

Beschreibung

Bei der Übertragung eines Audiosignals z.B. bei der Rundfunkübertragung, Kabelübertragung, Satelliten-Strecken und Aufzeichnungsgeräten, ist es aus der WO 81/02234 und WO 83/03935 bekannt, das analoge Audiosignal in ein digitales Audiosignal mit einer bestimmten Auflösung (Bits pro Abtastwert) umzuwandeln, in dieser Form zu übertragen und bei der Wiedergabe wieder in ein analoges Signal umzusetzen. Durch die digitale Übertragung wird insbesondere bei der Wiedergabe ein größerer Störabstand erreicht.

In der WO 81/02234 ist weiterhin offenbart, daß vor der Übertragung das Signal in ein das Kurzzeitspektrum darstellendes Signal $A(f)$ umgewandelt wird und Anteile dieses Signals auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten (Physiologischen Eigenschaften des menschlichen Gehörs) bei der Kodierung (Spektrums-Gewichtungs-Stufe 3 und Datenreduktions-Stufe B) des zu übertragenden analogen Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden.

Die für die Übertragung eines solchen Signals erforderliche Bandbreite ist im wesentlichen bestimmt durch die Zahl der zu übertragenden Abtastwerte pro Zeiteinheit sowie durch die Auflösung (Bits pro Abtastwert).

In der Praxis besteht die Forderung, die für die Übertragung notwendige Bandbreite möglichst klein zu halten, um mit einem schmalbandigen Kanal auszukommen oder um über einen vorhandenen Kanal möglichst viele Audiosignale gleichzeitig übertragen zu können. Die erforderliche Bandbreite läßt sich an sich verringern durch eine Reduzierung der Abtastwerte oder der Anzahl der Bits pro Abtastwert. Diese Maßnahme hat aber in der Regel eine Verschlechterung bei der Wiedergabe zufolge.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Übertragung eines digitalen Audiosignals zu schaffen, das mit einer geringeren mittleren Bitrate pro Abtastwert auskommt, ohne daß bei der Wiedergabe die Qualität merkbar beeinflußt wird.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 beschriebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung beruht auf folgenden Erkenntnissen und Überlegungen. Das digitale Audiosignal im Zeitbereich, das somit zeitlich nacheinander die einzelnen Abtastwerte des analogen Signales darstellt, wird in zeitlich aufeinanderfolgenden Abschnitten in ein Kurzzeit-Spektrum transformiert, welches jeweils für die Kurzzeit, z.B. 20 ms, die Spektralkomponenten des Signales darstellt. In dem Kurzzeit-Spektrum lassen sich aufgrund psychoakustischer Erkenntnisse im allgemeinen Kom-

ponenten, die vom Hörer nicht wahrgenommen werden, also im nachrichtentechnischen Sinn irrelevant sind, besser auffinden, als im Zeitbereich. Deshalb werden derartige Komponenten erfindungsgemäß bei der Übertragung weniger gewichtet oder ganz weggelassen. Durch diese Maßnahme kann bei der Übertragung ein beträchtlicher Teil der an sich notwendigen Bits entfallen, so daß die mittlere Bitrate für eine bestimmte Anzahl von Abtastwerten beträchtlich verringert werden kann.

Derartige irrelevante Komponenten des Spektrums sind z.B. Komponenten, die eine bestimmte Amplitude relativ zu einer im Spektrum naheliegenden Maximal amplitude nicht überschreiten. Vorzugsweise können solche Komponenten bei der Übertragung ohne bemerkbare Beeinträchtigung der Wiedergabequalität weggelassen werden. Derartige Komponenten werden nämlich aufgrund psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten durch einen sogenannten Verdeckungseffekt vom Hörer nicht wahrgenommen. Für einen derartigen Verdeckungseffekt sind die zeitliche Lage zwischen den Komponenten sowie ihre gegenseitige Frequenz- und Amplitudenlage entscheidend.

Da für den Verdeckungseffekt gewisse Zeitkonstanten maßgeblich sind, wird das Signal durch Zeitfenster (engl. window) in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke mit einer Dauer in der Größenordnung von 20 ms aufgeteilt, da innerhalb eines derartigen Zeitraumes die Verdeckungsschwellen oder Mithörschwellen nicht wesentlich abfallen. Jeweils das Signal eines derartigen Blockes wird dann in das Kurzzeit-Spektrum transformiert und bei der Codierung auf irrelevante Anteile hin untersucht.

Das Gehör bildet Frequenzbänder, sogenannte Gruppen, die bei dem Verdeckungseffekt eine wesentliche Rolle spielen. Die Aufteilung in Frequenzgruppen und die Verdeckung sind bekannt und beschrieben auf Seite 46 ff in E. Zwicker, Psychoakustik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1982. Jede dieser Frequenzgruppen wird bei der Codierung einzeln ausgewertet und auf irrelevante Komponenten hin untersucht. Die Frequenzauflösung ist dabei so fein, daß die schmalste Frequenzgruppe mit einer Breite von etwa 100 Hz noch erfaßt wird. Für die Umwandlung des Signals aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich wird vorzugsweise eine Fourier Transformation, z.B. eine sogenannte Fast Fourier Transformation angewendet.

Weitere wesentliche Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung ergeben sich aus dem Ausführungsbeispiel, das im folgenden anhand der Zeichnung erläutert wird. Darin zeigen:

Fig. 1 den zeitlichen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 die Fensterung des Signales zur Er-

- Fig. 3 zielen der aufeinanderfolgenden Blöcke, bei der Fensterung angewendete Amplituden-Kennlinien,
- Fig. 4 Aufteilung des Frequenzbandes des Kurzzeit-Spektrums in einzelne Frequenzbereiche und die Amplitudenauswertung der Komponenten und
- Fig. 5 eine zusätzliche Behandlung des Signales für einen speziellen Signalinhalt.

In Figur 1 wird das Analog-Signal $a(t)$, das ein Audiosignal wie z.B. Sprache oder Musik darstellt, in dem Analog/Digital-Wandler 1 in ein entsprechendes digitales Audiosignal umgewandelt. In der Stufe 2 erfolgt durch zeitlich aufeinanderfolgende und überlappende Zeitfenster eine sogenannte Fensterung dieses Signales. Das Signal wird dabei in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke mit je einer Dauer von 20 ms aufgeteilt, derart, daß jeweils das Signal eines Blockes für sich getrennt weiter bearbeitet werden kann. In der Stufe 3 erfolgt eine Vorverarbeitung des Signales, deren Bedeutung später erläutert wird. In der Stufe 4 wird jeweils das digitale Signal eines Zeitfensters oder eines Blockes durch eine Transformation in ein Frequenz-Spektrum umgesetzt. Am Ausgang der Stufe 4 steht also während der zeitlich aufeinanderfolgenden Blöcke jeweils ein Signal, das für die Dauer eines Zeitfensters oder Blockes die Spektralkomponenten des Signals über das gesamte Frequenzband darstellt. Die Stufe 4 bewirkt also die Umsetzung des Signals im Zeitbereich in das das Spektrum darstellende Signal im Frequenzbereich.

Das Signal von der Stufe 4 gelangt zum Coder 5. Hier erfolgt eine Codierung nach psychoakustischen Gesichtspunkten. Das bedeutet, daß Spektralkomponenten, die bei der Wiedergabe insbesondere aufgrund von Verdeckungseffekten ohnehin nicht wahrgenommen werden, bei der Codierung geringer gewichtet oder weggelassen werden. Eine derartige Verarbeitung des Kurzzeit-Spektrums ist möglich z.B. mit Hilfe eines Rechners.

Das derart codierte Signal gelangt über den Sender 6 zum Nachrichtenkanal 7. Durch die erzielte Verringerung der mittleren Bitrate kann dieser Nachrichtenkanal entsprechend schmalbandig bemessen werden. Auf den Nachrichtenkanal 7 folgt der Empfänger 8, der im wesentlichen die zum Sender inversen Funktionen ausführt. Das Signal gelangt zunächst zu einem Decoder 9, der entsprechend dem Coder 5 die Decodierung bewirkt. In der Stufe 10 wird das so gewonnene, das Spektrum-darstellende Signal im Frequenzbereich wieder in ein digitales Signal im Zeitbereich umgesetzt. In der Stufe 11 wird das Signal wieder zu einem einheitlichen kontinuierlichen digitalen Signal zusammengesetzt und die Vorverarbeitung der Stu-

fe 3 berücksichtigt. Dann wird das Signal dem Digital/Analog-Wandler 12 zugeführt. Der Wandler 12 liefert wieder das Analogsignal $b(t)$. Dieses Signal ist mit dem Signal $a(t)$ nicht identisch, weil im Coder 5 bei der Codierung Spektral-Komponenten unterschiedlich gewichtet oder unterdrückt wurden. Der Unterschied zwischen den Analogsignalen $b(t)$ und $a(t)$ ist aber so, daß er bei der Wiedergabe vom Hörer nicht bemerkt wird. In dem Signal wird also lediglich Irrelevanz, für den Hörer unhörbare Information, beseitigt, um die notwendige Bitrate bei der Übertragung über den Nachrichtenkanal 7 zu verringern, speziell wird der Entscheidungsgehalt verringert.

Figur 2 A - C zeigen die Fensterung des Signales in der Stufe 2. Das Signal $a(t)$ wird mit einem Zeitfenster mit der Amplituden-Kennlinie WA von t_1 - t_7 ausgewertet, d.h. die Signalwerte des Signals $a(t)$ gemäß Figur 2 A werden mit den Werten der Kennlinie WA gemäß Figur 2 B multipliziert. Die Kennlinie hat von t_1 - t_2 einen über eine Viertelperiode sinusförmigen und von t_6 - t_7 einen über eine Viertelperiode cosinusförmigen Verlauf und dazwischen von t_2 - t_6 den konstanten Wert 1. Der stetige Verlauf von t_1 - t_2 und t_6 - t_7 ist notwendig, da bei einer derartigen Aufteilung in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke, der sogenannten Fensterung, ein Sprung zwischen Null und einem endlichen Wert bei einer Fourier Transformation ein sehr breites Frequenzspektrum erzeugen würde. Durch die Multiplikation des Signals $a(t)$ mit der Kennlinie WA entsteht das Signal A gemäß Figur 2 C, das somit in den Zeiträumen t_1 - t_2 und t_6 - t_7 in der Amplitude verzerrt ist. Diese Fensterung, d.h. zeitselektive Auswertung, die in Figur 1 in der Stufe 2 erfolgt, wird in Figur 2 A - C anhand analoger Signale dargestellt. In Wirklichkeit sind das Signal $a(t)$ und WA digitale Signale, so daß von t_1 - t_7 jeweils digitale Signalwerte miteinander multipliziert werden.

Jeweils das Signal eines Zeitfensters t_1 - t_7 , d.h. eines Blockes, wird gemäß Figur 1 in der Stufe 4 in das Kurzzeit-Spektrum umgewandelt. Figur 2 D zeigt den Verlauf der Amplitude über der Frequenz f und Figur 2 E den Verlauf der Phase über der Frequenz f für ein derartiges Signal. Auf der Empfängerseite erfolgt der in den Figuren 2 A - E dargestellte Verlauf in umgekehrter Reihenfolge. Die Amplitude und die Phase werden als digitale Signale empfangen und mit Hilfe einer Inversen Fast Fourier Transformation und einer Digital/Analog-Wandlung wieder in ein analoges Signal $b(t)$ umgesetzt.

Figur 3 zeigt die Amplituden-Kennlinien für die aufeinanderfolgenden Zeitfenster bei auf der Sendeseite und auf der Empfangsseite. Die Zeitfenster auf der Sendeseite in der Stufe 2 haben den Verlauf WA (A = Analyse) gemäß Figur 3 A. t_1 - t_2

und $t_6 - t_7$ sind Überlappungszeiträume, in denen zwei Zeitfenster wirksam sind. Ein Zeitfenster erstreckt sich über 1024 Abtastwerte, wobei die Überlappung etwa 64 Abtastwerte, das sind 6,25 % der Dauer des Zeitfensters beträgt. Die in Figur 3 A dargestellte Amplituden-Kennlinie gilt in gleicher Weise für die Empfangsseite und wird in der Stufe 11 realisiert (WS = Window Synthese). In der Zeit $t_2 - t_6$ durchläuft das Signal ohne Amplitudenbeeinflussung, also mit dem Faktor 1, den in Figur 1 dargestellten Weg. Ein Abtastwert während des Überlappungszeitraumes $t_1 - t_2$ wird zunächst in der Stufe 2 mit dem Sinus multipliziert. Da die gleiche Kurve auf der Empfangsseite in der Stufe 11 wirksam ist, wird dieser Abtastwert insgesamt mit $\sin^2(x)$ multipliziert, was eine Abschwächung der Amplitude dieses Abtastwertes mit dem Faktor $\sin^2(x)$ bedeuten würde. Während der Zeit $t_1 - t_2$ aber zusätzlich die abfallende, cosinusförmige Flanke des vorangehenden Zeitfensters wirksam, so daß derselbe Abtastwert durch die cosinusförmige Flanke insgesamt mit $\cos^2(x)$ multipliziert wird. Wegen der linearen Überlagerung der beiden Signale und der mathematischen Beziehung

$$\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$$

ergibt sich somit auch während der Überlappungszeiträume der konstante Amplitudenfaktor 1. Dies ist in Figur 3 B durch die obere waagerechte Linie in den Überlappungszeiträumen $t_1 - t_2$ und $t_6 - t_7$ dargestellt. Insgesamt ergibt sich also ständig für das Signal der Amplituden-Übertragungswert 1, so daß keine Amplitudenverfälschung des Signales auftritt.

Figur 4 zeigt den Amplitudenverlauf der Spektrallinien eines Kurzzeit-Frequenzspektrums, wie es am Ausgang der Stufe 4 in Figur 1 steht. Das gesamte Frequenzband des Kurzzeit-Spektrums $f_1 - f_{15}$ ist in eine Vielzahl von Frequenzgruppen $f_1 - f_2$, $f_2 - f_4$, $f_4 - f_{12}$, $f_{12} - f_{14}$ und $f_{14} - f_{15}$ aufgeteilt. In den einzelnen Frequenzgruppen werden die Spektrallinien nach psychoakustischen Gesichtspunkten untersucht und gewichtet. Nur die dominanten Amplitudenwerte werden übertragen, irrelevante Amplitudenwerte werden weniger gewichtet oder unterdrückt. Das absolute Maximum 15 des gesamten Frequenzbandes wird zunächst als absoluter Wert mit 12 - 16 Bit übertragen. Die Maxima 14, 16, 17, 18 der übrigen Frequenzgruppen werden mit einer Genauigkeit von 8 Bit übertragen, und zwar in ihrer relativen Lage zum absoluten Maximum 15. Die übrigen Werte 20 - 26 der Frequenzgruppe $f_4 - f_{12}$ werden ihrerseits auf den Maximalwert 16 bezogen, d.h. ihre Abweichung vom Maximalwert 16 wird übertragen. Hierzu ist der Amplitudenbereich ausgehend vom Maximum 16 in drei Bereiche A1, A2, A3 mit je 10 dB und einem

Bereich A4 für den Rest aufgeteilt. Jeweils in einem Amplitudenbereich liegende Signalwerte 16, 20, 21 bzw. 22, 23 bzw. 24 bzw. 25, 26 werden als ein einheitlicher Wert übertragen. Zwischen den Werten 16, 20, 21 bzw. 22, 23 bzw. 25, 26 wird also nicht unterschieden. Die Amplitudenwerte 25, 26 bei den Frequenzen f_{10}, f_{11} , die den Wert von 30 dB unterhalb des Maximum 16 unterschreiten, werden zu Null gesetzt. Die Phase der Werte 25, 26 wird nicht übertragen. Diese Spektralkomponenten wären wegen ihrer dichten Lage zum Wert 16 und ihrer geringen Amplitude aufgrund des Verdeckungseffektes ohnehin nicht mehr wahrnehmbar. In der Praxis wird das gesamte Frequenzband $f_1 - f_{15}$ in 26 Frequenzgruppen aufgeteilt, von denen in Figur 4 zur Vereinfachung nur 5 dargestellt sind. Durch die Aufteilung in die Amplitudenbereiche A1, A2, A3, A4 genügen für die Übertragung der Amplitudenwerte 20 - 26 relativ zum Maximum 16 insgesamt 2 Bit. Für jeden übertragenen Amplitudenwert, der in den Bereichen A1 - A3 liegt, werden 2 Bit für den dazugehörigen Phasenwert übertragen.

Durch die grobe Quantisierung der Amplituden- und Phasenwerte mit 2 Bit wird bereits eine erhebliche Reduktion der zur Übertragung erforderlichen Datenmenge vorgenommen. Durch den Wegfall von Komponenten, nämlich der Phasenwerte für die Amplitudenwerte 25, 26 in der Frequenzgruppe $f_4 - f_{12}$, werden bei der Übertragung aber zusätzlich Bits eingespart. Diese freigewordenen Bits können zur Übertragung einer feineren Amplitudeneinteilung in den Bereichen A1 - A3 verwendet werden. Hierzu wird beispielsweise jeder Bereich A1 - A3 in zwei Bereiche von je 5 dB aufgeteilt. Dabei wird jedem Frequenzwert 20 - 24 ein Bit zugeordnet, das anzeigt, ob der Amplitudenwert; z.B. 20, 21 innerhalb der ersten 5 dB oder der zweiten 5 dB unterhalb des Maximum 16 liegt. Die Zuordnung dieser Bits geschieht aufgrund einer Tabelle 28, die senderseitig erstellt wird und empfangenseitig rekonstruierbar ist. Dazu wird über den gesamten Verlauf des Frequenzspektrums gemäß Figur 4 ein Raster 27 mit einer Einteilung in Stufen von 6 dB gelegt. Die Amplitudenwerte 20 - 24 werden also diesem Raster zugeordnet. Die Tabelle 28 ordnet jedem Amplitudenwert 20 - 24 eine bestimmte Lage zum Maximum 16 zu. Die Tabelle 28 beginnt mit dem niedrigsten Frequenzwert und zeigt anhand der Zeile die Lage jeweils zu dem Maximum des entsprechenden Frequenzbereiches an.

Stehen weitere freie Bits zur Verfügung, so wird eine Aufteilung der 5 dB Bereiche in 2,5 dB Bereiche vorgenommen. Die Aufteilung läßt sich beliebig fortsetzen. Die Einsparung von Bits und Verwendung dieser Bits für eine Verfeinerung der Auflösung wird als adaptive Quantisierung bezeichnet.

Figur 5 zeigt die Vorverarbeitung eines plötzlichen Schallereignisses 29, das innerhalb eines Zeitfensters $t_1 - t_7$ im Zeitpunkt t_9 auftritt. Ein solches Schallereignis kann z.B. ein Triangelanschlag sein. Die beschriebene Vorverarbeitung erfolgt in Figur 1 in der Stufe 3. Dem Schallereignis 29 geht noch ein Vorschwinger zwischen t_8 und t_9 voraus, der aber durch eine Vorverdeckung nicht hörbar ist. Bei der Umwandlung in das Frequenzspektrum in der Stufe 4 in Figur 1 entsteht jeweils ein Signal im Frequenzbereich, das die Spektralverteilung im Fenster $t_1 - t_7$ angibt. Da bei diesem Signal die Zuordnung von Spektrallinien zu einzelnen Zeitpunkten innerhalb eines Zeitfensters nicht mehr gegeben ist, würde das Ereignis 29 über das gesamte Zeitfenster $t_1 - t_7$ gemittelt also quasi verschmiert. Dadurch kann eine hörbare Verfälschung eintreten.

Zur Vermeidung dieses noch denkbaren Fehlers ist ein Zeitfenster $t_1 - t_7$ oder auch Block in 32 Unterblöcke aufgeteilt. Die Amplituden der einzelnen Unterblöcke werden ermittelt. Sobald ein Amplitudensprung zwischen zwei Unterblöcken von mehr als 20 dB auftritt, in Figur 5 bedingt durch das Ereignis 29, wird eine zusätzliche Maßnahme ausgelöst. Diese besteht darin, daß das Signal vor dem Amplitudensprung durch ein Kompanderverfahren auf der Sendeseite in der Amplitude angehoben und auf der Empfängerseite wieder entsprechend abgesenkt wird. Dadurch werden die genannten Fehler durch die Verschmierung des kurzzeitigen Ereignisses über das ganze Zeitfenster verringert.

Fig. 6 zeigt eine Alternative zur Übertragung feinerer Amplitudeneinteilungen. Ein Gitter 40 wird über das Frequenzspektrum gelegt. Die oberste Grenze dieser Tabelle schließt mit dem absoluten Maximum 15 ab. Das Gitter 40 weist maximal sechzehn 6 dB Stufungen auf und erstreckt sich somit über einen Bereich von 96 dB. Aufgrund dieses Gitters 40 wird eine Tabelle 41 erstellt. Die Tabelle wird empfängerseitig erstellt und ist senderseitig rekonstruierbar. Das heißt, daß die Lage der Werte 42,44,43,20, 21,22,23 und 45 in der Tabelle rekonstruierbar ist. Die Tabelle zeigt mit Hilfe eines Bits (0 oder 1) an, ob ein zugehöriger Wert im 5 dB Bereich oder im 6 - 10 dB Bereich der Bereiche A1 - A3, A5 - A7 liegt. Zur feineren Amplitudeneinteilung wird also nur ein Bit für einen Wert übertragen. Für den Wert 20 wird eine 0 übertragen, um anzuzeigen, daß der Wert 20 in dem 0 - 5 dB Bereich von A1 liegt. Die Werte 42 und 44 werden der 0 dB Zeile zugeordnet, die Werte 43,20,21 der 6 dB Zeile, die Werte 22,23 der 12 dB Zeile, der Wert 45 der 18 dB Zeile. Die zu den Werten gehörenden Bits werden zeilenweise mit der 0 dB Zeile beginnend gemäß Tabelle 41 übertragen. Die Übertragungszeit für alle Frequenz-

spektren ist gleich. Je nachdem, wieviele Bits durch die grobe Quantisierung der Amplituden- und Phasenwerte eingespart werden, umso mehr Bits können aus der Tabelle 41 übertragen werden. Das heißt, daß Bits aus der ersten Zeile 0 dB mit einer höheren Wahrscheinlichkeit als Bits aus den folgenden Zeilen übertragen werden. Die punktierte Linie 46 legt die Grenze zwischen den Linien 47 und 48. Das Bit zum Wert 23 wird mit größerer Wahrscheinlichkeit übertragen als das Bit zum Wert 45, obwohl der Betrag des Wertes 45 größer als der Betrag des Wertes 23 ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines Audiosignals, bei dem das analoge Signal in ein digitales Signal umgewandelt, vor der Übertragung in ein das Kurzzeitspektrum darstellendes Signal umgesetzt und das gesamte Frequenzband in mehrere Frequenzgruppen aufgeteilt wird, Signale in den Frequenzgruppen auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten bei der Codierung des zu übertragenden Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden, das codierte Signal übertragen, nach der Übertragung decodiert, rücktransformiert und wieder in ein analoges Signal umgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wert des absoluten Betragsmaximums des gesamten Frequenzbandes als absolute Größe und für die Betragsmaxima der übrigen Frequenzgruppen vom jeweiligen transformierten Betragswerte in Frequenzgruppen vom jeweiligen Betragsmaximum aus oberhalb einer Schwelle in Wertebereiche aufgeteilt werden und die im gleichen Wertebereich liegenden Betragswerte als gleicher Wert übertragen werden, daß Betragswerte unterhalb der Schwelle zu Null gesetzt werden und für die Übertragung bisher nicht benötigte, freie Bits zur feineren Unterteilung der Wertebereiche ausgenutzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umwandlung durch eine Fourier-Transformation (FT) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Transformation eine Fast Fourier Transformation (FFT) ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kurzzeit in der Größenordnung von 20 ms liegt.



Figur 5 zeigt die Vorverarbeitung eines plötzlichen Schallereignisses 29, das innerhalb eines Zeitfensters $t_1 - t_7$ im Zeitpunkt t_9 auftritt. Ein solches Schallereignis kann z.B. ein Triangelanschlag sein. Die beschriebene Vorverarbeitung erfolgt in Figur 1 in der Stufe 3. Dem Schallereignis 29 geht noch ein Vorschwinger zwischen t_8 und t_9 voraus, der aber durch eine Vorverdeckung nicht hörbar ist. Bei der Umwandlung in das Frequenzspektrum in der Stufe 4 in Figur 1 entsteht jeweils ein Signal im Frequenzbereich, das die Spektralverteilung im Fenster $t_1 - t_7$ angibt. Da bei diesem Signal die Zuordnung von Spektrallinien zu einzelnen Zeitpunkten innerhalb eines Zeitfensters nicht mehr gegeben ist, würde das Ereignis 29 über das gesamte Zeitfenster $t_1 - t_7$ gemittelt also quasi verschmiert. Dadurch kann eine hörbare Verfälschung eintreten.

Zur Vermeidung dieses noch denkbaren Fehlers ist ein Zeitfenster $t_1 - t_7$ oder auch Block in 32 Unterblöcke aufgeteilt. Die Amplituden der einzelnen Unterblöcke werden ermittelt. Sobald ein Amplitudensprung zwischen zwei Unterblöcken von mehr als 20 dB auftritt, in Figur 5 bedingt durch das Ereignis 29, wird eine zusätzliche Maßnahme ausgelöst. Diese besteht darin, daß das Signal vor dem Amplitudensprung durch ein Kompanderverfahren auf der Sendeseite in der Amplitude angehoben und auf der Empfängerseite wieder entsprechend abgesenkt wird. Dadurch werden die genannten Fehler durch die Verschmierung des kurzzeitigen Ereignisses über das ganze Zeitfenster verringert.

Fig. 6 zeigt eine Alternative zur Übertragung feinerer Amplitudeneinteilungen. Ein Gitter 40 wird über das Frequenzspektrum gelegt. Die oberste Grenze dieser Tabelle schließt mit dem absoluten Maximum 15 ab. Das Gitter 40 weist maximal sechzehn 6 dB Stufungen auf und erstreckt sich somit über einen Bereich von 96 dB. Aufgrund dieses Gitters 40 wird eine Tabelle 41 erstellt. Die Tabelle wird empfängerseitig erstellt und ist senderseitig rekonstruierbar. Das heißt, daß die Lage der Werte 42,44,43,20, 21,22,23 und 45 in der Tabelle rekonstruierbar ist. Die Tabelle zeigt mit Hilfe eines Bits (0 oder 1) an, ob ein zugehöriger Wert im 5 dB Bereich oder im 6 - 10 dB Bereich der Bereiche A1 - A3, A5 - A7 liegt. Zur feineren Amplitudeneinteilung wird also nur ein Bit für einen Wert übertragen. Für den Wert 20 wird eine 0 übertragen, um anzuzeigen, daß der Wert 20 in dem 0 - 5 dB Bereich von A1 liegt. Die Werte 42 und 44 werden der 0 dB Zeile zugeordnet, die Werte 43,20,21 der 6 dB Zeile, die Werte 22,23 der 12 dB Zeile, der Wert 45 der 18 dB Zeile. Die zu den Werten gehörenden Bits werden zeilenweise mit der 0 dB Zeile beginnend gemäß Tabelle 41 übertragen. Die Übertragungszeit für alle Frequenz-

spektren ist gleich. Je nachdem, wieviele Bits durch die grobe Quantisierung der Amplituden- und Phasenwerte eingespart werden, umso mehr Bits können aus der Tabelle 41 übertragen werden. Das heißt, daß Bits aus der ersten Zeile 0 dB mit einer höheren Wahrscheinlichkeit als Bits aus den folgenden Zeilen übertragen werden. Die punktierte Linie 46 legt die Grenze zwischen den Linien 47 und 48. Das Bit zum Wert 23 wird mit größerer Wahrscheinlichkeit übertragen als das Bit zum Wert 45, obwohl der Betrag des Wertes 45 größer als der Betrag des Wertes 23 ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines Audiosignals, bei dem das analoge Signal in ein digitales Signal umgewandelt, vor der Übertragung in ein das Kurzzeitspektrum darstellendes Signal umgesetzt und das gesamte Frequenzband in mehrere Frequenzgruppen aufgeteilt wird, Signale in den Frequenzgruppen auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten bei der Codierung des zu übertragenden Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden, das codierte Signal übertragen, nach der Übertragung decodiert, rücktransformiert und wieder in ein analoges Signal umgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert des absoluten Betragsmaximums des gesamten Frequenzbandes als absolute Größe und für die Betragsmaxima der übrigen Frequenzgruppen vom jeweiligen transformierten Betragswerte in Frequenzgruppen vom jeweiligen Betragsmaximum aus oberhalb einer Schwelle in Wertebereiche aufgeteilt werden und die im gleichen Wertebereich liegenden Betragswerte als gleicher Wert übertragen werden, daß Betragswerte unterhalb der Schwelle zu Null gesetzt werden und für die Übertragung bisher nicht benötigte, freie Bits zur feineren Unterteilung der Wertebereiche ausgenutzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umwandlung durch eine Fourier-Transformation (FT) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation eine Fast Fourier Transformation (FFT) ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurzzeit in der Größenordnung von 20 ms liegt.



5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals bei der Codierung geringer gewichtet oder unterdrückt werden. 5
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals mit abnehmender Amplitude geringer gewichtet werden. 10
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals unterhalb einer bestimmten Amplitude bei der Codierung unterdrückt werden (25,26 in Fig. 4). 15
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals in Abhängigkeit von ihrer Amplitude und ihrem Frequenzabstand zu verdeckenden Spektralkomponenten größerer Amplitude geringer gewichtet oder unterdrückt werden. 20
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Signal durch Zeitfenster ($t_1 - t_7$) in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufgeteilt wird, die je in eine das Kurzzeit-Spektrum darstellende Signalfolge umgewandelt werden. 25
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zeitfenster einander zeitlich überlappen. 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Überlappungszeit ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$) in der Größenordnung von 5 - 8 %, z.B. 6,25 % der Dauer eines Zeitfensters liegt. 35
12. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Amplituden-Kennlinie (WA, WS) der Zeitfenster auf der Sende- und Empfangsseite identisch ist (Fig. 3). 40
13. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Amplituden-Kennlinie (WA, WS) der Blöcke während der Überlappungszeit ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$) einen stetig ansteigenden bzw. abfallenden Verlauf hat. 45
14. Verfahren nach Anspruch 12 und/oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verlauf der Amplituden-Kennlinie (WA, WS) während der Überlappungszeit so bemessen ist, daß während dieser Zeit die Summe aus den Produkten der Amplituden-Kennlinie (WA, WS) über Sende- und Empfangsseite = 1 ist. 50
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abfallende Flanke der Amplituden-Kennlinie am Ende eines Zeitfensters einen cosinusförmigen Verlauf und die ansteigende Flanke der Kennlinie zu Beginn des Zeitfensters einen sinusförmigen Verlauf hat. 55
16. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils die Werte der Amplituden-Maxima (14, 15, 16, 17, 18) einer Frequenzgruppe übertragen werden (Fig. 4).
17. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Block jeweils in mehrere (32) Unterblöcke aufgeteilt wird und jeweils dann, wenn von einem Unterblock zum nächsten ein Amplitudensprung oberhalb eines bestimmten Wertes (29 dB) auftritt, die Amplitudenwerte in den zeitlich vorausgehenden Unterblöcken für die Übertragung mit einem Kompendersystem angehoben werden (Fig. 5).
18. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Spektrum nach Betrag und Phase dargestellt wird.
19. Verfahren zur Übertragung eines Audiosignals, bei dem das analoge Signal in ein digitales Signal umgewandelt, vor der Übertragung in ein das Kurzeitspektrum darstellendes Signal umgesetzt wird, wobei das gesamte Frequenzband in mehrere Frequenzgruppen aufgeteilt wird, Signale in den Frequenzgruppen auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten bei der Codierung des zu übertragenden Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden, das codierte Signal übertragen, und nach der Übertragung decodiert, rücktransformiert und wieder in ein analoges Signal umgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die transformierten Betragswerte in Frequenzgruppen vom jeweiligen Betragsmaximum aus oberhalb einer Schwelle im Wertebereich aufgeteilt werden und die im gleichen Wertebereich liegenden Betragswerte als gleicher Wert übertragen werden, und daß Betragswerte unterhalb der Schwelle zu Null gesetzt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Unterteilung der Wertebereiche von der Anzahl der zur Verfügung stehenden freien Bits abhängt.