.

[0028] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einbringen eines Wasserzeichens in ein Audiosignal gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel; und

Fig. 4a bis 4d eine schematische Erläuterung des Linienselektions-Algorithmus beim zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0029] Die in Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt einen Audioeingang 10 und einen Wasserzeicheneingang 12. Sowohl das Audiosignal an dem Audioeingang 10 als auch das Wasserzeichensignal an dem Wasserzeicheneingang 12 werden mittels einer Einrichtung 14 bzw. 16 in eine spektrale Darstellung

überführt. Die spektrale Darstellung des Audiosignals umfaßt Audiospektralwerte, während die spektrale Darstellung des Wasserzeichensignals Wasserzeichenspektralwerte aufweist. In einer Einrichtung 18 zum Kombinieren werden die Audiospektralwerte mit veränderten Wasserzeichen-Spektralwerten kombiniert, um an einem Ausgang 20 das kombinierte Audiosignal zu erhalten, in das das Wasserzeichen eingebettet ist. Erfindungsgemäß ist hierzu eine Einrichtung 22 zum Verarbeiten der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängig von einer über einen Eingang 24 gelieferten psychoakustischen Maskierungsschwelle vorgesehen. Die spektrale Darstellung des Wasserzeichensignals wird abhängig von der über den Eingang 24 erhaltenen psychoakustischen Maskierungsschwelle verarbeitet, um ein verarbeitetes Wasserzeichensignal zu erhalten, so daß eine durch das verarbeitete Wasserzeichensignal in das Audiosignal eingeführte Störung unter einer vorbestimmten Störungsschwelle ist, die von der psychoakustischen Maskierungsschwelle abhängt.

[0030] Hierzu umfaßt die Einrichtung 22 zum Verarbeiten der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals eine Einrichtung 26 zum Wählen eines vorbestimmten Wasserzeichen-Startwerts, der von der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängt. In einer Einrichtung 28 wird eine durch den vorbestimmten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals nach einer Quantisierung der spektralen Darstellung des Audiosignals eingeführte Störung ermittelt. Hierzu werden von einer Einrichtung 30 zum Liefern von Quantisierungsinformationen Quantisierungsinformationen zugeführt. Die Einrichtung 30 liefert Quantisierungsinformationen, die von dem ursprünglichen Audiosignal, also dem Audiosignal ohne Wasserzeichen, abhängen.

[0031] In einer Einrichtung 32 wird untersucht, ob die ermittelte Störung größer als die vorbestimmte Störungsschwelle ist. Ist dies nicht der Fall, d. h. ist die Störung akzeptabel, so wird der Wasserzeichen-Startwert unmittelbar der Einrichtung 18 zum Kombinieren zugeführt. Ist dies dagegen der Fall, d. h. ist die eingeführte Störung zu groß, bzw. anders als gewünscht, so wird eine Einrichtung 34 zum Verändern des Wasserzeichen-Startwerts aktiviert, bis die durch einen veränderten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals nach der Quantisierung eingeführte Störung kleiner oder gleich der vorbestimmten Störungsschwelle ist. Zu diesem Zweck muß die in der Einrichtung 22 zum Verarbeiten skizzierte Schleife möglicherweise mehrmals iterativ durchlaufen werden, um irgendwann am Ausgang der Einrichtung 32 einen veränderten Wasserzeichen-Startwert zu erhalten, der als verarbeitetes Wasserzeichensignal verwendet wird und der Einrichtung 18 zum Kombinieren zugeführt wird, um das Audiosignal am Ausgang 20 zu erhalten, in das das Wasserzeichen eingebettet ist.

[0032] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel

der vorliegenden Erfindung, das in Fig. 2 gezeigt ist, wird das Kombinieren mittels einer Addition 18 vor dem Quantisieren durchgeführt. Die Einrichtung 28 zum Ermitteln der durch den Block Wasserzeichen-Gewichtung 26 festgelegten Startwert in das Audiosignal eingeführten Störung wird dadurch ermittelt, daß zunächst in einer Quantisierer/Inversquantisierer-Einrichtung 28a das kombinierte Signal quantisiert und invers quantisiert wird. In einer Einrichtung 28b wird dann beispielsweise durch Differenzbilden und Quadrieren der Differenzwerte die durch das Wasserzeichen eingeführte Störung berechnet und dann in der Einrichtung 32 mit der psychoakustischen Maskierungsschwelle 24 verglichen. Ist die Störung zu groß, wird die Einrichtung 34, die in Fig. 2 mit "Gewichtungskontrolle" bezeichnet ist, angesteuert, um dem Block 26 veränderte Gewichtungsfaktoren zuzuführen, um dann das veränderte gewichtete Wasserzeichen-Spektrum in der Einrichtung 18 mit dem ursprünglichen Audiosignal in spektraler Darstellung zu kombinieren und die Iterationsschleife von neuem zu durchlaufen.

[0033] Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wird es bevorzugt, als Wasserzeichen-Startwert das mit einem für alle Spektrallinien gleich gewichteten Wasserzeichen-Spektrum zu nehmen. Der Gewichtungsfaktor für jede Spektrallinie ist daher für alle Spektrallinien gleich einer Konstanten, die so gewählt ist, daß die Wasserzeichenenergie über der Maskierungsschwelle liegt. Dann wird die Wasserzeichenenergie schrittweise reduziert, um dann die Energie des Wasserzeichens unter die Maskierungsschwelle zu "iterieren".

[0034] Wenn also zunächst von der Einrichtung 32 festgestellt wird, daß die Störung zu groß wird, ist die Einrichtung 34 zur Kontrolle der Gewichtungsfaktoren ausgebildet, um alle Gewichtungsfaktoren zu verkleinern, z. B. zu halbieren. Wenn dann die Störung immer noch zu groß ist, könnten in einem nächsten Iterationsschritt alle aktuellen Gewichtungsfaktoren erneut halbiert werden usw. Dies kann fortgeführt werden, bis die Einrichtung 32 feststellt, daß die Störung nun in Ordnung ist.

[0035] Nachdem die Kombination von Audiosignal und verarbeitetem Wasserzeichensignal im Spektralbereich, also nicht im Quantisierungsbereich, sondern vor der Quantisierung stattfindet, muß noch eine Quantisierung durchgeführt werden. Hierzu empfiehlt es sich, den Quantisierer-Abschnitt der Einrichtung 28a zu verwenden, um die Ausgangswerte des Quantisiererabschnitts als Audiosignal samt eingebettetem Wasserzeichen auszugeben.

[0036] Mittels einer Analyse-Synthese-Iteration, wie sie in Fig. 2 gezeigt ist, wird somit die durch das Wasserzeichen nach der Quantisierung entstandene Störung bestimmt. Somit läßt sich einerseits sicherstellen, daß auch nach der Quantisierung Wasserzeichenenergie im Signal verbleibt. Andererseits kann die tatsächlich eingebrachte Störung ermittelt werden, was zur Er-

zielung einer hohen Audioqualität von Vorteil ist. Das spektral dargestellte Wasserzeichensignal wird somit, wie es anhand von Fig. 2 ausgeführt worden ist, mittels einer Gewichtungsfilterbank, die in dem Block 26 enthalten sein kann, spektral mit den von dem Block 34 zur Verfügung gestellten aktuellen Gewichtungsfaktoren gewichtet. Das entstehende Signal wird zu dem ursprünglichen Audiosignal addiert. Wie es ausgeführt worden ist, wird das kombinierte Signal am Ausgang der Einrichtung 18 quantisiert und invers quantisiert und ergibt das am Ausgang der Einrichtung 28a vorliegende Signal, das in die Einrichtung 28b genauso wie das ursprüngliche Audiosignal eingespeist wird. Die Einrichtung 28b vergleicht nunmehr das Originalsignal mit dem quantisierten und wieder invers quantisierten Signal und bestimmt daraus das Quantisierungs-Fehlersignal, das der Einrichtung 32 zugeführt wird. Anhand der Einrichtung 32 wird wiederum die Gewichtungskontrolle im Block 34 angesteuert, um neue bessere Gewichtungsfaktoren zu bestimmen. Hierzu steht die von dem Maskierungsmodellen ermittelte Maskierungsschwelle zur Verfügung, die angibt, wieviel Störung in das Signal an einer bestimmten Stelle im Signalspektrum "erlaubt" ist. Wenn der Block Gewichtungskontrolle 34 optimale Gewichtungsfaktoren hinsichtlich auf die gewünschte Audiosignalstörung und gewünschte Wasserzeichendetektierbarkeit, d. h. Wasserzeichenenergie, ermittelt hat, bricht das Verfahren ab. Die zuletzt von dem Block 28a ermittelten quantisierten Spektralwerte des Kombinationssignals werden dann als Resultat zum Bitstrommultiplexer weitergegeben, um dort mit den Seiteninformationen zusammen zu einem Audio-Bitstrom geformt zu werden.

[0037] Im nachfolgenden wird auf Fig. 3 eingegangen, um eine Vorrichtung zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darzustellen. Im Gegensatz zu dem in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel, bei dem ein nichtquantisiertes Audiosignal mit einem nicht-quantisierten Wasserzeichensignal kombiniert wird, findet diese Kombination 18 in Fig. 3 im "Quantisierungsbereich" statt, d. h. es wird ein quantisiertes Audiosignal mit einem quantisierten Wasserzeichen kombiniert. Dies kann dadurch erreicht werden, daß entweder mittels eines Quantisierers 42 durch Quantisieren des ursprünglichen Audiosignals die Quantisiererstufen berechnet werden, oder daß die Quantisierungsstufen aus einem codierten Audiosignal extrahiert werden. Ansprechend auf die durch die Einrichtung 42 bereitgestellten Quantisierungsstufen wird eine Einrichtung 40a zum Berechnen des quantisierten Audiosignals minus einer vorbestimmten Anzahl von n Quantisierungsstufen und eine Einrichtung 40b zum Berechnen des quantisierten Audiosignals plus eine vorbestimmte Anzahl von n Quantisierungsstufen betrieben.

[0038] Im Gegensatz zu dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel, bei dem für jedes kombinierte Audio-

signal eine Quantisierungsberechnung und eine inverse Quantisierungsberechnung durch die Einrichtung 28a durchzuführen war, und zwar innerhalb der Iterationsschleife, findet dies bei dem in Fig. 3 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel a-priori statt, d. h. durch eine Vorberechnung außerhalb einer Iterationsschleife. Hierzu wird zunächst als vorbestimmter Wasserzeichen-Startwert mittels einer Einrichtung 36 ein sogenanntes "maximales" Wasserzeichen berechnet. Zur Berechnung des vorbestimmten maximalen Wasserzeichens werden zunächst nur die Vorzeichen des Wasserzeichenspektrums verwendet. Hat das Wasserzeichenspektrum ein positives Vorzeichen, so wird der entsprechende Spektralwert des ursprünglichen quantisierten Audiosignals um n Quantisierungsstufen vergrößert, wobei n eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist. Ist das Vorzeichen eines Wasserzeichenspektralwerts dagegen negativ, so wird der entsprechende quantisierte Spektralwert, d. h. der Spektralwert des Audiosignals bei derselben Frequenz wie der Spektralwert des Wasserzeichensignals, dessen Vorzeichen gerade betrachtet wird, um n Quantisierungsstufen verkleinert. Hieraus ergibt sich ein maximales Wasserzeichen, wobei der Ausdruck "maximal" dahingehend zu verstehen ist, daß das maximale Wasserzeichensignal auf jede Spektrallinie des ursprünglichen Audiosignals nach der Quantisierung eine Auswirkung hat. Dieser Fall ist zwar hinsichtlich einer sehr guten Wasserzeichendetektierbarkeit wünschenswert, dürfte jedoch erfahrungsgemäß zu viel Störung in das Audiosignal einführen. Um die Störung auf ein vertretbares Maß zurückzunehmen, wobei ein vertretbares Maß beispielsweise die psychoakustische Maskierungsschwelle sein kann, wird eine Einrichtung 38, die einen Linienselektionsalgorithmus implementiert, vorgesehen. Die Einrichtung 38 ermittelt die durch das von der Einrichtung 36 zur Verfügung gestellte maximale Wasserzeichen eingeführte Störung in das Audiosignal. Falls die Störung größer als die vorbestimmte Störungsschwelle ist, wird durch die Einrichtung 38 das "maximale" Wasserzeichen durch Selektion von einzelnen Linien so lange verändert, bis die durch das Wasserzeichen eingeführte Störung kleiner oder gleich der vorbestimmten Störungsschwelle ist. Ist diese Bedingung erfüllt, wird das - bereits in quantisierter Form - vorliegende Wasserzeichen ebenso wie das quantisierte ursprüngliche Audiosignal dem Addierer 18 zugeführt, um ausgangsseitig das quantisierte Wasserzeichen-behaftete Audiosignal zu erhalten.

[0039] Im nachfolgenden wird anhand der Fig. 4a bis 4d auf die Funktion und Arbeitsweise der Einrichtung 36 und 38 eingegangen. Fig. 4a zeigt beispielshalber ein quantisiertes Audiosignal, das aufgrund der Übersichtlichkeit der Darstellung lediglich drei Spektralwerte 50a-50c darstellt. Typischerweise hat ein Audiospektrum je nach gewählter Fensterlänge und Transformation z. B. 1024 Spektralwerte. Die Anzahl der von Null verschiedenen quantisierten Spektralwerte ist abhängig davon, wie viele Audiospektralwerte auf 0 quantisiert worden

sind. Selbstverständlich haben die quantisierten Audiospektralwerte im realen Fall unterschiedliche Höhen. Fig. 4b zeigt nun ein mit plus bzw. minus n Quantisierungsstufen (abhängig vom Vorzeichen der Wasserzeichen-Spektralwerte) beaufschlagtes Audiospektrum. Die dem Audiospektralwert 50a von Fig. 4a entsprechende Spektralkomponente des Wasserzeichens hat für das in Fig. 4b gezeigte Beispiel ein negatives Vorzeichen. Die Spektralkomponente des Wasserzeichens, die dem Audiospektralwert 50b von Fig. 4a entspricht, hat bei dem in Fig. 4b gezeigten Beispiel ein positives Vorzeichen, während die dritte Spektralkomponente des Wasserzeichens wiederum ein negatives Vorzeichen hatte. Der Betrag der Wasserzeichen-Spektralkomponenten spielt zunächst keine Rolle, da davon ausgegangen wird, daß eine Wasserzeichendetektion bereits dann möglich ist, wenn die quantisierten Audiospektralwerte 50a-50c durch das Wasserzeichen verändert werden. Das maximale Wasserzeichen, das durch die Einrichtung 36 von Fig. 3 bestimmt wird, ist für den in Fig. 4b gezeigten Fall in Fig. 4c dargestellt. Es hat ein Spektrum, das sich dadurch auszeichnet, daß jeder quantisierte ursprüngliche Audiospektralwert um eine Quantisierungsstufe verändert wird, und zwar entweder vergrößert, wenn das Wasserzeichen ein positives Vorzeichen hat, oder verkleinert, wenn das Wasserzeichen ein negatives Vorzeichen hatte.

[0040] Bei dem in Fig. 4b gezeigten Beispiel könnte der Betrag einer Wasserzeichen-Spektrallinie dahingehend berücksichtigt werden, daß nicht nur um eine Quantisierungsstufe inkrementiert bzw. dekrementiert wird, sondern daß um mehrere Quantisierungsstufen inkrementiert bzw. dekrementiert wird, wenn der Betrag der Wasserzeichen-Spektrallinie entsprechend groß ist.

[0041] Anhand von Fig. 4d wird nunmehr die Funktion der Einrichtung 38 von Fig. 3 beschrieben. Stellt die Einrichtung 38 fest, daß für die linke quantisierte Audiospektralkomponente die Situation so ist, daß die durch das Wasserzeichen eingeführte Störung zu groß ist, wenn die linke quantisierte Audiospektralkomponente 50a um eine Quantisierungsstufe verringert wird, wie es durch die Spektralkomponente 50a' dargestellt ist, so wird diese Spektralkomponente von der Einrichtung 38 nicht selektiert, was sich in den veränderten Wasserzeichen-Spektralwerten nach der Linienselektion so bemerkbar macht, daß das veränderte Wasserzeichen an dieser Stelle eine Spektrallinie von 0 hat. Bei der mittleren und der rechten Spektralkomponente des quantisierten Audiosignals wurde dagegen festgestellt, daß die durch die Spektrallinien 50b' und 50c' eingeführten Störungen in Ordnung waren, so daß an diesen Stellen so viel Wasserzeichenenergie zu den quantisierten Audiospektralwerten hinzugefügt werden kann, daß diese um eine Quantisierungsstufe erhöht (50b') bzw. um eine Quantisierungsstufe verringert (50c') werden können.

[0042] Aus dieser Betrachtung wird deutlich, daß durch Vorberechnung der Quantisierungsstufen durch die Einrichtungen 40a und 40b der Schritt der Quanti-

sierung und inversen Quantisierung, d. h. die Einrichtung 28a von Fig. 2, entfallen kann, da die Größe der Störung durch Veränderung des Quantisierungs-Index a-priori vorberechnet werden kann. Ferner ist aus Fig. 3 zu sehen, daß auch die Einrichtung 26, d. h. die Gewichtung der Wasserzeichen-Spektrallinien, entfallen ist.

[0043] Die quantisierten Audio-Spektralwerte werden nunmehr anhand des Wasserzeichensignals, d. h. anhand des Vorzeichens des Wasserzeichensignals um z. B. plus oder minus eine Quantisierungsstufe verändert. Dieses Prozedere bringt Vorteile dahingehend, daß Rechenzeit eingespart werden kann, da die Quantisierung und inverse Quantisierung (Einrichtung 28a von Fig. 2) und die Gewichtung des Wasserzeichens (Einrichtung 26 von Fig. 2) ersatzlos entfallen können.

[0044] Anhand der bereits vorberechneten Audiospektren, d. h. des Originalspektrums und des Originalspektrums minus n Quantisierungsstufen oder des Originalspektrums plus n Quantisierungsstufen wird linienweise das maximale Wasserzeichen (Fig. 4c) bestimmt. Dies ergibt sich als Differenz zwischen dem Originalspektrum (Fig. 4a) und dem um eine Anzahl von n Quantisierungsstufen veränderten Audiospektrum (Fig. 4b), wobei die Differenz das gleiche Vorzeichen wie das ungewichtete Wasserzeichen hat.

[0045] Der Linienselektions-Algorithmus, der in der Einrichtung 38 ausgeführt wird, berücksichtigt den Betrag der ungewichteten Wasserzeichenspektrallinien, die Maskierungsschwelle 24 und gegebenenfalls eine Bitsparkassenfunktion 44 des Audiocodierers.

[0046] Um sowohl eine gute Audioqualität als auch eine gute Wasserzeichendetektierbarkeit sicherzustellen, wird es bevorzugt, die Linien des maximalen Wasserzeichens so zu selektieren, daß das Wasserzeichen-Spreizbandsignal breitbandig eingebettet wird, d. h. daß möglichst viele Linien des quantisierten Audiosignals verändert werden. Weiterhin soll die Maskierungsschwelle oder, falls eine von der Maskierungsschwelle abweichende Schwelle verwendet wird, diese vorbestimmte Störungsschwelle nicht verletzt werden. Schließlich soll die Struktur des Wasserzeichens innerhalb eines Frequenzbandes möglichst wenig verändert werden.

[0047] Alle anderen Linien des maximalen Wasserzeichens werden nicht berücksichtigt. Dies bedeutet, daß nach der Addition des Wasserzeichens die quantisierten Audiospektralwerte der selektierten Linien um plus bzw. minus n Quantisierungsstufen verändert werden, während die quantisierten Audiospektralwerte der nicht selektierten Wasserzeichen-Linien unverändert übernommen werden.

[0048] Das quantisierte Wasserzeichen-behaftete Audiosignal am Ausgang 20 der in Fig. 3 gezeigten Vorrichtung muß nunmehr noch Entropie-codiert werden.

[0049] Abhängig von dem verwendeten Audiocodierverfahren, in das das erfindungsgemäße Konzept integriert ist, existiert eine Bitsparkassenfunktion, die spä-

teren Signalblöcken zusätzliche Bits zur Verfügung stellen kann, wie es ausgeführt worden ist. Die Linienselektionsstrategie ist vorzugsweise an den Füllstand der Bitsparkasse angepaßt, um so beispielsweise bei gefüllter Bitsparkasse zu erlauben, daß auch quantisierte Audiospektralwerte des ursprünglichen Audiosignals, die den Wert 0 haben, mit einem Wasserzeichen beaufschlagt werden, was normalerweise aufgrund des Bitbedarfs nicht zulässig wäre. Damit kann die Wasserzeichendetektion spürbar verbessert werden.

[0050] Bei der Anwendung der kombinierten Einbettung/Codierung stehen neben den bereits quantisierten Audiospektralwerten zusätzlich die Originalwerte nach der Transformation in den Frequenzbereich zur Verfügung. Die Quantisierung der originalen Audiospektralwerte kann ebenfalls als eine Art Wasserzeicheneinbettung angesehen werden, da sowohl bei der Quantisierung als auch bei der Addition eines Wasserzeichensignals eine gewisse Störung des Audiospektrums resultiert. Die durch die Quantisierung eingebrachte Störung ist dabei aufgrund ihrer zufälligen Natur nicht als Wasserzeichen anzusehen. Wenn jedoch die eingebrachte Störung aufgrund der Quantisierung vorzeichenrichtig mit dem Wasserzeichen ist, unterstützt das Quantisierungsrauschen die Detektierbarkeit des Wasserzeichens. Hieraus ergeben sich folgende Fälle.

[0051] Durch die Quantisierung einer Audiospektrallinie wird das Wasserzeichen vorzeichenrichtig eingebracht. Hier ist die Einrichtung 38 von Fig. 3 vorzugsweise so angeordnet, daß sie aufgrund der Tatsache, daß bereits durch die Quantisierung phasenrichtig zum Wasserzeichen-Spektralwert für eine bestimmte Frequenz eine Störung eingebracht worden ist, angeordnet, um auf das Einbringen einer weiteren Wasserzeichen-Störung zu verzichten. Alternativ könnte noch eine Quantisierungsstufe hinzugefügt werden, um die Detektierbarkeit noch weiter zu verbessern.

[0052] Wenn dagegen durch die Quantisierung einer Audiospektrallinie eine Störung eingebracht wird, die das entgegengesetzte Vorzeichen hat wie das Wasserzeichensignal, was dazu führt, daß das Wasserzeichen durch die gegenläufige Quantisierung gewissermaßen verschlechtert wird, ist aufgrund der Linienselektionsstrategien, die weiter oben ausgeführt worden sind, abzuwägen, ob für diese Linie die Robustheit des Wasserzeichens gewährleistet werden muß und somit der quantisierte Audiospektralwert verändert werden muß, um das Quantisierungsrauschen gewissermaßen wieder "rückgängig" zu machen, oder ob in Hinblick auf eine bessere Audioqualität das eingebettete Wasserzeichen an dieser Stelle, d. h. das Quantisierungsrauschen an dieser Stelle, ein "falsches" Vorzeichen besitzen soll.

[0053] Wie es bereits ausgeführt worden ist, findet bei modernen Codierv Verfahren die Berechnung der psychoakustischen Maskierungsschwelle nicht linienweise statt, sondern skalenfaktorbandweise. Dies bedeutet, daß nicht Energien einzelner Spektrallinien betrachtet werden, sondern die Gesamtenergien z. B. 20 Spektral-

linien in einem Skalenfaktorband. Es kann jedoch in einem Skalenfaktorband, in dem viele Wasserzeichen-Spektrallinien tolerierbar sind, ohne weiteres auf ein paar Linien im Sinne einer guten Audioqualität verzichtet werden, ohne daß die Wasserzeichen-Detektierbarkeit signifikant leidet. Diese Funktionalität kann auch bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch erreicht werden, daß die Gewichtungskontrolle 34 von Fig. 2 derart ausgestaltet ist, daß nicht über der Frequenz gleiche Gewichtungsfaktoren eingesetzt werden, sondern daß unterschiedliche Gewichtungsfaktoren für verschiedene Spektralwerte eingesetzt werden, und daß insbesondere auf Gewichtungsfaktoren von 0 für einzelne Spektrallinien vorkommen. Als vorbestimmter Wasserzeichen-Startwert kann es bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel auch von Vorteil sein, vor dem Beginn der Iteration die Wasserzeichen-Gewichtung so zu gestalten, daß sie von der psychoakustischen Maskierungsschwelle abgeleitet ist.

[0054] Zusammenfassend stellt sich das erfindungsgemäße Konzept derart dar, daß zunächst ein spektral dargestelltes Wasserzeichensignal erzeugt wird. Dies wird mittels Gewichtungsfaktoren gewichtet. Das gewichtete Signal wird zum Original-Audiosignal, das in spektraler Darstellung vorliegt, hinzuaddiert. Alternativ wird auf der Basis des Wasserzeichen-Signals eine Veränderung der Linien des Original-Audiosignals, das in spektraler Darstellung vorliegt, durchgeführt. Hierauf wird die nach der Quantisierung eingebrachte Störung bestimmt, wobei die Störung durch Quantisieren, invers Quantisieren und Differenzbildung zum Original ermittelt wird, oder wobei die Störung vorberechnet ist.

[0055] Anschließend werden neue Gewichtungsfaktoren bestimmt, wobei die Maskierungsschwelle verwendet wird, wobei eine Linienselektionsstrategie angewendet wird, oder wobei eine Linienselektionsstrategie insbesondere derart angewendet wird, daß Vorzeichen und Betrag der Spektrallinien des ungewichteten Wasserzeichens verwendet werden, und daß die Summe von Wasserzeichenlinie und Originalspektrallinie so bestimmt wird, daß diese neue Spektrallinie in ein anderes Quantisierungsintervall fällt als die ursprüngliche Spektrallinie.

[0056] Das erfindungsgemäße Konzept ist dahingehend vorteilhaft, daß es sowohl für Bitstrom-Wasserzeichen-Verfahren als auch Verfahren einsetzbar ist, die Audiocodierung und Wasserzeicheneinbettung in einem Schritt vornehmen.

[0057] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Konzepts besteht darin, daß eine volle Kontrolle über die eingebrachte Störung erzielbar ist. Dadurch ist es möglich, das Verfahren gezielt zugunsten optimaler Wasserzeichendetektion oder optimaler Audioqualität einzustellen.

[0058] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Konzepts ist eine volle Kontrolle über die frequenzmäßige Verteilung des Wasserzeichen-Spreizbandsignals in das Audiosignal.

Patentansprüche**1.** Verfahren zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal, mit folgenden Schritten:

Bereitstellen (14) einer spektralen Darstellung des Audiosignals, wobei die spektrale Darstellung des Audiosignals eine Mehrzahl von Audio-Spektralwerten aufweist;

Bereitstellen (16) einer spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals, wobei die spektrale Darstellung des Wasserzeichensignals eine Mehrzahl von Wasserzeichen-Spektralwerten aufweist;

Verarbeiten (22) der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängig von einer psychoakustischen Maskierungsschwelle (24) des Audiosignals, um ein verarbeitetes Wasserzeichensignal zu erhalten, so daß eine durch das verarbeitete Wasserzeichensignal in das Audiosignal eingefügte Störung unter einer vorbestimmten Störungsschwelle ist, die von der psychoakustischen Maskierungsschwelle abhängt; und

Kombinieren (18) des verarbeiteten Wasserzeichensignals und des Audiosignals, um ein Wasserzeichen-behaftetes Audiosignal zu erhalten, in das das Wasserzeichen eingebettet ist,

wobei der Schritt des Verarbeitens (22) folgende Teilschritte aufweist:

Wählen (26) eines vorbestimmten Wasserzeichen-Startwerts, der von der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängt;

Ermitteln (28) einer durch den vorbestimmten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals nach einer Quantisierung der spektralen Darstellung des Audiosignals eingeführten Störung; und

falls die durch den Wasserzeichen-Spektralwert eingeführte Störung größer als die vorbestimmte Störungsschwelle ist (32), Verändern (34) des Wasserzeichen-Startwerts, bis die durch einen veränderten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals nach der Quantisierung des Audiosignals eingeführte Störung kleiner oder gleich der vorbestimmten Störungsschwelle ist, und Verwenden des veränderten Wasserzeichen-Startwerts als das verarbeitete Wasserzeichensignal.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

bei dem im Teilschritt des Wählens 26 Wasserzeichen-Spektralwerte mit Start-Gewichtungsfaktoren gewichtet sind;

bei dem im Schritt des Ermittlens (28) die mit den Start-Gewichtungsfaktoren gewichteten Wasserzeichen-Spektralwerte zu den Audiospektralwerten addiert werden, um Additions-Spektralwerte zu erhalten,

bei dem die Additions-Spektralwerte quantisiert und anschließend invers quantisiert werden (28a), um invers quantisierte Additions-Spektralwerte zu erhalten;

bei dem die invers quantisierten Additions-Spektralwerte mit den Audiospektralwerten verglichen werden (28b), um zu ermitteln, ob die in den Additions-Spektralwerten enthaltene Störung unter der vorbestimmten Störungsschwelle ist (32); und

bei dem im Teilschritt des Veränderns (34) die Start-Gewichtungsfaktoren verändert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Start-Gewichtungsfaktoren für alle Wasserzeichenspektralwerte gleich sind und einen Betrag haben, der so gewählt ist, daß die Energie des Wasserzeichens oberhalb der psychoakustischen Maskierungsschwelle liegt.**4.** Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Start-Gewichtungsfaktoren durch Gewichten der Wasserzeichenspektralwerte mit der psychoakustischen Maskierungsschwelle erhalten werden, so daß die Energie der mit der psychoakustischen Maskierungsschwelle gewichteten Wasserzeichenspektralwerte an die psychoakustische Maskierungsschwelle angenähert ist und insbesondere kleiner oder gleich der psychoakustischen Maskierungsschwelle ist.**5.** Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem die Start-Gewichtungsfaktoren im Teilschritt des Veränderns (34) pro einem Iterationsschritt verkleinert werden.**6.** Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem der Schritt des Kombinierens (18) das Kombinieren der Spektralwerte des Audiosignals und der Spektralwerte des verarbeiteten Wasserzeichensignals und anschließend den Schritt des Quantisierens des Wasserzeichenbehafteten Audiosignals unter Verwendung von Quantisierungsstufen aufweist, die durch Quantisieren der Audiospektral-

werte ohne Wasserzeichensignal unter Verwendung der psychoakustischen Maskierungsschwelle ermittelt wurden, um ein quantisiertes Wasserzeichen-behaftetes Audiosignal zu erhalten.

7. Verfahren nach Anspruch 1,

bei dem der Teilschritt des Wählens (26) eines Wasserzeichen-Startwerts folgende Unterschritte aufweist:

Ermitteln (42) von Quantisierungsstufen für die Audiospektralwerte ohne das Wasserzeichensignal unter Verwendung der psychoakustischen Maskierungsschwelle (24);

Quantisieren (42) der Audiospektralwerte unter Verwendung der ermittelten Quantisierungsstufen, um quantisierte Audiospektralwerte zu erhalten;

Extrahieren von Vorzeichen der Wasserzeichen-Spektralwerte;

Berechnen (36) von quantisierten Spektralwerten des Wasserzeichen-Startwerts, so daß ein quantisierter Spektralwert des Wasserzeichen-Startwerts gleich einer Anzahl von Quantisierungsstufen ist, falls das Vorzeichen des entsprechenden Spektralwerts des Wasserzeichensignals positiv ist, und daß ein quantisierter Spektralwert des Wasserzeichen-Startwerts gleich dem Negativen einer Anzahl von Quantisierungsstufen ist, falls das Vorzeichen des entsprechenden Spektralwerts des Wasserzeichensignals negativ ist; und

bei dem der Schritt (34) des Veränderns den Schritt des Einstellens der Anzahl von Quantisierungsstufen und/oder den Schritt des Selektierens (38) von Spektrallinien des Wasserzeichen-Startwerts als veränderter Wasserzeichen-Startwert aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem für quantisierte Spektralwerte des Audiosignals, die gleich 0 sind, keine Spektralwerte des Wasserzeichen-Startwerts als veränderter Wasserzeichen-Startwert selektiert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem eine Bitsparkassenfunktion (44) vorhanden ist, und bei dem abhängig von einer Füllung der Bitsparkasse für quantisierte Spektralwerte des Audiosignals, die gleich 0 sind, Spektralwerte des Wasserzeichen-Startwerts als veränderter Wasserzeichen-Startwert se-

lektiert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der Schritt des Veränderns (34) so durchgeführt wird, daß eine möglichst große Anzahl von veränderten Wasserzeichen-Spektralwerten ungleich 0 ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Schritt des Veränderns (34) so durchgeführt wird, daß der Verlauf des veränderten Wasserzeichen-Startwerts über der Frequenz dem spektralen Verlauf des Wasserzeichen-Signals so weit als möglich entspricht.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, bei dem quantisierte Audiospektralwerte zu selektierten Wasserzeichen-Spektralwerten hinzugefügt werden, um ein quantisiertes Wasserzeichen-behaftetes Audiosignal zu erhalten.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Teilschritt des Veränderns (34) abgebrochen wird, wenn die Störungsschwelle erreicht oder unterschritten ist, und wenn zugleich die Anzahl der veränderten Wasserzeichen-Spektralwerte über einer vorbestimmten Schwelle ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die vorbestimmte Energieschwelle **dadurch** definiert ist, daß eine vorbestimmte Anzahl von Audiospektralwerten eines Signals, das die Audiospektralwerte und die veränderten Wasserzeichen-Spektralwerte umfaßt, um zumindest eine Quantisierungsstufe gegenüber den quantisierten Spektralwerten des Audiosignals allein verändert sind.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die psychoakustische Maskierungsschwelle (24) einen Wert pro einem Skalenfaktorband aufweist, und bei dem der Schritt des Verarbeitens (22) skalenfaktorbandweise durchgeführt wird.

16. Vorrichtung zum Einbetten eines Wasserzeichens in ein Audiosignal, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum Bereitstellen (14) einer spektralen Darstellung des Audiosignals, wobei die spektrale Darstellung des Audiosignals eine Mehrzahl von Audio-Spektralwerten aufweist;

einer Einrichtung zum Bereitstellen (16) einer spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals, wobei die spektrale Darstellung des Wasserzeichensignals eine Mehrzahl von

Wasserzeichen-Spektralwerten aufweist;

einer Einrichtung zum Verarbeiten (22) der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängig von einer psychoakustischen Maskierungsschwelle (24) des Audiosignals, um ein verarbeitetes Wasserzeichensignal zu erhalten, so daß eine durch das verarbeitete Wasserzeichensignal in das Audiosignal eingefügte Störung unter einer vorbestimmten Störungsschwelle ist, die von der psychoakustischen Maskierungsschwelle abhängt; und

einer Einrichtung zum Kombinieren (18) des verarbeiteten Wasserzeichensignals und des Audiosignals, um ein Wasserzeichen-behaftetes Audiosignal zu erhalten, in das das Wasserzeichen eingebettet ist,

wobei die Einrichtung zum Verarbeiten (22) folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung zum Wählen (26) eines vorbestimmten Wasserzeichen-Startwerts, der von der spektralen Darstellung des Wasserzeichensignals abhängt;

eine Einrichtung zum Ermitteln (28) einer durch den vorbestimmten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals nach einer Quantisierung der spektralen Darstellung des Audiosignals eingeführten Störung;

eine Einrichtung (32) zum Feststellen, ob die durch den Wasserzeichen-Startwert eingeführte Störung größer als die vorbestimmte Störungsschwelle ist; und

eine Einrichtung (34) zum Verändern der Wasserzeichen-Spektralwerte, bis die durch einen veränderten Wasserzeichen-Startwert in die spektrale Darstellung des Audiosignals nach der Quantisierung eingeführte Störung kleiner oder gleich der vorbestimmten Störungsschwelle ist, und zum Verwenden der veränderten Wasserzeichen-Spektralwerte als das verarbeitete Wasserzeichensignal.

Claims

1. Method for embedding a watermark in an audio signal, comprising the following steps:

providing (14) a spectral representation of the audio signal, wherein the spectral representation of the audio signal has a plurality of audio

spectral values;

providing (16) a spectral representation of the watermark signal, wherein the spectral representation of the watermark signal has a plurality of watermark spectral values;

processing (22) the spectral representation of the watermark signal in response to a psychoacoustic masking threshold (24) of the audio signal to obtain a processed watermark signal such that the interference introduced into the audio signal by the processed watermark signal lies below a predetermined interference threshold which depends on the psychoacoustic masking threshold; and

combining (18) the processed watermark signal and the audio signal to obtain a watermark-bearing audio signal in which the watermark is embedded,

wherein the step of processing (22) comprises the following substeps:

selecting (26) a predetermined watermark initial value, which depends on the spectral representation of the watermark signal;

determining (28) the interference introduced into the spectral representation of the audio signal by the predetermined watermark initial value after quantization of the spectral representation of the audio signal; and

if the interference introduced by the watermark spectral value exceeds the predetermined interference threshold (32), modifying (34) the watermark initial value until the interference introduced into the spectral representation of the audio signal by a modified watermark initial value after quantization of the audio signal is smaller than or equal to the predetermined interference threshold, and using the modified watermark initial value as the processed watermark

2. Method according to claim 1, wherein in the substep of selecting 26, watermark spectral values are weighted with initial weighting factors; wherein in the step of determining (28), the watermark spectral values weighted with the initial weighting factors are added to the audio spectral values to obtain addition spectral values; wherein the addition spectral values are quantized and then inversely quantized (28a) to obtain inversely quantized addition spectral values;

wherein the inversely quantized addition spectral values are compared with the audio spectral values (28b) to determine whether the interference in the addition spectral values lies below the predetermined interference threshold (32); and
 wherein in the substep of modifying (34), the initial weighting factors are modified.

3. Method according to claim 2, wherein the initial weighting factors for all watermark spectral values are the same and of a magnitude which is so chosen that the energy of the watermark lies above the psychoacoustic masking threshold.

4. Method according to claim 2, wherein the initial weighting factors are obtained by weighting of the watermark spectral values with the psychoacoustic masking threshold so that the energy of the watermark spectral values weighted with the psychoacoustic masking threshold approximates to the psychoacoustic masking threshold and is, in particular, smaller than or equal to the psychoacoustic masking threshold.

5. Method according to claim 3 or 4, wherein the initial weighting factors in the substep of modification (34) are reduced for each iteration step.

6. Method according to one of the claims 2 to 5, wherein the step of combining (18) comprises combining the spectral values of the audio signal and the spectral values of the processed watermark signal and subsequently the step of quantizing the watermark-bearing audio signal using quantization stages which were determined by quantization of the audio spectral values without the watermark signal using the psychoacoustic masking threshold so as to obtain a quantized watermark-bearing audio signal.

7. Method according to claim 1, wherein the substep of selecting (26) a watermark initial value comprises the following substeps:

determining (42) quantization stages for the audio spectral values without the watermark signal using the psychoacoustic masking threshold (24);

quantizing (42) the audio spectral values using the determined quantization stages so as to obtain quantized audio spectral values;

extracting the signs of the watermark spectral values;

calculating (36) quantized spectral values of the watermark initial value so that a quantized spectral value of the watermark initial value is

equal to a number of quantization stages if the sign of the corresponding spectral value of the watermark signal is positive and so that a quantized spectral value of the watermark initial value is equal to minus a number of quantization stages if the sign of the corresponding spectral value of the watermark signal is negative; and

wherein the step (34) of modifying comprises the step of setting the number of quantization stages and/or the step of selecting (38) spectral lines of the watermark initial value as the modified watermark initial value.

8. Method according to claim 7, wherein no spectral values of the watermark initial value are selected as modified watermark initial value for quantized spectral values of the audio signal which are equal to 0.

9. Method according to claim 7, wherein a bit banking function (44) is incorporated and wherein, depending on the filling status of the bit bank, spectral values of the watermark initial value are selected as modified watermark initial value for quantized spectral values of the audio signal which are equal to 0.

10. Method according to one of the claims 1 to 9, wherein the step of modifying (34) is so performed that the greatest possible number of modified watermark spectral values differ from 0.

11. Method according to one of the claims 1 to 10, wherein the step of modifying (34) is so performed that the variation of the modified watermark initial value with frequency corresponds as closely as possible to the spectral variation of the watermark signal.

12. Method according to one of the claims 7 to 11, wherein quantized audio spectral values are added to selected watermark spectral values to obtain a quantized watermark-bearing audio signal.

13. Method according to one of the preceding claims, wherein the substep of modifying (34) is discontinued when the interference threshold is reached or is not exceeded and when at the same time the number of modified watermark spectral values exceeds a predetermined threshold.

14. Method according to claim 13, wherein the predetermined energy threshold is so defined that a predetermined number of audio spectral values of a signal comprising the audio spectral values and the modified watermark spectral values are modified by at least one quantization stage compared with the quantized spectral values of the audio signal alone.

15. Method according to one of the preceding claims, wherein the psychoacoustic masking threshold (24) has one value for each scale factor band, and wherein the step of processing (22) is performed on the basis of the scale factor bands. 5
16. Device for embedding a watermark in an audio signal, comprising:
- a unit for providing (14) a spectral representation of the audio signal, wherein the spectral representation of the audio signal has a plurality of audio spectral values; 10
 - a unit for providing (16) a spectral representation of the watermark signal, wherein the spectral representation of the watermark signal has a plurality of watermark spectral values; 15
 - a unit for processing (22) the spectral representation of the watermark signal in response to a psychoacoustic masking threshold (24) of the audio signal to obtain a processed watermark signal such that the interference introduced into the audio signal by the processed watermark signal lies below a predetermined interference threshold which depends on the psychoacoustic masking threshold; and 20 25
 - a unit for combining (18) the processed watermark signal and the audio signal to obtain a watermark-bearing audio signal in which the watermark is embedded, 30
- wherein the unit for processing (22) comprises: 35
- a unit for selecting (26) a predetermined watermark initial value, which depends on the spectral representation of the watermark signal; 40
 - a unit for determining (28) the interference introduced into the spectral representation of the audio signal by the predetermined watermark initial value after quantization of the spectral representation of the audio signal; 45
 - a unit (32) for determining whether the interference introduced by the watermark initial value exceeds the predetermined interference threshold; and 50
 - a unit (34) for modifying the watermark spectral values until the interference introduced into the spectral representation of the audio signal by a modified watermark initial value after quantization is smaller than or equal to the predetermined interference threshold, and for using the modified watermark spectral values as the 55

processed watermark signal.

Revendications

1. Procédé pour insérer un filigrane dans un signal audio, aux étapes suivantes consistant à :

préparer (14) une représentation spectrale du signal audio, la représentation spectrale du signal audio présentant une pluralité de valeurs spectrales audio ;
 préparer (16) une représentation spectrale du signal de filigrane, la représentation spectrale du signal de filigrane présentant une pluralité de valeurs spectrales de filigrane ;
 traiter (22) la représentation spectrale du signal de filigrane en fonction d'un seuil de masquage psycho-acoustique (24) du signal audio, pour obtenir un signal de filigrane traité, de sorte qu'une perturbation introduite dans le signal audio par le signal de filigrane traité se situe au-dessous d'un seuil de masquage prédéterminé qui est fonction du seuil de masquage psycho-acoustique ; et
 combiner (18) le signal de filigrane traité et le signal audio, pour obtenir un signal audio à filigrane dans lequel est inséré le filigrane, l'étape de traitement (22) présentant les étapes partielles suivantes consistant à :

sélectionner (26) une valeur initiale de filigrane prédéterminée qui est fonction de la représentation spectrale du signal de filigrane ;
 déterminer (28) une perturbation introduite par la valeur initiale de filigranes prédéterminée dans la représentation spectrale du signal audio après une quantification de la représentation spectrale du signal audio ;
 et
 au cas où la perturbation introduite par la valeur spectrale de filigrane est supérieure au seuil de perturbation prédéterminé (32), modifier (34) la valeur initiale de filigrane, jusqu'à ce que la perturbation introduite par une valeur initiale de filigrane modifiée dans la représentation spectrale du signal audio après la quantification du signal audio soit inférieure ou égale au seuil de perturbation prédéterminé, et utiliser la valeur initiale de filigrane modifiée comme signal de filigrane traité.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, à l'étape de sélection (26), les valeurs spectrales de filigrane sont pondérées par des facteurs de pondération initiaux ;

- dans lequel, à l'étape de détermination (28), les valeurs spectrales de filigrane pondérées par les facteurs de pondération initiaux sont additionnées aux valeurs spectrales audio, pour obtenir des valeurs spectrales d'addition ;
- dans lequel les valeurs spectrales d'addition sont quantifiées et ensuite quantifiées inversement (28a), pour obtenir des valeurs spectrales d'addition quantifiées inversement ;
- dans lequel les valeurs spectrales d'addition quantifiées inversement sont comparées aux valeurs spectrales audio (28b), pour déterminer si la perturbation contenue dans les valeurs spectrales d'addition se situe au-dessous du seuil de perturbation prédéterminé (32) ; et
- dans lequel, à l'étape partielle de modification (34) sont modifiés les facteurs de pondération initiaux.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les facteurs de pondération initiaux sont identiques pour toutes les valeurs spectrales de filigrane et ont une valeur qui est choisie de sorte que l'énergie du filigrane se situe au-dessus du seuil de masquage psycho-acoustique.
4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les facteurs de pondération initiaux sont obtenus par pondération des valeurs spectrales de filigrane avec le seuil de masquage psycho-acoustique, de sorte que l'énergie des valeurs spectrales de filigrane pondérées par le seuil de masquage psycho-acoustique est rapprochée du seuil de masquage psycho-acoustique et est, en particulier, inférieure ou égale au seuil de masquage psycho-acoustique.
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel les facteurs de pondération initiaux sont, à l'étape de modification (34), réduits par une étape d'itération à la fois.
6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel l'étape de combinaison (18) présente la combinaison des valeurs spectrales du signal audio et des valeurs spectrales du signal de filigrane traité et, ensuite, l'étape de quantification du signal audio à filigrane à l'aide d'étapes de quantification qui ont été déterminées par quantification des valeurs spectrales audio sans signal de filigrane à l'aide du seuil de masquage psycho-acoustique, pour obtenir un signal audio à filigrane quantifié.
7. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape partielle de sélection (26) d'une valeur initiale de filigrane présente les sous-étapes suivantes consistant à :
- déterminer (42) des étapes de quantification pour les valeurs spectrales audio sans le signal de filigrane à l'aide du seuil de masquage psycho-acoustique (24) ; quantifier (42) les valeurs spectrales audio à l'aide des étapes de quantification déterminées, pour obtenir des valeurs spectrales audio quantifiées ; extraire les signes des valeurs spectrales de filigrane ; calculer (36) des valeurs spectrales quantifiées de la valeur initiale de filigrane, de sorte qu'une valeur spectrale quantifiée de la valeur initiale de filigrane soit égale à un nombre d'étapes de quantification, si le signe de la valeur spectrale correspondante du signal de filigrane est positif, et qu'une valeur spectrale quantifiée de la valeur initiale de filigrane est égale au négatif d'un nombre d'étapes de quantification, si le signe de la valeur spectrale correspondante du signal de filigrane est négatif ; et
- dans lequel l'étape (34) de modification présente l'étape de réglage du nombre d'étapes de quantification et/ou l'étape de sélection (38) de lignes spectrales de la valeur initiale de filigrane comme valeur initiale de filigrane modifiée.
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel il n'est pas sélectionné, pour des valeurs spectrales quantifiées du signal audio qui sont égales à 0, de valeurs spectrales de la valeur initiale de filigrane comme valeur initiale de filigrane modifiée.
9. Procédé selon la revendication 7, dans lequel est présente une fonction de banque de bits (44), et dans lequel, en fonction d'un remplissage de la banque de bits, sont sélectionnées, pour des valeurs spectrales quantifiées du signal audio qui sont égales à 0, des valeurs spectrales de la valeur initiale de filigrane comme valeur initiale de filigrane modifiée.
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel l'étape de modification (34) est réalisée de sorte qu'un nombre le plus grand possible de valeurs spectrales de filigrane modifiées soient différentes de 0.
11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel l'étape de modification (34) est réalisée de sorte que l'évolution de la valeur initiale de filigrane modifiée sur la fréquence corresponde le plus possible à l'évolution spectrale du signal de filigrane.
12. Procédé selon l'une des revendications 7 à 11, dans lequel des valeurs spectrales audio quantifiées sont additionnées aux valeurs spectra-

les de filigrane sélectionnées, pour obtenir un signal audio à filigrane quantifié.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, 5
dans lequel l'étape partielle de modification (34) est interrompue lorsque le seuil de perturbation est atteint ou qu'il est descendu au-dessous de ce dernier, et lorsqu'en même temps le nombre de valeurs spectrales de filigrane modifiées se situe au-dessus d'un seuil prédéterminé. 10
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel le seuil d'énergie prédéterminé est défini par le fait qu'un nombre prédéterminé de valeurs spectrales audio d'un signal comportant les valeurs spectrales audio et les valeurs spectrales de filigrane modifiées sont modifiées d'au moins une étape de quantification par rapport aux valeurs spectrales quantifiées du signal audio seul. 20
15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, 25
dans lequel le seuil de masquage psycho-acoustique (24) présente une valeur par bande de facteurs d'échelle, et dans lequel l'étape de traitement (22) est réalisée par bande de facteurs d'échelle.
16. Dispositif pour insérer un filigrane dans un signal audio, aux caractéristiques suivantes : 30
un dispositif pour préparer (14) une représentation spectrale du signal audio, la représentation spectrale du signal audio présentant une pluralité de valeurs spectrales audio ; 35
un dispositif pour préparer (16) une représentation spectrale du signal de filigrane, la représentation spectrale du signal de filigrane présentant une pluralité de valeurs spectrales de filigrane ; 40
un dispositif pour traiter (22) la représentation spectrale du signal de filigrane en fonction d'un seuil de masquage psycho-acoustique (24) du signal audio, pour obtenir un signal de filigrane traité, de sorte qu'une perturbation introduite dans le signal audio par le signal de filigrane traité se situe au-dessous d'un seuil de perturbation prédéterminé qui est fonction du seuil de masquage psycho-acoustique ; et 45
un dispositif pour combiner (16) le signal de filigrane traité et le signal audio, pour obtenir un signal audio à filigrane dans lequel est inséré le filigrane, 50
le dispositif pour traiter (22) présentant les caractéristiques suivantes : 55

un dispositif pour sélectionner (26) une va-

leur initiale de filigrane prédéterminée qui est fonction de la représentation spectrale du signal de filigrane ;
un dispositif pour déterminer (28) une perturbation introduite par la valeur initiale de filigrane prédéterminée dans la représentation spectrale du signal audio après une quantification de la représentation spectrale du signal audio ;
un dispositif (32) pour constater si la perturbation introduite par la valeur initiale de filigrane est supérieure au seuil de perturbation prédéterminé ; et
un dispositif (34) pour modifier les valeurs spectrales de filigrane jusqu'à ce que la perturbation introduite une valeur initiale de filigrane modifiée dans la représentation spectrale du signal audio après la quantification soit inférieure ou égale au seuil de perturbation prédéterminé, et pour utiliser les valeurs spectrales de filigrane modifiées comme signal de filigrane traité.

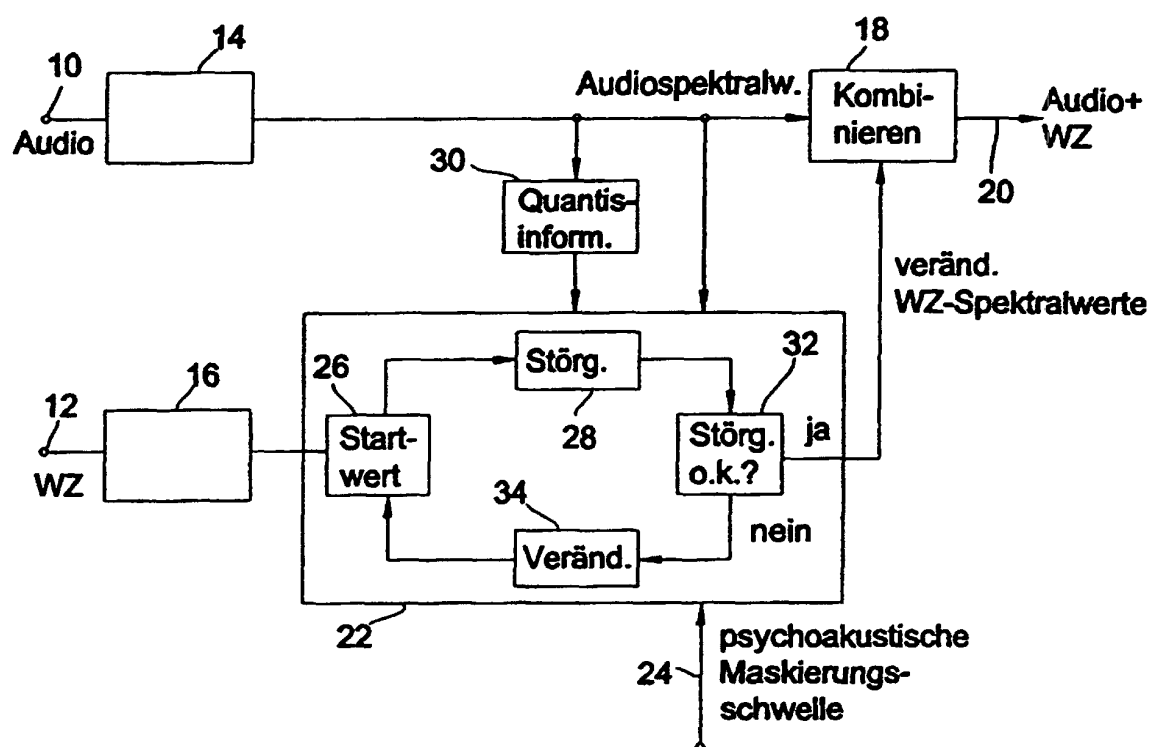


Fig. 1

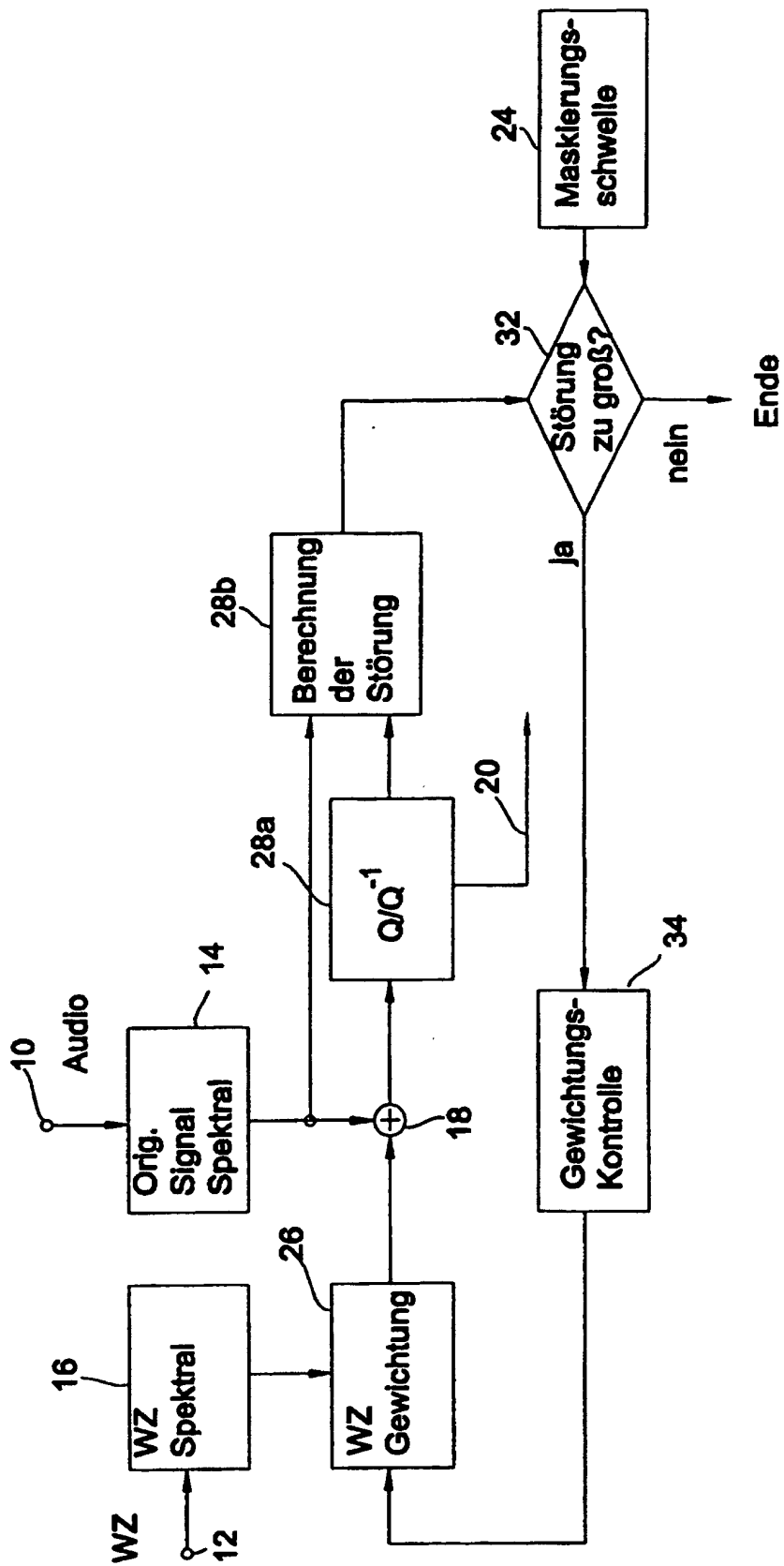


Fig. 2

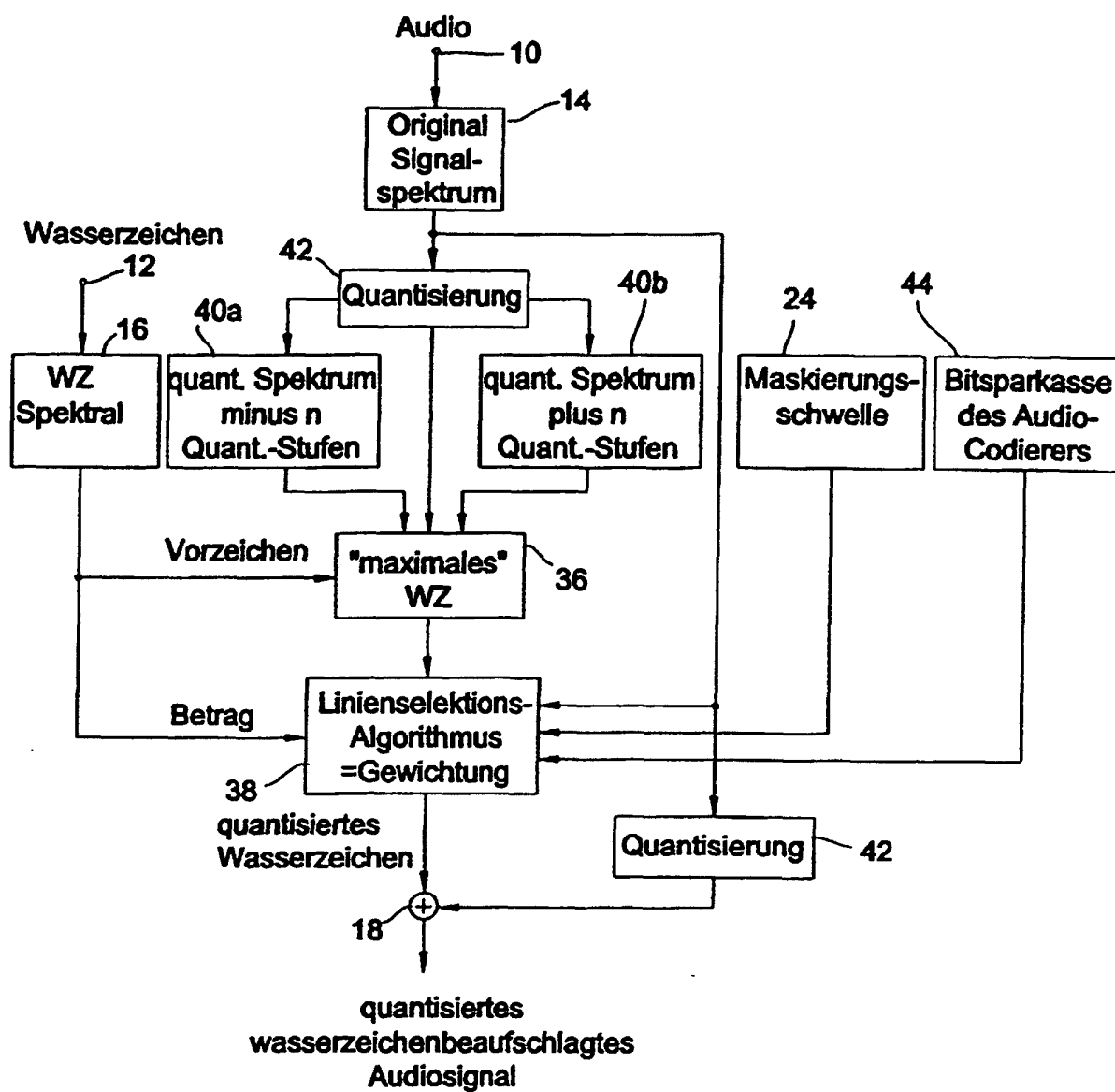


Fig. 3

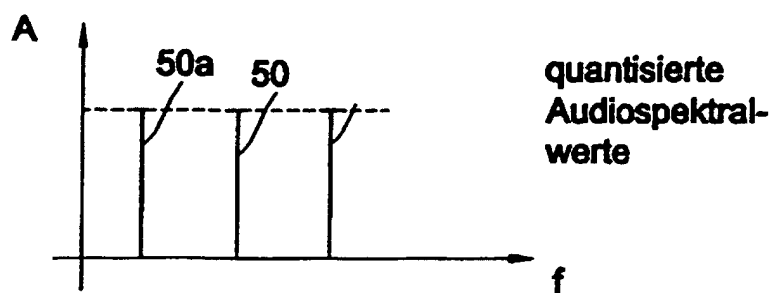


Fig. 4a

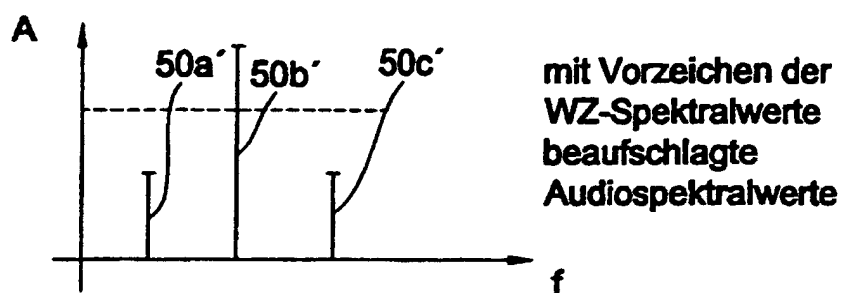


Fig. 4b

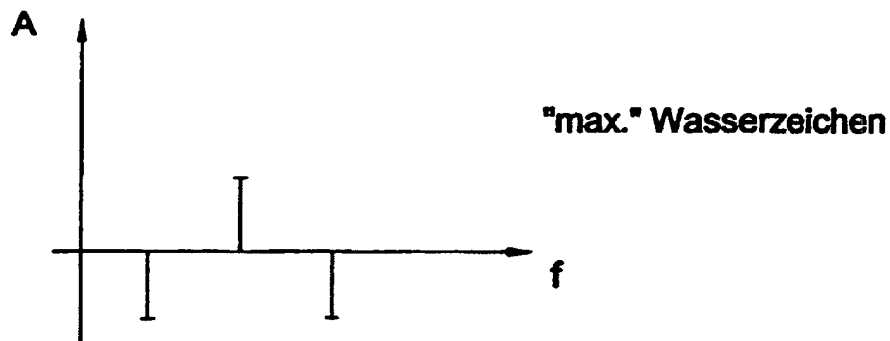


Fig. 4c

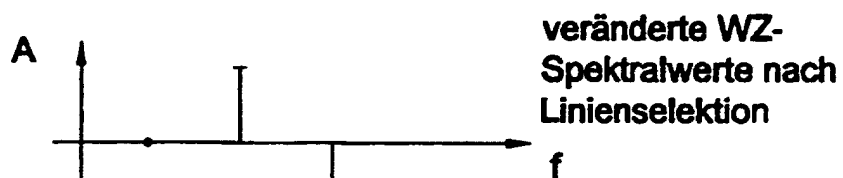


Fig. 4d