



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 033 867 A1 2006.02.16**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 033 867.1**

(22) Anmeldetag: **13.07.2004**

(43) Offenlegungstag: **16.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G10H 1/00 (2006.01)**
G10H 1/40 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(72) Erfinder:
**Sailer, Christian, 99086 Erfurt, DE; Cremer,
Markus, 98693 Ilmenau, DE; Katai, Andras, 98693
Ilmenau, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

US 65 18 492 B2

US 63 16 712 B1

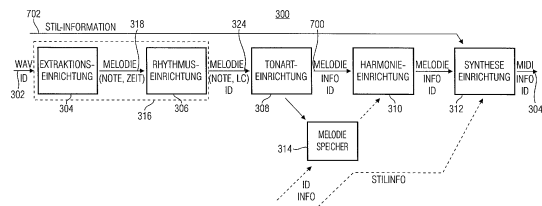
EP 09 44 034 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur rhythmischen Aufbereitung von Audiosignalen**

(57) Zusammenfassung: Eine effektivere, weniger aufwändige und qualitativ bessere rhythmische Aufbereitung eines Audiosignals wird erhalten, indem die eigentliche rhythmische Aufbereitung in einer Notendarstellung des eine Melodie beinhaltenden bzw. darstellenden Audiosignals erfolgt. Mittels einer Verarbeitung des Audiosignals, die eine Notenerkennung bzw. -extraktion umfasst, wird deshalb zunächst eine Notenfolge erzeugt. Aus dieser Notenfolge wird dann eine Grundnotenlänge bestimmt, woraufhin die Noten der Notenfolge den Notenlängen-Quantisierungsstufen auf der Basis der Grundnotenlänge zugeteilt werden können, um eine Notenlängen-quantisierte Notenfolge zu erhalten. Die Taktlänge wird dann ohne Weiteres als ein ganzzahliges Vielfaches der Grundnotenlänge bestimmt. Auf der Basis der Taktlänge wird dann der Auftakt bestimmt, wodurch der Rhythmus der Melodie durch die Taktlänge und den Auftakt definiert ist. Anschließend wird dann ein Anpassen der Notenlängen-quantisierten Notenfolge an das Taktraster auf der Basis der Taktlänge und des Auftakts durchgeführt, wodurch eine rhythmische Aufbereitung des Audiosignals bzw. der in dem Audiosignal beinhalteten Melodie erhalten wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die rhythmische Aufbereitung von Audiosignalen, um das Ergebnis der rhythmischen Aufbereitung beispielsweise mit anderen Melodien bzw. Stimmen oder Begleitungen zu einer mehrstimmigen Melodie mischen bzw. vereinigen zu können.

Stand der Technik

[0002] Audiosignale, wie sie unmittelbar nach einer Tonaufnahme erhalten werden, liegen meistens zunächst als äquidistante Folge von Abtastwerten vor, wie z.B. im PCM-Format (PCM = Pulse Code Modulation = Pulsocodemodulation). In dieser Form werden Musikstücke auf CDs gespeichert, nämlich als Folge digitaler Abtastwerte.

[0003] Audiosignale werden meistens in komprimierter Form als komprimierte Audiosignale abgespeichert und weiterverarbeitet, um die Datenmenge zu komprimieren. Ein Beispiel eines Komprimierungs-Algorithmus ist der allseits bekannte MP3-Standard. Bei den meisten solchen Komprimierungsverfahren wird das Audiosignal in Frequenzbänder zerlegt, wobei die Spektralwerte zur Komprimierung derart quantisiert oder auf Null gesetzt werden, dass bei der Rücktransformation bzw. Dekompression der Informationsverlust nicht hörbar ist. Verwendung findet hier ein sogenanntes psycho-akustisches Modell, das zeitliche und frequenzmäßige Verdeckungen in Form einer sich zeitlich ändernden Hörschwelle berücksichtigt.

[0004] Unabhängig davon, in welcher der beiden oben genannten Formen ein Audiosignal nun vorliegt, d.h. in einer unkomprimierten oder komprimierten Form, lässt sich ein Audiosignal dieser Art nur schlecht mit anderen Audiosignalen automatisch, d.h. durch einen Computer oder dergleichen und ohne Interaktion einer fachkundigen Person, mischen, so dass ein akzeptables Hörergebnis herauskommt. Soll eine zweistimmige Melodie beispielsweise dadurch erhalten werden, dass ein erstes Audiosignal, das eine erste Melodie darstellt, und ein zweites Audiosignal, das eine zweite Melodie darstellt, gemischt bzw. miteinander vereinigt werden, so ist das ohne die Interaktion einer musikalisch ausgebildeten Person auch dann nicht möglich, wenn die beiden Melodien rhythmisch ideal aufeinander abgestimmt sind, d.h. Taktsynchron sind. Jedenfalls ist es schwierig, die Takte der beiden Melodien derart übereinander zu legen, dass die Taktschläge der beiden Melodien aufeinander fallen.

[0005] Gar unmöglich ist es da Melodien miteinander zu mischen, die rhythmisch nicht perfekt sind, wie z.B. Tempovariationen aufweisen. Ein Beispiel für ein rhythmisch nicht perfektes Audiosignal ist beispiels-

weise eine solche, die durch Aufnahmen eines Gesangs eines Benutzers erhalten wird, oder durch Summen oder Pfeifen oder dergleichen. In diesem Fall ist ein Mischen von derart erhaltenen Audiosignalen unter bloßer Einstellung eines geeigneten zeitlichen Versatzes zwischen den Audiosignalen nicht möglich. Andererseits ist es auch nicht möglich, die Rhythmusabweichungen eines Audiosignals in seiner vorliegenden Form als zeitliche Abfolge von Abtastwerten zu beseitigen. Dasselbe gilt für eine rhythmische Aufbereitung in der Domäne der Frequenzbänder.

[0006] Es ist deshalb wünschenswert, Audiosignale, die in unkomprimierter oder in komprimierter Form bzw. einer Zeitabta- bzw. Frequenzbanddomäne vorliegen, rhythmisch aufbereiten zu können, um dieselben beispielsweise anschließend miteinander mischen bzw. vereinigen zu können.

Aufgabenstellung

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur rhythmischen Aufbereitung eines Audiosignals zu schaffen, so dass effektiver, mit weniger Mühe und besser hörbarem Erfolg eine Weiterverarbeitung des Audiosignals, wie z.B. ein Mischen bzw. Vereinigen dieses Audiosignals mit anderen Audiosignalen für eine mehrstimmige Melodie, möglich ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 14 gelöst.

[0009] Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine effektivere, weniger aufwändige und qualitativ bessere rhythmische Aufbereitung eines Audiosignals erhalten werden kann, wenn die eigentliche rhythmische Aufbereitung in einer Notendarstellung des eine Melodie beinhaltenden bzw. darstellenden Audiosignals erfolgt. Mittels einer Verarbeitung des Audiosignals, die eine Notenerkennung bzw. -extraktion umfasst, wird deshalb erfindungsgemäß zunächst eine Notenfolge erzeugt. Aus dieser Notenfolge wird dann eine Grundnotenlänge bestimmt, woraufhin die Noten der Notenfolge den Notenlängen-Quantisierungsstufen auf der Basis der Grundnotenlänge zugeteilt werden können, um eine Notenlängen-quantisierte Notenfolge zu erhalten. Die Taktlänge kann dann ohne weiteres als ein ganzzahliges Vielfaches der Grundnotenlänge bestimmt werden, nämlich durch Bestimmung derart, dass eine sich ergebende Schlaggeschwindigkeit der Notenlängen-quantisierten Notenfolge eine vorbestimmte Bedingung erfüllt, wie z.B. der BPM- (beats per minute = Schläge pro Minute) Wert innerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegt. Auf der Basis der Taktlänge kann dann der Auftakt bestimmt werden, wodurch das Taktraster der Notenlängen-quantisier-

ten Notenfolge bzw. der Rhythmus der Melodie durch die Taktlänge und den Auftakt definiert ist. Anschließend kann dann ein Anpassen der Notenlängen-quantisierten Notenfolge an das Taktraster auf der Basis der Taktlänge und des Auftakts durchgeführt werden, wodurch eine rhythmische Aufbereitung des Audiosignals bzw. der in dem Audiosignal beinhalteten Melodie erhalten wird. Am Ende liegt das Audiosignal zwar als eine Notenfolge vor, nämlich als eine rhythmisch korrigierte Notenfolge, aber diese lässt sich ohne weiteres in eine Zeitabtastr- bzw. Frequenzbanddarstellung rücktransformieren, und zwar unter jeglicher Instrumentierung.

[0010] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Grundnotenlänge dadurch bestimmt, dass die Ton- bzw. Notenanfangszeitpunkte der Noten ausgewertet werden, die bei der Erzeugung der Notenfolge bei der Notenerkennung für jede Note erzeugt worden sind. Insbesondere werden die Differenzen der Notenanfangszeitpunkte aufeinanderfolgender Noten der Notenfolge quantisiert, und die sich ergebende Tonabstandsstatistik ausgewertet, um die Grundnotenlänge zu ermitteln. Dabei wird die Grundnotenlänge beispielsweise mit derjenigen Tonanfangsabstands-quantisierungsstufe gleichgesetzt, die am häufigsten in der Notenfolge auftritt.

[0011] Bei der Notenerkennung gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wird jeder erkannten Note ein Notenanfangszeitpunkt und eine Notendauer zugeordnet. Zwischen den einzelnen erkannten Noten der Notenfolge entstehen somit stets Pausen. Neben den normal vorkommenden Pausen in der Notenfolge, die aufgrund von Atempausen beim Einsingen einer Melodie beispielsweise auch in ihrer Länge erheblich schwanken können, können in einer Notenfolge jedoch auch Pausen entstehen, die gewünscht sind bzw. zur Melodie dazugehören. Bei diesen Noten bildet sich eine besonders große Differenz zwischen dem Tonanfangsabstand zur nachfolgenden Note und der Notendauer der der Pause vorausgehenden Note. Damit solche Diskrepanzen nicht bei der nachfolgenden Auswertung zu Fehlern führen, wird gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel auf die Bestimmung der Grundnotenlänge hin die Notenfolge daraufhin überprüft, ob solche großen Diskrepanzen zwischen Tonanfangszeitpunkt-Differenzen aufeinander folgender Noten auf der einen Seite und der Notendauer der jeweils ersten Note auf der anderen Seite existieren. Ist dies der Fall, wird in die Pause eine Pausennote eingefügt, d.h. eine Note mit einer zugeordneten Lautstärke von Null.

[0012] Zur eigentlichen Einteilung der Noten in die Notenlängen-Quantisierungsstufen, d.h. der eigentlichen Notenlängen-Quantisierung, wird gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfin-

dung für jede Note die Differenz ihres Notenanfangsabstands zur nachfolgenden Note zur Grundnotenlänge ausgewertet. Vorzugsweise sind ganzzahlige Notenlängen-Quantisierungsstufen vorgegeben, wie z.B. 1, 2, 3, 4, 8, 16, 32 ..., denen die einzelnen Noten derart zugeordnet werden, dass die zugeordnete Notenlängen-Quantisierungsstufe multipliziert mit der Grundnotenlänge dem Notenanfangsabstand zur nachfolgenden Note am nächsten kommt.

[0013] Gemäß einem weiterem Ausführungsbeispiel wird die Zuordnung der Noten zu Notenlängen-Quantisierungsstufen auf eine kompliziertere Art und Weise durchgeführt, um der üblichen Unzulänglichkeit von eingesungenen Audiosignalen Herr zu werden, nämlich dass der Takt einer eingesungenen Melodie über die Zeit hinweg variiert. Bei dieser Vorgehensweise wird die Grundnotenlänge abschnittsweise an die Notenfolge angepasst, wodurch sich weniger Fehler in der Notenlängen-Quantisierungsstufeneinordnung ergeben.

[0014] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wird der Umstand ausgenutzt, dass üblicherweise Noten eine quantisierte Notendauer bzw. Notenlänge von 2^{-x} , mit x einer ganzen Zahl, aufweisen. Im Anschluss an die Einstufung der Noten der Notenfolge in die Notenlängen-Quantisierungsstufen wird gemäß diesem Ausführungsbeispiel folglich ausgewertet, wie viele der Noten einer Notenlängen-Quantisierungsstufe zugeordnet worden sind, die einem Vielfachen von 3 entspricht. Sind dies zu viele, so wird Grundnotenlänge mit $2/3$ oder $3/2$ multipliziert und die Notenlängen-Quantisierungsstufeneinteilung erneut durchgeführt.

[0015] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Auftaktbestimmung unter Ausnutzung einer Beobachtung durchgeführt, nach welcher Notenanfänge zumeist mit Taktanfängen zusammenfallen, und nach welcher lange Noten zumeist an den Taktanfängen positioniert sind. Diese Vorgehensweise ermöglicht die schnelle Auffindung des Auftaktes bei bekannter Taktlänge, indem lange Noten in der Notenfolge gesucht werden, deren Notenanfänge zueinander einen Abstand aufweisen, der einem ganzzahligen Vielfachen der Taktlänge entspricht.

[0016] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0017] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Erzeugung einer polyphonen Melodie;

[0018] [Fig. 2](#) eine schematische Skizze zur Veranschaulichung der Notendarstellung, wie sie von der Extraktionseinrichtung der Vorrichtung von [Fig. 1](#)

ausgegeben wird;

[0019] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild des internen Aufbaus der Rhythmeinrichtung aus der Vorrichtung von [Fig. 1](#), die zusammen mit der Notenextraktionseinrichtung der Vorrichtung von [Fig. 1](#) ein Ausführungsbeispiel für eine Rhythmus-Aufbereitungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung liefert;

[0020] [Fig. 4](#) ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung der Funktionsweise der Einrichtung zur Bestimmung der Grundnotenlänge und zur Einteilung der Noten der Notenfolge in Notenlängen-Klassen bzw. -Quantisierungsstufen aus [Fig. 3](#);

[0021] [Fig. 5](#) ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung einer möglichen Vorgehensweise zur Zuordnung der Notenlängen-Quantisierungsstufen zu den Noten in dem Ablauf nach [Fig. 4](#);

[0022] [Fig. 6](#) ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung der Funktionsweise der Auftaktbestimmungseinrichtung von [Fig. 3](#);

[0023] [Fig. 7](#) ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung der Funktionsweise der Anpassungseinrichtung von [Fig. 3](#).

Ausführungsbeispiel

[0024] [Fig. 1](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Vorrichtung zur Erzeugung einer polyphonen Melodie aus einem Audiosignal, das eine gewünschte Melodie enthält. Anders ausgedrückt zeigt [Fig. 1](#) eine Vorrichtung zur rhythmischen und harmonischen Aufbereitung und Neuinstrumentierung eines eine Melodie darstellenden Audiosignals und zum ergänzen der entstehenden Melodie um eine geeignete Begleitung.

[0025] Die Vorrichtung von [Fig. 1](#), die allgemein mit **300** angezeigt ist, umfasst einen Eingang **302** zum Empfang des Audiosignals. In dem vorliegenden Fall wird exemplarisch davon ausgegangen, dass die Vorrichtung **300** bzw. der Eingang **302** das Audiosignal in einer Zeitabstufungsdarstellung, wie z.B. als WAV-Datei, erwartet. Das Audiosignal könnte am Eingang **302** allerdings auch in anderer Form vorliegen, wie z.B. in einer unkomprimierten oder komprimierten Form oder in einer Frequenzbanddarstellung. Die Vorrichtung **300** umfasst ferner einen Ausgang **304** zur Ausgabe einer polyphonen Melodie in jedwedem Format, wobei in dem vorliegenden Fall exemplarisch von einer Ausgabe der polyphonen Melodie im MIDI-Format ausgegangen wird (MIDI = musical instrument digital interface). Zwischen dem Eingang **302** und dem Ausgang **304** sind eine Extraktionseinrichtung **304**, eine Rhythmeinrichtung **306**, eine Tonarteneinrichtung **308**, eine Harmonieeinrichtung **310** und eine Syntheseeinrichtung **312** in dieser

Reihenfolge in Reihe geschaltet. Ferner umfasst die Einrichtung **300** einen Melodiespeicher **314**. Ein Ausgang der Tonarteneinrichtung **308** ist nicht nur mit einem Eingang der nachfolgenden Harmonieeinrichtung **310** verbunden, sondern ferner mit einem Eingang des Melodiespeichers **314**. Dementsprechend ist der Eingang der Harmonieeinrichtung **310** nicht nur mit dem Ausgang der in Verarbeitungsrichtung vorher angeordneten Tonarteneinrichtung **308** sondern auch mit einem Ausgang des Melodiespeichers **314**. Ein weiterer Eingang des Melodiespeichers **314** ist dazu vorgesehen, eine Bereitstellungs-Identifikationsnummer ID zu empfangen. Ein weiterer Eingang der Syntheseeinrichtung **312** ist dazu ausgelegt, eine Stilinformation zu empfangen. Die Bedeutung der Stilinformation und der Bereitstellungs-Identifikationsnummer geht aus der folgenden Funktionsbeschreibung hervor. Extraktionseinrichtung **304** und Rhythmeinrichtung **306** bilden zusammen eine Rhythmus-Aufbereitungseinrichtung **316**.

[0026] Nachdem im Vorhergehenden der Aufbau der Vorrichtung **300** von [Fig. 1](#) beschrieben worden ist, wird im folgenden ihre Funktionsweise beschrieben.

[0027] Die Extraktionseinrichtung **304** ist dazu ausgebildet, das am Eingang **302** empfangene Audiosignal einer Notenextraktion bzw. -erkennung zu unterziehen, um aus dem Audiosignal eine Notenfolge zu erhalten. Die Notenfolge **318**, die die Extraktionseinrichtung **304** an die Rhythmeinrichtung **306** weiterleitet, liegt bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel in einer Form vor, bei der für jede Note n ein Tonanfangszeitpunkt t_n , der den Ton- bzw. Notenanfang beispielsweise in Sekunden angibt, eine Ton- bzw. Notendauer τ_n , die die Notendauer der Note beispielsweise in Sekunden angibt, eine quantisierte Noten- bzw. Tonhöhe, d.h. C, Fis oder dergleichen, beispielsweise als MIDI-Note, eine Lautstärke L_n der Note und eine exakte Frequenz f_n des Tons bzw. der Note in der Notenfolge enthalten ist, wobei n einen Index für die jeweilige Note in der Notenfolge darstellen soll, der mit der Reihenfolge der aufeinanderfolgenden Noten zunimmt bzw. die Position der jeweiligen Note in der Notenfolge angibt.

[0028] Die Melodieerkennung, die durch die Einrichtung **304** zur Generierung der Notenfolge **318** durchgeführt wird, kann beispielsweise mit Hilfe des Ohrmodells Modells von Torsten Heinz oder unter Verwendung des Verfahrens nach der WO 2004/010327 A2 stattfinden.

[0029] In [Fig. 2](#) ist exemplarisch ein Beispiel für eine Notenfolge veranschaulicht. Insbesondere zeigt [Fig. 2](#) – aufgetragen über eine Zeitachse **320** – die Tonanfangszeitpunkte t_n , t_{n+1} , t_{n+2} und t_{n+3} von vier aufeinander folgenden Noten mit der Notendauer τ_n – τ_{n+3} , wobei die Noten nach ihrer zeitlichen Ausdeh-

nung entlang der Zeitachse **320** durch schraffierte Felder **322a–322d** veranschaulicht sind. Wie oben erwähnt, sind jeder der Noten **322a–322d** noch eine quantisierte Tonhöhe T_n , eine Lautstärke L_n und eine exakte Frequenz f_n zugeordnet.

[0030] Die Notenfolge **318** stellt immer noch die Melodie dar, wie sie auch durch das Audiosignal **302** dargestellt wurde. Die Notenfolge **318** wird nun der Rhythmus-einrichtung **306** zugeführt. Die Rhythmus-einrichtung **306** ist ausgebildet, um die zugeführte Notenfolge zu analysieren, um eine Taktlänge, einen Auftakt, d.h. ein Taktraster, für die Notenfolge zu bestimmen und dabei die einzelnen Noten der Notenfolge geeigneten quantifizierten Längen zuzuordnen und die Notenanfänge der Noten an das Taktraster anzupassen.

[0031] [Fig. 3](#) zeigt den internen Aufbau der Rhythmus-einrichtung **306**. Wie es gezeigt ist, umfasst die Rhythmus-einrichtung **306** eine Einrichtung **330** zur Bestimmung einer Grundnotenlänge und zur Einteilung der Noten der Notenfolge **318** gemäß der Grundnotenlänge in Notenlängenklassen. Die Einrichtung **330** ist ausgebildet, um als Folge hiervon eine vorläufige Notenlängen-quantisierte Notenfolge auszugeben, bei der für jede Note zusätzlich zu den Informationen, die bereits in der Notenfolge **318** enthalten waren, ein der jeweiligen Note zugeordneter Notenlängenklassenwert LC_n enthalten ist, sowie eine für die gesamte Notenfolge geltende Notenlänge NL , die quasi die Quantisierungsschrittweite angibt. Die Rhythmus-einrichtung **306** umfasst ferner eine Taktlängenbestimmungseinrichtung **332**, die ausgebildet ist, um die Notenlängen-quantisierte Notenfolge von der Einrichtung **330** zu empfangen, aus derselben eine Taktlänge TL zu bestimmen und an ihrem Ausgang die bestimmte Taktlänge TL auszugeben. Eine Auftaktbestimmungseinrichtung **334** ist ausgebildet, um von der Einrichtung **330** die Notenlängen-quantisierte Notenfolge sowie die Notenlänge NL und von der Taktlängenbestimmungseinrichtung **332** die Taktlänge TL zu erhalten, um basierend auf diesen Informationen einen Auftakt zu bestimmen und an ihrem Ausgang auszugeben. Der Auftakt und die Taktlänge bestimmen ein Taktraster der Notenlängen-quantisierte Notenfolge. Auftakt, Taktlänge TL und Notenlängenquantisierte Notenfolge inklusive der Notenlänge NL werden an eine Anpassungseinrichtung **336** der Rhythmus-einrichtung **306** weitergeleitet, die ausgebildet ist, um diese Informationen zu empfangen und basierend auf denselben die Notenlängen-quantisierte Notenfolge an das Taktraster abhängig von der Taktlänge und des Auftakts anzupassen, wodurch sich am Ausgang der Anpassungseinrichtung **336** eine rhythmisch aufbereitete Notenfolge ergibt. Bei der sich gemäß der im Folgenden beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der Anpassungseinrichtung **336** ergebenden rhythmisch aufbereiteten Notenfolge weisen gegenüber der No-

tenfolge, wie sie von der Einrichtung **330** ausgegeben wird, einige Noten verbesserte, nämlich auf ein ganzzahliges Vielfaches der Grundnotenlänge quantisierte Tonanfangszeitpunkte t_n auf.

[0032] Nachdem im Vorhergehenden der interne Aufbau der Einrichtung **306** von [Fig. 1](#) bezugnehmend auf [Fig. 3](#) beschrieben worden ist, wird im folgenden ihre Funktionsweise beschrieben.

[0033] Die Einrichtung **330** ist dazu ausgebildet, zunächst eine Grundeinheit bzw. Grundnotenlänge bzw. kürzeste Noteneinheit NL zu bestimmen, als Vielfaches derer die Notenlängen der Noten der Notenfolge **318** angegeben und damit quantisiert werden sollen, und dann alle Noten tatsächlich auf entsprechende Vielfache dieser kürzesten Notenlänge NL zu quantisieren sowie zusätzlich diese quantisierten Notenlängen als Ganzzahl für jede Note hinzuzufügen bzw. abzuspeichern, um zu einer Notenlängen-quantisierten Notenfolge **324** zu gelangen, die die Einrichtung **324** dann an die Tonarteinrichtung **308** weitergibt. Dabei markiert die Einrichtung **330** Noten, bei denen die dadurch entstehende quantisierte Notenlänge mehr als einen Grenzwert von der tatsächlich extrahierten Notendauer τ_n abweicht. Zum Schluss überprüft die Einrichtung **330** statistisch, ob die Quantisierung prinzipiell brauchbar ist, und wiederholt evt. die Quantisierung mit einer veränderten Notenlänge NL .

[0034] Im folgenden wird Bezug nehmend auf [Fig. 4](#) die Funktionsweise der Einrichtung **330** detaillierter beschrieben. Zunächst legt die Einrichtung **330** die kürzeste Einheit NL , bzw. die Grundnotenlänge, fest. Hierzu führt die Einrichtung **330** in einem Schritt **400** zunächst eine Tonabstandsstatistikermittlung durch. Dabei bestimmt die Einrichtung **330** zunächst für jede Note n den Abstand vom Notenanfang t_n bis zum Anfang t_{n+1} der nächsten Note $n + 1$, d.h. $t_{n+1} - t_n$, wobei somit für jede Note n – ausgenommen der letzten Note – ein IOI_n - (inter onset intervall = Interanfangszeitpunktintervall) Wert bestimmt wird. Diese IOI -Werte werden auf ein geeignetes Raster quantisiert. Für jede IOI -Quantisierungsstufe zählt die Einrichtung **330** die Anzahl der entsprechenden Noten, deren IOI_n -Wert auf diese IOI -Quantisierungsstufe quantisiert worden ist, um ein Histogramm der IOI -Häufigkeiten bzw. die Tonabstandsstatistik zu ermitteln. Zur endgültigen Bestimmung der Grundnotenlänge NL in einem Schritt **402** sucht die Einrichtung **330** daraufhin die häufigste Notenlänge bzw. diejenige IOI -Quantisierungsstufe, für die die meisten Noten in der Notenfolge **318** in Schritt **400** ermittelt worden sind. Je nach Länge und weiterer Verteilung im Histogramm verwendet die Einrichtung **330** im Schritt **402** diese häufigste Notenlänge, die Hälfte oder ein Viertel hiervon als den Wert für die kürzeste Notenlänge bzw. die Grundnotenlänge NL . In anderen Worten ausgedrückt, hängt die Bestimmung von

NL in Schritt **402** von der Tonabstandsstatistik aus Schritt **400**, einer Gewichtung, die kürzere IOI-Quantisierungsstufen vor größeren IOI-Quantisierungsstufen bevorzugt, und einem Maß für die Streuung der IOI-Werte ab.

[0035] In einem weiteren Schritt **404** überprüft die Einrichtung **330** dann für jede Note m , ob der Unterschied zwischen dem Notenanfangszeitpunktunterschied zur nachfolgenden Note bzw. zwischen $IOI_n = t_{n+1} - t_n$, auf der einen Seite und der tatsächlichen Notendauer τ_n dieser Note größer als eine vorbestimmte Konstante c mal die Grundnotenlänge NL ist, d.h. ob $t_{n+1} - t_n - \tau_n > c \cdot NL$ gilt. Wenn dem so ist, fügt die Rhythmeinrichtung **106** hinter der jeweiligen Note eine Pause bzw. Pausennote als zusätzliche Note mit eigener Notendauer τ und eigenem Notenanfangszeitpunkt t in die Notenfolge **318** ein.

[0036] Insbesondere umfasst der Schritt **404** folgende Teilschritte. Zunächst initialisiert die Einrichtung **330** einen Zähler i in einem Schritt **404a**. Danach überprüft sie in einer Abfrage **404b**, ob die Ungleichung $t_{i+1} - t_i - \tau_i > c \cdot NL$ erfüllt ist, was bedeutet, dass die Note i zur nachfolgenden Note einen Tonanfangsabstand aufweist, der von ihrer Notendauer τ_i um mehr als den Schwellenwert $c \cdot NL$ abweicht. Ergibt die Abfrage **404b**, dass die Ungleichung erfüllt ist, fügt die Einrichtung **330** in einem Schritt **404c** in die Notenfolge **318** die Pausennote ein. Dabei wird der Pausennote beispielsweise der Index $i + 1$ zugewiesen, also die Position in der Notenfolge **318** unmittelbar hinter der aktuellen Note i , und zwar mit einem Tonanfangszeitpunkt $t_{i+1} = t_i + \tau_i$ und einer Notendauer τ_{i+1} kleiner gleich dem Notenanfangszeitpunkt t_{i+1} der noch – ohne die Pausennoteneinfügung – aktuellen Nachfolgenote $i + 1$ der Noten i . Die aktuellen Noten mit dem Index $> i$, d.h. die aktuellen Noten $i + 1$, $i + 2$... werden um einen Index nach oben verschoben bzw. ihr Index wird um Eins inkrementiert. Anschließend wird auch der Zähler i in Schritt **404c** inkrementiert, um nunmehr auf die eingefügte Pausennote zu zeigen.

[0037] Nach dem Schritt **404c** wird der Zähler i in Schritt **404d** inkrementiert, woraufhin die Abfrage **404b** erneut durchgeführt wird. Erhält die Einrichtung **330** für die Abfrage **404b** ein negatives Ergebnis, so überprüft sie in einem Schritt **404e**, ob der Zähler i am Ende der Notenfolge **318** bereits angelangt ist, bzw. ob Noten in der Notenfolge **318** noch nicht in dem Schritt **404** verarbeitet worden sind. Ist dies der Fall, so wird in einem Schritt **404f** der Zähler i inkrementiert, woraufhin mit Schritt **404b** fortgefahren wird. Erst wenn die Abfrage in Schritt **404e** negativ ausfällt, ist der Schritt **404** und damit die Einfügung von Pausennoten beendet.

[0038] Danach führt die Einrichtung **330** in einem Schritt **406** die Bildung von Längenklassen durch,

d.h. sie ordnet jeder Note der Notenfolge, wie sie aus Schritt **404** erhalten wird, d.h. einer gegebenenfalls um Pausennoten erweiterten Notenfolge **318**, eine Notenlängenquantisierungsstufe bzw. eine Notenlängenklasse eine aus einer vorbestimmten Mehrzahl von Notenlängenquantisierungsstufen zu und markiert dabei schlecht quantisierte Noten. Hierzu existieren zwei mögliche Vorgehensweisen, wobei es vorgesehen sein kann, dass die Rhythmeinrichtung in der Lage ist, zwischen beiden Vorgehensweisen auszuwählen, wie es im folgenden noch näher beschrieben wird.

[0039] Die erste Möglichkeit, auf die die Einrichtung **330** die Zuordnung der Notenlängenquantisierungsstufen durchführt, besteht darin, dass die Einrichtung **330** für jede Note n ihren Wert IOI_n , d.h. die Differenz zwischen ihrem Anfangszeitpunkt t_n und dem Tonanfangszeitpunkt t_{n+1} der Nachfolgenote $n + 1$, durch die in Schritt **402** bestimmte Grundnotenlänge NL teilt, und das Ergebnis der Division in beispielsweise auf eine Ganzzahl gerundeter Form dazu verwendet, in einer Nachschlagtabelle nachzuschlagen, die jedem möglichen Divisionsergebnis eine Längenklasse LC bzw. eine Notenlängenquantisierungsstufe zuordnet. Die Zuordnung gemäß dieser Nachschlagtabelle ist derart definiert, dass die hierdurch erhaltende Zuordnung, die die Einrichtung **330** ausführt, jeder Note eine aus einer Mehrzahl von möglichen Notenlängenquantisierungsstufen bzw. Längenklassen LC zuordnet, wobei die möglichen Längenklassen beispielsweise 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 usw., für musikalisch sinnvolle Noten wie – abhängig von der Taktlänge – beispielsweise eine Sechzehntel-, Achtel-, 3/16-tel-, Viertel-, 3/8-tel-, halbe, 5/8-tel-, 3/4-tel-Note usw., sind. Ferner ist die Nachschlagtabelle derart ausgebildet, dass die entstehende Zuordnung der Divisionswerte zu den Längenklassen LC derart ist, dass die entstehende quantisierte Notenlänge für die Note n , nämlich $LC_n \cdot NL$, ungefähr dem Tonanfangsabstand dieser Note n zu der nachfolgenden Note $n + 1$, d.h. dem Wert IOI_n , entspricht, bzw. dem IOI_n -Wert für alle möglichen LC -Werte am nächsten kommt. Ist die Abweichung zwischen einer für eine Note n ermittelten quantisierten Notenlänge $LC_n \cdot NL$ und dem Tonanfangsabstand IOI_n dieser Note n zu der nachfolgenden Note $n + 1$ größer einer vorbestimmten Konstante, so markiert die Einrichtung **330** diese Note n als schlecht quantisiert, wobei die Markierung dieser Noten zu einem späteren Zeitpunkt verwendet wird, wie es noch im folgenden erörtert wird. Nach dem Schritt **406** umfasst die Notenfolge folglich zu jeder Note nicht nur eine tatsächliche Notendauer τ_n sondern auch eine Längenklasse LC_n , die bezogen auf die Grundnotenlänge NL die Länge der Note in quantisierter Form angibt, nämlich zu $LC_n \cdot NL$.

[0040] Die erste Möglichkeit zur Durchführung des Schrittes **406** funktioniert nur dann gut, wenn das Au-

diosignal bzw. die in demselben enthaltene Melodie einen gleichmäßigen Takt aufweist. Dies ist jedoch häufig nicht der Fall. Insbesondere dann, wenn das Audiosignal am Eingang **302** der Vorrichtung **300** von einem Benutzer in ein Mikrofon eingesungen, mit einem Instrument vorgespielt, vorgesummt oder vorgepiffen worden ist, dessen musikalisches Können eher durchschnittlich ist, variiert nämlich der der Melodie des Audiosignals am Eingang **302** zugrunde liegende Takt bzw. der Rhythmus, und somit auch die Notendauer der ansonsten – beabsichtigter Weise – vielleicht gleichlangen Noten über die Notenfolge **318** hinweg. Die Einrichtung **330** wird diesen Fall einer im Rhythmus variierenden Melodie daran erkennen, dass die Anzahl der als schlecht quantisierten Noten relativ hoch ist, die Anzahl also beispielsweise einen bestimmten Prozentsatz aller Noten in der Notenfolge **318** überschreitet. Die Einrichtung **330** kann es deshalb davon abhängig machen, ob dieser Fall eintritt, ob sie die im folgenden beschriebene Vorgehensweise zur Notenlängenklassenzuordnung alternativ zu der im Vorhergehenden beschriebenen verwendet. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel führt die Einrichtung **330** gleich die im folgenden beschriebene Art und Weise zur Notenlängenklassenzuordnung aus, wobei diese im nachfolgenden Bezug nehmend auf [Fig. 5](#) beschrieben wird. Alternativ ist die Einrichtung **330** fest darauf eingestellt, die folgende Vorgehensweise zur Notenklassenzuordnung zu verwenden. Wiederum möglich wäre eine manuelle Umstellung zwischen den beiden alternativen Möglichkeiten durch den Benutzer.

[0041] Um also die Adaption der schwankenden Geschwindigkeit der durch das Audiosignal **302** repräsentierten Melodie bei entsprechend unterschiedlich langen IOIs zu verbessern, – oder gemäß der fest eingestellten alternativen Vorgehensweise zur Notenklassenzuordnung – variiert die Einrichtung **330** für jede Note der Notenfolge, wie sie in Schritt **404** erhalten wird, den Wert von NL und berechnet damit die Abweichung der quantisierten Länge $LC_n \cdot NL$ von dem tatsächlichen IOI-Wert für die folgenden s Noten, worauf hin die Einrichtung **330** die Abweichung mit der Größe der Abweichung als zusätzlichen Faktor minimiert, so dass immer ein lokaloptimales NL verwendet wird. Für die folgenden Noten verwendet die Einrichtung **330** dann immer die lokale NL der vorhergehenden Noten, woraufhin der Prozess wiederholt wird. Am Schluss wird aus allen Noten ein durchschnittliches NL berechnet und damit das aus Schritt **402** bestimmte NL ersetzt. Um die Vorgehensweise näher zu veranschaulichen, sei im folgenden auf [Fig. 5](#) Bezug genommen.

[0042] Zunächst initialisiert die Einrichtung **330** einen Zähler n , um alle möglichen Gruppen von aufeinander folgenden $s + 1$ Noten der Notenfolge **318** durchzuscannen, d.h. alle $N - s$ möglichen Gruppen, wobei N die Anzahl der Noten der aktuellen Notenfol-

ge sein soll. Die Initialisierung findet in Schritt **406a** statt. Danach, in einem Schritt **406b**, variiert die Einrichtung **330** die aktuelle Notenlänge NL, nämlich die in Schritt **402** erhaltene Notenlänge, um eine Kandidatennotenlänge zu erhalten, die von der Notenlänge NL um ein vorbestimmtes maximales Maß abweicht. Wie es sich im Folgenden noch herausstellen wird, wird der Schritt **406b** mehrmals für eine Gruppe durchlaufen, wobei die in Schritt **406b** ermittelten Kandidatennotenlängen beispielsweise auf eine vorbestimmte Weise um die variierte Notenlänge liegen.

[0043] In einem darauf folgenden Schritt **406c** bestimmt die Einrichtung **330** für jede Note der Gruppe von Noten, deren erste Note die Note m ist, also für die Noten mit dem Index zwischen m und $m + s$, die Notenlängenquantisierungsstufe, wie es bereits im vorhergehenden Bezug nehmend auf die erste Möglichkeit zur Durchführung des Schrittes **406** beschrieben worden ist, diesmal jedoch für bzw. abhängig von der Kandidatennotenlänge KNL, wie sie in Schritt **406b** ermittelt worden ist. Das Ergebnis von Schritt **406c** sind folglich $s + 1$ Notenlängenquantisierungsstufen LC_n , nämlich eine pro Note der Gruppe m .

[0044] In einem darauf folgenden Schritt **406d** berechnet die Einrichtung **330** einen gewissen Abstandswert aus den Notenlängenquantisierungsstufen bzw. Längenklassen, die für die Noten der Gruppe m in Schritt **406d** bestimmt worden sind, derart, dass der Abstandswert repräsentativ ist für eine mittlere Abweichung der in Schritt **406c** ermittelten quantisierten Notenlängen $LC_i \cdot NL$ mit $m \leq i \leq m + s$ von den entsprechenden Notenanfangsabständen zwischen den Noten der Gruppe m und der jeweils nachfolgenden Note, d.h. von IOI_i mit $n \leq i \leq m + s$. Beispielsweise berechnet die Einrichtung **330** in Schritt **406d** den Abstandswert $a_{m,j}$ für die Gruppe m und die j -te Kandidatennotenlänge KNL zu

$$a_{m,j} = \frac{1}{s+1} \sum_{i=m}^{m+s} |IOI_i - KNL_j \cdot LC_i|$$

[0045] Im darauf folgenden Schritt **406e** überprüft die Einrichtung **330**, ob eine vorbestimmte Anzahl von Kandidatennotenlängen in Schritt **406b** erzeugt worden sind. Falls nicht, wiederholt die Einrichtung **330** den Schritt **406b** und erzeugt somit eine zweite, dritte, ... q -te Kandidatennotenlänge KNL. Daraufhin werden die Schritte **406c** und **406d** für die neue Kandidatenlänge durchgeführt. Auf diese Weise wird, bis in dem Schritt **406e** feststeht, dass eine genügend hohe Anzahl an Kandidatennotenlängen erzeugt worden ist, für jede Kandidatennotenlänge KNL ein Abstandswert $a_{m,j}$ für die Gruppe m erhalten. In einem Schritt **406f** bestimmt nun die Einrichtung **330** diejenige Kandidatennotenlänge für die Gruppe m als eine lokale Notenlänge für diese Gruppe m , für die der Abstandswert $a_{m,j}$ minimiert ist. Vorzugsweise gewichtet dabei die Einrichtung **330** die Abstandswerte

$a_{m,j}$ vorher mit einem zusätzlichen Faktor p_j , der mit zunehmender Abweichung der Kandidatennotenlänge KNL von der Notenlänge, wie sie dem Schritt **406b** zur Variation zugrunde lag, zunimmt, also beispielsweise mit $p_j = |KNL_j - NL|$, so dass die Einrichtung **330** die Folge von Werten $f_j = a_{m,j} p_j$ minimiert. Die lokale Notenlänge für die Gruppe m , die auf diese Weise in Schritt **406f** bestimmt wird, weicht folglich höchstens um ein vorbestimmtes Maß von der Notenlänge ab, wie sie in Schritt **406b** zur Variation verwendet worden ist, was beim ersten Durchlauf der Schritte **406b–406f** die Notenlänge ist, die in Schritt **402** ermittelt worden ist, d.h. NL , bei nachfolgenden Schritten jedoch, wie es im folgenden noch beschrieben wird, die lokale Notenlänge der vorhergehenden Gruppe $m - 1$. Auf diese Weise wird eine kontinuierliche Adaption der lokalen Notenlängen für die aufeinander folgenden Gruppen m erzielt.

[0046] In einem auf den Schritt **406f** folgenden Schritt **406g** ordnet die Rhythmeinrichtung **302** der ersten Note der Gruppe, d.h. der Note m , die in Schritt **406f** bestimmte lokale Notenlänge und die Notenlängenquantisierungsstufe zu, die in Schritt **406c** für diese Note und für die lokale Notenlänge bestimmt worden ist.

[0047] Daraufhin überprüft die Einrichtung **330** in einem Schritt **406h** ob eine nachfolgende Gruppe von $s + 1$ aufeinander folgenden Noten existiert. Ist dies der Fall, erhöht in einem Schritt **406i** die Einrichtung **330** den Zähler m und führt die Schritte **406b–406h** für die auf die Note m folgende Note $m + 1$ und die s auf diese Note folgenden Noten durch, wobei sie hierbei bei Schritt **406b**, wie im vorhergehenden bereits erwähnt, Kandidatennotenlängen nicht als Variation zu der in Schritt **402** bestimmten Notenlänge NL sondern als Variation zu der lokalen Notenlänge der zuletzt verarbeiteten Gruppe bestimmt. Der Abstand der einer Note in Schritt **406g** zugeordneten lokalen Notenlänge zu der in Schritt **402** bestimmten Notenlänge kann deshalb durchaus groß werden, größer jedenfalls als das maximale Variationsmaß in Schritt **406b**. Allerdings ändern sich die lokalen Notenlängen von Note zu Note lediglich um das Variationshöchstmaß in Schritt **406b**.

[0048] Stellt die Einrichtung **330** in Schritt **406h** fest, dass zu allen Noten, bzw. Gruppen die Schritte **406b–406g** durchgeführt worden sind, berechnet sie in einem Schritt **406j** eine neue Notenlänge als einen Mittelwert über die den Noten in Schritt **406g** zugeordneten lokalen Notenlängen, um die in Schritt **402** bestimmte Notenlänge für die darauf folgende Verarbeitung zu ersetzen. Ferner kann die Einrichtung **330**, obwohl es in [Fig. 5](#) nicht gezeigt ist, in dem Schritt **406g** ferner gleich einer Markierung der schlecht quantisierten Noten durchführen, wie es im vorhergehenden Bezug nehmend auf die erste mögliche Durchführungs-Art und Weise für den Schritt

406 beschrieben worden ist.

[0049] Nachdem im Schritt **406** jeder Note n eine Längenklasse LC_n zugeordnet worden ist, wird durch die Einrichtung **330** in einem Schritt **408** eine prinzipielle Überprüfung der durch den Schritt **406** realisierten Quantisierung bzw. eine Überprüfung der Güte der Notenklassenbestimmung durchgeführt. Dabei geht die Einrichtung **330** insbesondere folgendermaßen vor. Zunächst untersucht die Einrichtung **330**, wie viele der Noten der Notenfolge eine Längenklasse LC hat, die einem Vielfachen von 3 entspricht, also beispielsweise 3, oder, wenn auch die Längenklassen 6, 9, 12 usw. zu den möglichen Längenklassen gehören, die Längenklasse 6 usw. In einen darauf folgenden Schritt überprüft die Einrichtung **330** dann, ob die Anzahl einen gewissen Wert überschreitet, wie z.B. einen gewissen Prozentsatz relativ zu der Anzahl aller Noten der Notenfolge. Ist dies der Fall (**410**), so geht die Einrichtung **330** davon aus, dass die bisherige Wahl der Notenlänge NL , wie sie entweder durch den Schritt **402** oder alternativ durch den Schritt **406j** bestimmt worden ist, keine geeignete Grundnotenlänge darstellt, da Noten zumeist zueinander Notenlängenverhältnisse von 2^{-x} mit x einer Ganzzahl aufweisen. Deshalb ändert die Einrichtung **330** in einem Schritt **412** die bisher geltende Notenlänge aus Schritt **402** bzw. **406j**, indem sie die bisher geltende Notenlänge mit $2/3$ oder $3/2$ multipliziert, um eine neue Notenlänge NL' zu erhalten. Insbesondere multipliziert die Einrichtung **330** im Schritt **412** die bisher geltende Notenlänge NL mit $2/3$, wenn die bisher geltende Notenlänge größer als eine Konstante x , mit x beispielsweise einem Wert zwischen 0,05 und 0,2 Sekunden und vorzugsweise 0,11 Sekunden, ist, und mit $3/2$, wenn die bisher geltende NL kleiner oder gleich der Konstante x ist. Hält die bisher geltende NL jedoch im Schritt **410** der Überprüfung Stand, so beendet die Einrichtung **330** ihre Arbeit, um, wie Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) beschrieben, die Notenfolge **318** unter zusätzlicher Zuordnung jeder Note zu einer Längenklasse LC als Notenlängenquantisierte Notenfolge zusammen mit der bestimmten Notenlänge NL an die Taktbestimmungseinrichtung **332** und die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** sowie die Anpassungseinrichtung **336** auszugeben.

[0050] Nach der Ausgabe der Notenlängen-quantisierten Notenfolge wird zunächst die Taktlängenbestimmungseinrichtung **332** aktiv, um die Taktlänge zu bestimmen, und zwar als eine Anzahl der Grundnotenlänge NL . Damit ergibt sich inhärent auch die Anzahl der Grundnotenlängen pro Taktschlag bzw. Beat bzw. pro Beatintervall und eine Taktgeschwindigkeit bzw. ein BPM-Wert der Notenlängen-quantisierten Notenfolge.

[0051] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel führt die Einrichtung **332** die Taktlängenbestimmung auf die folgende Weise durch. Sie geht zu-

nächst vorgabemäßig davon aus, dass ein bestimmtes Taktschema vorliegt, wobei im Folgenden exemplarisch davon ausgegangen wird, dass die Taktlängenbestimmungseinrichtung **332** einen Vier-Viertel-Takt annimmt, bei dem vier Schläge bzw. Beats pro Takt vorkommen. Außerdem ist der Taktlängenbestimmungseinrichtung **230** eine Mindestgeschwindigkeit vorgegeben, wie z.B. eine Mindestgeschwindigkeit von 70 bpm. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel bestimmt nun die Taktlängenbestimmungseinrichtung **332** eine Ganzzahl $x > 0$ derart, dass

$$\frac{60\text{sek}}{2 \min_{\text{bpm}}} < 2^x \text{NL} \leq \frac{60\text{sek}}{\min_{\text{bpm}}}$$

gilt, wobei „sek“ die Einheit Sekunden sein soll, \min_{bpm} der bpm-Wert der Mindestgeschwindigkeit und NL die durch die Einrichtung **330** bestimmte Grundnotenlänge sei.

[0052] Auf diese Weise wird einem Taktschlag die Länge 2^xNL zugeordnet, so dass sich eine Geschwindigkeit der Schläge zwischen der Minimalgeschwindigkeit und dem Doppelten der Minimalgeschwindigkeit ergibt, also, um bei dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel zu bleiben, eine Geschwindigkeit zwischen 70 und 140 bpm. Die Taktlänge beträgt damit unter der vorhergehenden exemplarischen Annahme eines Vier-Viertel-Taktes automatisch $4 \times 2^x \text{NL}$. Damit liegt die Länge eines Taktes in NL-Einheiten und damit auch in Sekunden fest, woraufhin die Taktlängenbestimmungseinrichtung **332** die Taktlänge TL an die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** und die Anpassungseinrichtung **336** ausgibt.

[0053] Auf die Ausgabe der Taktlänge TL durch die Einrichtung **332** hin wird die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** aktiv, um ihrerseits eine Auftakterkennung und damit eine endgültige Festlegung der Taktraster bzw. eine endgültige Festlegung des Taktrasters der Notenlängen-quantisierte Notenfolge durchzuführen.

[0054] Die Funktionsweise der Auftaktbestimmungseinrichtung **334** zur Bestimmung des Auftaktes wird im Folgenden Bezug nehmend auf [Fig. 6](#) näher erläutert. Zunächst versucht die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** in einem Schritt **500** unter den Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge lange Noten ausfindig zu machen. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erkennt die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** solche Noten der Notenlängen-quantisierte Notenfolge als lange Noten an, deren zugeordnete Längengruppe LC_n multipliziert mit der Grundnotenlänge NL größer als das Schlagintervall 2^xNL bzw., in dem Fall eines Vier-Viertel-Taktes, größer als $TL/4$ ist.

[0055] Nachdem die Einrichtung **334** solche langen Noten im Schritt **500** bestimmt hat, versucht die Einrichtung in einem Schritt **502** Gruppen von langen Noten zu finden, die untereinander bezüglich ihrer Notenanfangszeitpunkte im wesentlichen mit einem Vielfachen einer Taktlänge TL beabstandet sind. Anders ausgedrückt, ermittelt die Einrichtung **334** in dem Schritt **502** alle Gruppen von langen Noten, deren Noten alle Notenanfangszeitpunkte t_n aufweisen, die untereinander einen Abstand aufweisen, der im Wesentlichen einem ganzzahligen Vielfachen der ermittelten Taktlänge TL entspricht bzw. von einem ganzzahligen Vielfachen der ermittelten Taktlänge um höchstens einen vorbestimmten Schwellenwert abweicht. Die Ermittlung im Schritt **502** wird beispielsweise derart durchgeführt, dass die Überprüfung der Abstände zwischen den Notenanfangszeitpunkten der Noten einer potentiellen Gruppe von langen Noten daraufhin, ob dieselben weniger als ein vorbestimmtes Maß von einem Vielfachen einer Taktlänge TL entfernt sind, auf die Abstände zwischen Taktanfangszeitpunkten aufeinander folgender bzw. nächstliegender Noten dieser Gruppen beschränkt wird. Alternativ können jedoch auch alle Abstände überprüft werden.

[0056] Dem Schritt **502** liegt die Beobachtung zugrunde, dass lange Noten zumeist an Taktanfängen angeordnet sind. Alle im Schritt **502** ermittelten Gruppen stellen folglich Kandidatengruppen von langen Noten dar, deren Noten an den Taktanfängen angeordnet sein könnten. Alle Noten der Kandidatengruppen werden folglich als mögliche erste Note eines Taktes markiert.

[0057] In einem Schritt **504** wählt die Einrichtung **334** eine der Kandidatengruppen aus, nämlich bevorzugter Weise diejenige, die die meisten langen Noten aufweist. Anders ausgedrückt, wählt die Einrichtung **334** im Schritt **504** diejenigen unter den markierten langen Noten, die zu den meisten anderen langen Noten den im Schritt **502** geforderten Abstand haben, als erste Noten eines Taktes bzw. Noten aus, die Taktanfänge bilden. Im Schritt **506** bestimmt die Einrichtung **334** daraufhin den Auftakt, indem sie ein Taktraster mit der bestimmten Taktlänge TL so zeitlich verschiebt, dass die Taktanfänge möglichst gut mit den Notenanfängen der langen Noten der im Schritt **504** bestimmten Gruppe übereinstimmen, wodurch sich der Auftakt bzw. der Versatz der Takte zu dem Beginn der Notenlängen-quantisierten Notenfolge ergibt. Diesen Auftakt gibt die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** an ihrem Ausgang aus, beispielsweise in Sekunden, gemessen von Beginn der Melodie an, um ihn an die Anpassungseinrichtung **336** weiterzuleiten.

[0058] Die Anpassungseinrichtung **336** führt daraufhin eine Korrektur von neben dem durch die Taktlänge TL und den Auftakt bestimmten Takt bzw. dem

durch die Taktlänge und den Auftakt bestimmte Taktraster liegenden Noten der Notenlängenquantisierten Notenfolge durch. Insbesondere führt die Anpassungseinrichtung **336** eine Quantisierung der Notenanzfangszeitpunkte durch, wie sie Bezug nehmend auf [Fig. 7](#) näher veranschaulicht wird.

[0059] Zunächst sucht die Einrichtung **336** in einem Schritt **600** den durch die Notenlängen-quantisierten Notenfolge repräsentierten gesamten Vektor außer demjenigen Teil, der sich auf den ersten Takt bzw. den Auftakt bezieht, daraufhin durch, ob er Gruppen von aufeinander folgenden Noten enthält, die ein oder mehrere Ticks bzw. um ein oder zwei NL oder um ein anderes vorbestimmtes Maß neben den Taktschlägen liegen, wie sie durch das Taktraster definiert sind, das durch die Taktlänge TL und den Auftakt definiert ist.

[0060] Um dies zu veranschaulichen, sei beispielsweise auf [Fig. 2](#) Bezug genommen. [Fig. 2](#) deutet mit gestrichelten Linien aufgetragen über der Zeitachse **320** eine Einteilung der Zeitachse **320** in aufeinanderfolgende Abschnitte der Länge NL an, wie sie durch die Auftaktbestimmung durch die Einrichtung **334** festgelegt ist. In diesem exemplarischen Fall gehörte beispielsweise die Note **322c** zu den langen Noten, wie sie im Schritt **500** ermittelt worden sind. Dementsprechend liegt in der Gegend des Notenanzfangszeitpunktes der Note **322c** t_{n+2} ein Taktanfang **602**, wie es im Schritt **506** festgelegt worden ist, und somit auch ein Taktschlag. Die in [Fig. 2](#) erkennbare leichte Diskrepanz zwischen dem Zeitpunkt des Taktanfangs **602** und dem Notenanzfangszeitpunkt t_{n+2} der Note **342c** lässt sich durch die Rhythmusschwankungen des ursprünglichen Audiosignals am Eingang **302** der Vorrichtung erklären. Durch die Festlegung des Taktrasters derart, dass in dem gezeigten Ausschnitt von [Fig. 2](#) der Taktanfang **602** an der gezeigten Stelle ist, ist aber auch das Raster von Notenlängen NL in seinem zeitlichen Versatz festgelegt. In dem Fall von [Fig. 2](#) sei exemplarisch angenommen, dass durch die Einrichtung **332** das Schlagintervall auf 2^3 NL festgelegt worden sei, weshalb sich in [Fig. 2](#) ein weiterer Taktschlag bei **604** befindet und ein wiederum weiterer bei **606**. Wie es zu sehen ist, liegt von den Noten **322a**, **322c** und **322d** keine der Noten derart, dass ihre Notenanzfänge um mehr als eine Notenlänge NL von einem Taktschlag **602–606** abweichen. Folglich würde keine der Noten in dem Schritt **600** durch die Einrichtung **336** im Rahmen einer Gruppe ausgewählt werden. Die Note **323b** würde ebenfalls nicht, da sie eine einzelne Note umgeben von Noten mit geringen Abständen zu Taktschlägen ist, als Teil einer Gruppe von aufeinander folgenden Noten der im Schritt **600** gesuchten Art ausgewählt werden.

[0061] Findet aber die Einrichtung **336** eine Gruppe der im Schritt **600** gesuchten Art, führt die Einrichtung **336** bestimmte Maßnahmen nach einer gewissen

Priorität an dieser Gruppe durch, wie es im Folgenden beschrieben wird. Zunächst überprüft die Einrichtung **336** in einem Schritt **608** die Noten der gefundenen Gruppe von aufeinander folgenden Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge daraufhin, ob eine Note im Schritt **504** durch die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** als Anfangsnote eines Taktes markiert worden ist. Falls dies der Fall ist, verschiebt die Einrichtung **336** in einem Schritt **610** die Gruppe derart, dass die betreffende Note, d.h. diejenige, die einen Taktanfang darstellt, auf dem Taktanfang liegt, wobei alle auf diese Note folgenden Noten dieser Gruppe dementsprechend mitverschoben werden. Beginnt die Gruppe von aufeinander folgenden Noten beispielsweise bei der Note m, und reicht die Gruppe bis zur Note $m + 1$, und ist weiterhin die Note, die den Taktanfang darstellt, die Note j mit $m \leq j \leq m + 1$, und ist t_{Takt} der Zeitpunkt des entsprechenden Taktanfangs, so verschiebt die Einrichtung **336** im Schritt **610** alle Noten j bis $m + 1$ durch Addieren von $t_{\text{Takt}} - t_j$ zu den Notenanzfangszeitpunkten t_j, \dots, t_{m+1} .

[0062] Nach dem Schritt **610** fährt die Einrichtung **336** bei Schritt **600** mit der nächsten Gruppe fort.

[0063] Fällt jedoch die Überprüfung im Schritt **608** negativ aus, d.h. befindet sich in der aktuellen Gruppe keine Note, die einen Taktanfang darstellt bzw. im Schritt **504** als erste Note eines Taktes markiert worden ist, so fährt die Einrichtung **336** bei Schritt **612** damit fort, zu überprüfen, ob vor der aktuellen Gruppe von Noten eine Note vorhanden ist, die wegen ihrer großen Abweichung des Produktes aus Längensklasse mal Notenlänge von der wirklichen Notendauer τ im Schritt **406** durch die Einrichtung **330** markiert worden ist. Ist dies der Fall, führt die Einrichtung **336** in einem Schritt **614** eine Untersuchung dahingehend durch, ob alle folgenden Noten der Gruppe nach einer Verschiebung besser relativ zu den Taktschlägen liegen, d.h. ein mittlere Abstand jedes Notenanzfangszeitpunktes der Noten der aktuellen Gruppe zu dem jeweils nächstgelegenen Taktschlag bei Verschiebung in der Zeitachse kleiner wird, und zwar vorzugsweise bei Verschiebung um Vielfache von NL. Ist dies der Fall, verschiebt die Einrichtung **336** in einem Schritt **616** die Noten in der aktuellen Gruppe unter entsprechender Verkürzung bzw. Verlängerung der Note vor der Gruppe um Einheiten der Grundnotenlänge NL nach vorne oder nach hinten, je nachdem, wie die im Schritt **406** markierte Note besser an ihre ursprüngliche Länge herankommt, d.h. derart, dass die entstehende Längensklasse LC' für diese Note multipliziert mit NL ihrer tatsächlichen Notendauer τ näher kommt. Nach dieser Maßnahme fährt die Einrichtung **336** mit der nächsten Gruppe im Schritt **600** fort.

[0064] Befindet sich jedoch keine als schlecht quantisiert markierte Note in der aktuellen Gruppe, so fährt die Einrichtung **336** bei Schritt **618** damit fort, zu

überprüfen, ob die Gruppe insgesamt ein oder zwei Ticks neben dem Takt bzw. neben den Taktschlägen liegt, woraufhin, wenn dies der Fall ist, die Einrichtung **336** in einem Schritt **620** nur die Gruppe von Noten verschiebt, wobei die Richtung vom Durchschnitt der ursprünglichen Positionen der Noten abhängt, d.h. den für diese Noten in der Notenlängen-quantisierten Notenfolge enthaltenen Notenanzfangszeitpunkten t_n .

[0065] Nach Durchführung der Maßnahme **620** fährt die Einrichtung **336** bei Schritt **600** mit der nächsten Gruppe fort. Bei einem negativen Ergebnis der Abfrage **618** fährt die Einrichtung **336** ebenfalls mit dem Schritt **600** bezüglich der nächsten Gruppe fort.

[0066] Die Notenfolge, die die Anpassungseinrichtung **336** nach Durchführung der in [Fig. 7](#) gezeigten Schritte ausgibt, stellt folglich eine rhythmisch aufbereitete Notenfolge dar, die auch das Ausgangsergebnis **324** der Rhythmeinrichtung **306** von [Fig. 1](#) darstellt.

[0067] An der rhythmisch aufbereiteten Notenfolge **324** führt die Tonarteinrichtung **308** eine Tonartbestimmung und ggf. eine Tonartkorrektur durch. Genauer ausgedrückt bestimmt die Einrichtung **308** basierend auf der Notenfolge **324** eine Haupttonart bzw. Tonart der durch die Notenfolge **324** bzw. das Audiosignal **302** repräsentierten Benutzermelodie inklusive des Tongeschlechtes, d.h. Dur oder Moll, des beispielsweise gesungenen Stückes. Danach erkennt dieselbe an dieser Stelle ferner tonleiterfremde Töne bzw. Noten in der Notenfolge **114** und korrigiert dieselben, um zu einem harmonisch klingenden Endergebnis zu kommen, nämlich einer rhythmisch aufbereiteten und tonart-korrigierten Notenfolge **700**, die an die Harmonieeinrichtung **310** weitergeleitet wird und eine Tonart-korrigierte Form der von dem Benutzer gewünschten Melodie darstellt.

[0068] Die Funktionsweise der Einrichtung **324** hinsichtlich der Tonartbestimmung kann auf verschiedene Weisen ausgeführt sein. Die Tonartbestimmung kann beispielsweise auf die in dem Artikel Krumhansl, Carol L.: Cognitive Foundations of Musical Pitch, Oxford University Press, 1990, oder die in dem Artikel Temperley, David: The cognition of basic musical structures. The MIT Press, 2001, beschriebene Weise stattfinden.

[0069] Die Harmonieeinrichtung **310** ist dazu ausgebildet, die Notenfolge **700** von der Einrichtung **308** zu empfangen und für die Melodie, die durch diese Notenfolge **700** repräsentiert wird, eine passende Begleitung zu finden. Dazu agiert bzw. wirkt die Einrichtung **310** taktweise. Insbesondere wirkt die Einrichtung **310** an jedem Takt, wie er durch das durch die Rhythmeinrichtung **306** festgelegte Taktraster bestimmt ist, derart, dass sie eine Statistik über die in

dem jeweiligen Takt vorkommenden Töne bzw. Tonhöhen der Noten T_n erstellt. Die Statistik der vorkommenden Töne wird dann mit den möglichen Akkorden der Tonleiter der Haupttonart verglichen, wie sie von der Tonarteinrichtung **308** bestimmt worden ist. Die Einrichtung **310** wählt unter den möglichen Akkorden dann insbesondere denjenigen Akkord aus, dessen Töne am besten mit den Tönen übereinstimmen, die sich in dem jeweiligen Takt befinden, wie es durch Statistik angezeigt wird. Auf diese Weise bestimmt die Einrichtung **310** für jeden Takt denjenigen Akkord, der am besten zu den beispielsweise eingesungenen Tönen bzw. Noten in dem jeweiligen Takt passt. Mit anderen Worten ausgedrückt, ordnet die Einrichtung **310** den durch die Einrichtung **306** gefundenen Takten Akkordstufen der Grundtonart in Abhängigkeit des Tongeschlechtes zu, so dass sich eine Akkordprogression über den Verlauf der Melodie bildet. Am Ausgang der Einrichtung **310** gibt dieselbe folglich neben der rhythmisch aufbereiteten und Tonart-korrigierten Notenfolge inklusive NL ferner für jeden Takt eine Akkordstufenangabe an die Syntheseeinrichtung **312** aus.

[0070] Die Syntheseeinrichtung **312** benutzt zur Durchführung der Synthese, d.h. zur künstlichen Erzeugung der sich schließlich ergebenden polyphonen Melodie, eine Stilinformation, die von einem Benutzer eingegeben werden kann, wie es durch den Fall **702** angezeigt ist. Beispielsweise kann ein Benutzer durch die Stilinformation aus vier verschiedenen Stilen bzw. Musikrichtungen auswählen, in denen die polyphone Melodie generiert werden kann, nämlich Pop, Techno, Latin oder Reggae. Zu jedem dieser Stile ist entweder eine oder sind mehrere Begleitpatterns in der Syntheseeinrichtung **312** hinterlegt. Zur Erzeugung der Begleitung verwendet nun die Syntheseeinrichtung **312** das bzw. die durch die Stilinformation **702** angezeigte(n) Begleitmuster. Zur Erzeugung der Begleitung hängt die Syntheseeinrichtung **312** die Begleitmuster pro Takt aneinander. Handelt es sich bei dem durch die Einrichtung **310** bestimmten Akkord zu einem Takt um die Akkordversion, in der ein Begleitmuster bereits vorliegt, so wählt die Syntheseeinrichtung **312** für diesen Takt für die Begleitung einfach das entsprechende Begleitmuster zu dem aktuellen Stil aus. Ist jedoch für einen bestimmten Takt, der durch die Einrichtung **310** bestimmte Akkord nicht derjenige, in welchem ein Begleitmuster in der Einrichtung **312** hinterlegt ist, so verschiebt die Syntheseeinrichtung **312** die Noten des Begleitpatterns um die entsprechende Halbtonzahl bzw. ändert die Terz und ändert die Sext und Septim um einen Halbton im Falle eines anderen Tongeschlechtes, nämlich durch Verschiebung um einen Halbton nach oben im Fall von einem Dur-Akkord umgekehrt im Fall eines Moll-Akkords.

[0071] Ferner instrumentiert die Syntheseeinrichtung **312** die durch die Notenfolge **700**, die von der

Harmonieeinrichtung **310** an die Syntheseeinrichtung **312** weitergeleitet wird, repräsentierte Melodie, um eine Hauptmelodie zu erhalten und kombiniert anschließend Begleitung und Hauptmelodie zu einer polyphonen Melodie, die sie vorliegend exemplarisch in Form einer MIDI-Datei am Ausgang **304** ausgibt.

[0072] Die Tonarteneinrichtung **308** ist ferner dazu ausgebildet, die Notenfolge **700** im Melodiespeicher **314** unter einer Bereitstellungsidentifikationsnummer zu speichern. Ist der Benutzer mit dem Ergebnis der polyphonen Melodie am Ausgang **304** unzufrieden, kann er die Bereitstellungsidentifikationsnummer zusammen mit einer neuen Stilinformation neu in die Vorrichtung von **Fig. 1** eingeben, woraufhin der Melodiespeicher **314** die unter der Bereitstellungsidentifikationsnummer gespeicherte Folge **700** an die Harmonieeinrichtung **310** weiterleitet, die daraufhin – wie im Vorhergehenden beschrieben – die Akkorde bestimmt, woraufhin die Syntheseeinrichtung **312** unter Verwendung der neuen Stilinformation abhängig von den Akkorden eine neue Begleitung und abhängig von der Notenfolge **700** eine neue Hauptmelodie erzeugt und zu einer neuen polyphonen Melodie am Ausgang **304** zusammenfügt.

[0073] Akkordstufenzuordnung zu den Takten durch die Einrichtung **310** und die anschließende Synthetisierung der Begleitung und Instrumentierung der Hauptmelodie funktionieren besser, weil die durch die Einrichtung zur rhythmischen Aufbereitung **316** erzeugte Notenfolge **324** ein Zusammenfügen der Begleitung und der Hauptmelodie zu einem rhythmisch wohlklingenden polyphonen Klang erst überhaupt ermöglicht.

[0074] Bezug nehmend auf die vorhergehende Figurenbeschreibung wird darauf hingewiesen, dass die vorliegende Erfindung nicht auf das Gebiet der Erzeugung polyphoner Melodien, wie z.B. polyphoner Klingeltöne, beschränkt ist. Die rhythmische Aufbereitung von Audiosignalen ist bei vielen Einsatzgebieten vorteilhaft und notwendig. Ferner wird darauf hingewiesen, dass viele der im Vorhergehenden beschriebenen Schritte nicht in dieser Reihenfolge von den einzelnen Einrichtungen durchgeführt werden müssen. Bezüglich der Schritte wird insbesondere darauf hingewiesen, dass die einzelnen Einrichtungen, deren Funktionsweisen durch die Schrittabfolge jeweils definiert sind, für die einzelnen Schritte Einrichtungen aufweisen, die die jeweilige Funktionalität bzw. den jeweiligen Schritt übernehmen. Beispielsweise ist die gesamte Vorrichtung von **Fig. 1** als Computerprogramm implementiert, das für jede einzelne Einrichtung bzw. jeden einzelnen Schritt ein Unterprogramm oder einen Abschnitt eines Programmcodes aufweist.

[0075] Ferner ist es möglich, viele der Funktionalitäten der Einrichtungen der Rhythmusseinrichtung **306**

auch anders zu implementieren als dies Bezug nehmend auf die **Fig. 4–Fig. 7** beschrieben worden ist. Insbesondere Bezug nehmend auf die Funktionalität der Auftaktbestimmungseinrichtung **334** wird im Folgenden eine Alternative zu der im Vorhergehenden beschriebenen Vorgehensweise beschrieben. Nach dieser alternativen Vorgehensweise unterscheidet die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** nicht zwischen langen und kurzen Noten. Sie verschiebt lediglich kontinuierlich oder quasi kontinuierlich ein Taktraster mit der durch die Taktlängenbestimmungseinrichtung **332** bestimmten Taktlänge über die Zeitachse **320** (**Fig. 2**) und bestimmt dabei für jeden Versatzwert, wie viele Notenanfangszeitpunkte mit Taktanfängen derart zusammenfallen, dass der Zeitunterschied einen bestimmten Schwellenwert unterschreitet. Abhängig von dieser Anzahl für jeden Taktrasterversatz bestimmt die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** dann den Auftakt als denjenigen Versatzwert, der zu den meisten Aufeinandertreffen zwischen Taktanfängen und Notenanfängen führt. Dabei kann die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** zusätzlich solche Versatzwerte bevorzugen, die kleiner sind. Ferner kann die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** bestimmen, um wie viel der nächstgelegene Notenanfangszeitpunkt von einem Taktanfang entfernt ist, bei dem keine Übereinstimmung bzw. kein Zusammenfallen mit einem Notenanfang festgestellt worden ist. Die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** könnte dann noch eine Anzahl von Taktanfängen zählen, bei denen dieser größere Abstand einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. Diese Anzahl könnte die Auftaktbestimmungseinrichtung **334** bei der Auswahl unter den Versatzwerten als Auftakt dadurch berücksichtigen, dass sie Versatzwerte benachteiligt, bei denen solche Taktanfänge vorkommen, und zwar ggf. um so mehr, je größer die Anzahl solcher Nicht-Zusammenfallen-Ereignis-Taktanfänge ist. Die Einrichtung **334** könnte ferner die Bezug nehmend auf **Fig. 6** beschriebene Vorgehensweise zur Bestimmung des Auftaktes versuchen, und daraufhin, falls die Anzahl der Noten in der größten Gruppe zu klein ist, die in diesem Absatz beschriebene Vorgehensweise verwenden.

[0076] Bezug nehmend auf die Syntheseeinrichtung **312** wird darauf hingewiesen, dass es möglich ist, dass in der Syntheseeinrichtung **312** zu jedem Stil Begleitmuster mit verschiedenen Geschwindigkeiten (bpms) hinterlegt sein können und in der Synthese dann jenes gewählt wird, welches am Nächsten an der Geschwindigkeit der Melodie dran ist.

[0077] Ferner wird darauf hingewiesen, dass die im Vorhergehenden beschriebene Reihenfolge der Einrichtungen und/oder Schritte nicht immer festgelegt sein muss. So kann beispielsweise in **Fig. 1** die Tonarteneinrichtung **308** auch zwischen der Extraktionseinrichtung **304** und der Rhythmusseinrichtung **306** angeordnet sein, um die Notenfolge **318** vor ihrer

Verarbeitung durch die Rhythmeinrichtung **306** hinsichtlich einer bestimmten Tonart in den Tonhöhen zu korrigieren.

[0078] Über die in [Fig. 1](#) gezeigten Einrichtungen hinaus kann die Vorrichtung von [Fig. 1](#) ferner eine Aufnahmeeinrichtung aufweisen, die durch Aufnahme einer Benutzeingabe, wie z.B. eines Gesanges, das Audiosignal erst erzeugt, um es an den Eingang **302** weiterzuleiten.

[0079] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den Gegebenheiten das erfindungsgemäße Schema auch in Software implementiert sein kann. Die Implementation kann auf einem digitalen Speichermedium, insbesondere einer Diskette oder einer CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem zusammenwirken können, dass das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computerprogrammprodukt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Rechner abläuft. In anderen Worten ausgedrückt kann die Erfindung somit als ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur rhythmischen Aufbereitung eines Audiosignals, mit folgenden Merkmalen:
 einer Verarbeitungseinrichtung (**304**) zum Verarbeiten des Audiosignals, das eine Melodie beinhaltet, um eine Notenfolge (**318**) zu erhalten;
 einer Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (**330**) zum Bestimmen einer Grundnotenlänge (NL) auf der Basis der Notenfolge (**318**) und zum Zuordnen der Noten (**322a–d**) der Notenfolge (**318**) zu Notenlängenquantisierungsstufen auf der Basis der Grundnotenlänge (NL), um eine Notenlängen-quantisierte Notenfolge (**324**) zu erhalten;
 einer Taktlängenbestimmungseinrichtung (**332**) zum Bestimmen einer Taktlänge (TL) als ein erstes ganzzahliges Vielfaches der Grundnotenlänge (NL), derart, dass eine sich ergebende Schlaggeschwindigkeit der Notenlängen-quantisierten Notenfolge (**324**) eine vorbestimmte Bedingung erfüllt;
 einer Auftaktbestimmungseinrichtung (**334**) zum Bestimmen des Auftaktes der Notenlängen-quantisierten Notenfolge (**324**) abhängig von der Taktlänge (TL), wobei durch die Taktlänge (TL) und den Auftakt ein Taktraster definiert ist; und
 einer Anpassungseinrichtung (**336**) zum Anpassen der Notenlängen-quantisierten Notenfolge (**324**) an das Taktraster auf der Basis der Taktlänge (TL) und des Auftaktes.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Verarbeitungseinrichtung (**304**) ausgebildet ist, um eine Notenextraktion des Audiosignals derart durchzuführen, dass in der Notenfolge (**318**) für jede Note ein Notenansfangszeitpunkt (t_n), eine Notendauer (τ_n), eine Lautstärke (L_n) und eine Notenlängen-quantisierte Tonhöhe (T_n) enthalten ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (**330**) ausgebildet ist, um

a) Differenzen zwischen den Notenansfangszeitpunkten (t_n) von aufeinanderfolgenden Noten der Notenfolge (**318**) zu bilden (**400**), um eine Tonabstandsstatistik zu erhalten, und
 b) die Grundnotenlänge (NL) basierend auf der Tonabstandsstatistik zu ermitteln (**402**).

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (**330**) ferner ausgebildet ist, um

c) zu überprüfen (**404b**), ob eine Abweichung zwischen einer Differenz zwischen den Notenansfangszeitpunkten (t_n) einer ersten Note der Notenfolge (**318**) und einer zweiten, auf die erste Note folgenden Note der Notenfolge (**318**) auf der einen Seite und der Notendauer (τ_n) der ersten Note auf der anderen Seite eine ersten vorbestimmten Schwellwert überschreitet, der von der Grundnotenlänge (NL) abhängt, und
 d) falls dies der Fall ist, in die Notenfolge (**318**) hinter der ersten Note eine Pausennote als Note mit einem Notenansfang und einer Notenlänge einzufügen (**404e**), die von den Notenansfangszeitpunkten (t_n) der ersten und zweiten Note sowie der Notendauer (τ_n) der ersten Note abhängen.

5. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 3 oder 4, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (**330**) ferner ausgebildet ist, um e) der Noten der Notenfolge (**318**) jeweils eine ganzzahlige Notenlängenquantisierungsstufe (LC_n) zuzuordnen (**406**), wodurch die Notenlängen-quantisierte Notenfolge (**324**) erhalten wird, wobei die Zuordnung e) unter Zuordnen einer ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufe (LC_n) aus einer vorbestimmten Mehrzahl von möglichen ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufen zu einer dritten Note der Notenfolge (**318**) abhängig von einem Verhältnis zwischen einer Differenz des Notenansfangszeitpunkts (t_n) der dritten Note und des Notenansfangszeitpunkts (t_n) einer auf die dritte Note folgenden Note der Notenfolge (**318**) auf der einen Seite und der Grundnotenlänge (NL) auf der anderen Seite stattfindet.

6. Vorrichtung gemäß den Ansprüchen 3 oder 4, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (**330**) ausgebildet ist, um

e) den Noten der Notenfolge (**318**) jeweils eine ganzzahlige Notenlängenquantisierungsstufe (LC_n) zuzu-

ordnen, wodurch die Notenlängen-quantisierte Notenfolge (324) erhalten wird, wobei die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (330) derart ausgebildet ist, dass die Zuordnung unter Durchführung folgender Schritte ausgeführt wird:

e1) Variieren (406b), für eine Gruppe bestehend aus einer vierten Note und s auf die vierte Noten folgenden Noten der Notenfolge (318), der Grundnotenlänge (NL) innerhalb eines bestimmten Höchstmaßes, um Kandidatenabschnittsgrundnotenlängen (KNL) zu erhalten (406b);

e2) Zuordnen (406c), für jede Kandidatenabschnittsgrundnotenlänge (KNL), für jede Note der Gruppe, jeweils einer ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufe aus der vorbestimmten Mehrzahl von möglichen ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufen zu der jeweiligen Note der Gruppe, und zwar abhängig von einem Verhältnis zwischen einer Differenz des Notenanfangszeitpunktes (t_n) der jeweiligen Note und des Notenanfangszeitpunktes (t_n) der auf die jeweilige Note folgende Note der Notenfolge auf der einen Seite und der jeweiligen Kandidatenabschnittsgrundnotenlänge (KNL) auf der anderen Seite (406c);

e3) Berechnen (406d), für jede Kandidatenabschnittsgrundnotenlänge (KNL), eines Gruppenabstandswertes, basierend auf, für jede Note der Gruppe, einer Differenz zwischen dem Produkt der ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufe, der die jeweilige Note der Gruppe für die jeweilige Kandidatenabschnittsgrundnotenlänge (KNL) zugeordnet ist, und der jeweiligen Kandidatenabschnittsgrundnotenlänge (KNL) auf der einen Seite und einer Differenz zwischen dem Notenanfangszeitpunkt (t_n) der jeweiligen Note und dem Notenanfangszeitpunkt (t_n) der auf die jeweilige Note nachfolgenden Note auf der anderen Seite,

e4) basierend auf den Gruppenabstandswerten für jede Kandidatenabschnittsgrundnotenlänge (KNL), Bestimmen (406f) einer Abschnittsgrundnotenlänge unter den Kandidatenabschnittsgrundnotenlängen (KNL), derart, dass der Gruppenabstandswert für die Abschnittsgrundnotenlänge unter den Gruppenabstandswerten für die Kandidatenabschnittsgrundnotenlängen (KNL) extremal ist,

e5) Zuordnen (406g) der Abschnittsgrundnotenlänge und der ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufe, der in Schritt e2) die vierte Note für die Abschnittsgrundnotenlänge zugeordnet worden ist, zu der vierten Note,

wobei die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (330) derart ausgebildet ist, dass zur Durchführung der Zuordnung nach e) die Schritte e1)–e5) ferner für eine auf die vierte Note folgende fünfte Note der Notenfolge (318) anstelle der vierten Note durchgeführt werden (406h, 406i), wobei jedoch im Schritt e1) die der vierten Note zugeordnete Abschnittsgrundnotenlänge innerhalb des Höchstmaßes variiert wird.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (330) ausgebildet ist, um f) aus den Abschnittsgrundnotenlängen einen Durchschnittswert zu berechnen und die Grundnotenlänge durch den Durchschnittswert zu ersetzen (406j).

8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (330) ausgebildet ist, um

g) die den Noten der Notenfolge (318) zugeordneten ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufen (LC_n) daraufhin auszuwerten (408), wie viele derselben einem Vielfachen von Drei entsprechen, um ein Auswertergebnis zu erhalten, und

h) abhängig von dem Auswertergebnis (410), die Grundnotenlänge (NL) zu ändern (412) und den Schritt e) bzw. die Schritte e) und f) erneut durchzuführen.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die Grundnotenlängenquantisierungseinrichtung (330) ausgebildet ist, um die Änderung h) der Grundnotenlänge derart durchzuführen, dass die Grundnotenlänge mit $2/3$ multipliziert wird, wenn die Grundnotenlänge größer als ein zweiter vorbestimmter Schwellwert ist, und die Grundnotenlänge mit $3/2$ zu multiplizieren, wenn die Grundnotenlänge kleiner als der zweite vorbestimmte Schwellwert ist.

10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 6 bis 9, bei der die Auftaktbestimmungseinrichtung (334) ausgebildet ist, um

a) unter den Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge (324) solche herauszufinden (500), deren zugeordnete Notenlängenquantisierungsstufen (LC_n) einen dritten vorbestimmten Schwellwert überschreiten, um die herausgefundenen Noten als lange Noten unter den Noten zu identifizieren,

b) die langen Noten dahingehend auszuwerten (502), welche Gruppen von langen Noten aufweisen, deren Notenanfangszeitpunkte (t_n) untereinander Abstände aufweisen, die einem ganzzahligen Vielfachen der Taktlänge (TL) mit weniger als einer vorbestimmten maximalen Abweichung entsprechen, um Kandidatengruppen von Noten zu erhalten;

c) die Kandidatengruppen dahingehend auszuwerten (504), welche der Kandidatengruppen die meisten Noten aufweist, um ein zweites Auswertergebnis zu erhalten; und

d) auf der Basis des zweiten Auswertergebnisses den Auftakt zu bestimmen (506).

11. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Taktlängenbestimmungseinrichtung (332) ausgebildet ist, um eine Ganzzahl x derart zu bestimmen, dass 2^x mal der Grundnotenlänge (NL) eine vorbestimmte Bedingung erfüllt, und basierend auf 2^x und der Grundnotenlänge die Taktlänge (TL) festzulegen.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, bei der die Anpassungseinrichtung (336) ausgebildet ist, um

a) unter den Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge eine Gruppe von aufeinanderfolgenden Noten zu ermitteln (600), deren Notenansfangszeitpunkte (t_n) um mehr als ein vierter vorbestimmter Schwellwert von Taktschlägen abweichen, wie sie durch das Taktraster festgelegt sind, und

b) zu untersuchen (608), ob eine der Noten der Gruppe von Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge zu einer Kandidatengruppe gehört, die die meisten Noten unter den Kandidatengruppen aufweist, und, falls dies der Fall ist, die Notenansfangszeitpunkte (t_n) der Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge, die der Kandidatengruppe mit dem meisten Noten zugehört, sowie die nachfolgenden Noten der Gruppe derart gemeinsam zu verschieben (610), dass die der Kandidatengruppe mit den meisten Noten zugehörige Note der Gruppe mit einem Taktanfang des Taktrasters übereinstimmt.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei der die Anpassungseinrichtung (336) ausgebildet ist, um c) falls keine Note der Gruppe von Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge einer der Kandidatengruppen angehört, zu untersuchen (612), ob die Notenlängenquantisierungsstufe (LC_n) der Note vor der Gruppe von Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge mal die Grundnotenlänge (NL) von der Notendauer (τ_n) dieser Note um mehr als ein fünfter vorbestimmter Schwellwert abweicht, und in diesem Fall zu untersuchen (614), ob alle Noten der Gruppe von Noten der Notenlängen-quantisierten Notenfolge nach einer Verschiebung ihrer Notenansfangszeitpunkte (t_n) um ein ganzzahliges Vielfaches der Grundnotenlänge (NL) besser mit den Taktschlägen übereinstimmen, und, falls dies der Fall ist, die Notenansfangszeitpunkte (t_n) der Noten der Gruppe unter entsprechender Verkleinerung oder Vergrößerung der ganzzahligen Notenlängenquantisierungsstufe (LC_n) der Note vor der Gruppe so zu verschieben, dass die Notenlängenquantisierungsstufe (LC_n) der Note vor der Gruppe mal die Grundnotenlänge (LC_n) der Notendauer (τ_n) dieser Note näher kommt.

14. Verfahren zur rhythmischen Aufbereitung eines Audiosignals, mit folgenden Schritten:

Verarbeiten (304) des Audiosignals, das eine Melodie beinhaltet, um eine Notenfolge (318) zu erhalten;

Bestimmen (330) einer Grundnotenlänge (NL) auf der Basis der Notenfolge (318) und Zuordnen der Noten (322a–

d) der Notenfolge (318) zu Notenlängenquantisierungsstufen auf der Basis der Grundnotenlänge (NL), um eine Notenlängen-quantisierte Notenfolge (324) zu erhalten;

Bestimmen (332) einer Taktlänge (TL) als ein erstes ganzzahliges Vielfaches der Grundnotenlänge (NL), derart, dass eine sich ergebende Schlaggeschwindigkeit der Notenlängen-quantisierten Notenfolge

(324) eine vorbestimmte Bedingung erfüllt;

Bestimmen (334) des Auftaktes der Notenlängen-quantisierten Notenfolge (324) abhängig von der Taktlänge (TL), wobei durch die Taktlänge (TL) und den Auftakt ein Taktraster definiert ist; und

Anpassen (336) der Notenlängen-quantisierten Notenfolge (324) an das Taktraster auf der Basis der Taktlänge (TL) und des Auftaktes.

15. Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 14, wenn das Computer-Programm auf einem Computer abläuft.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

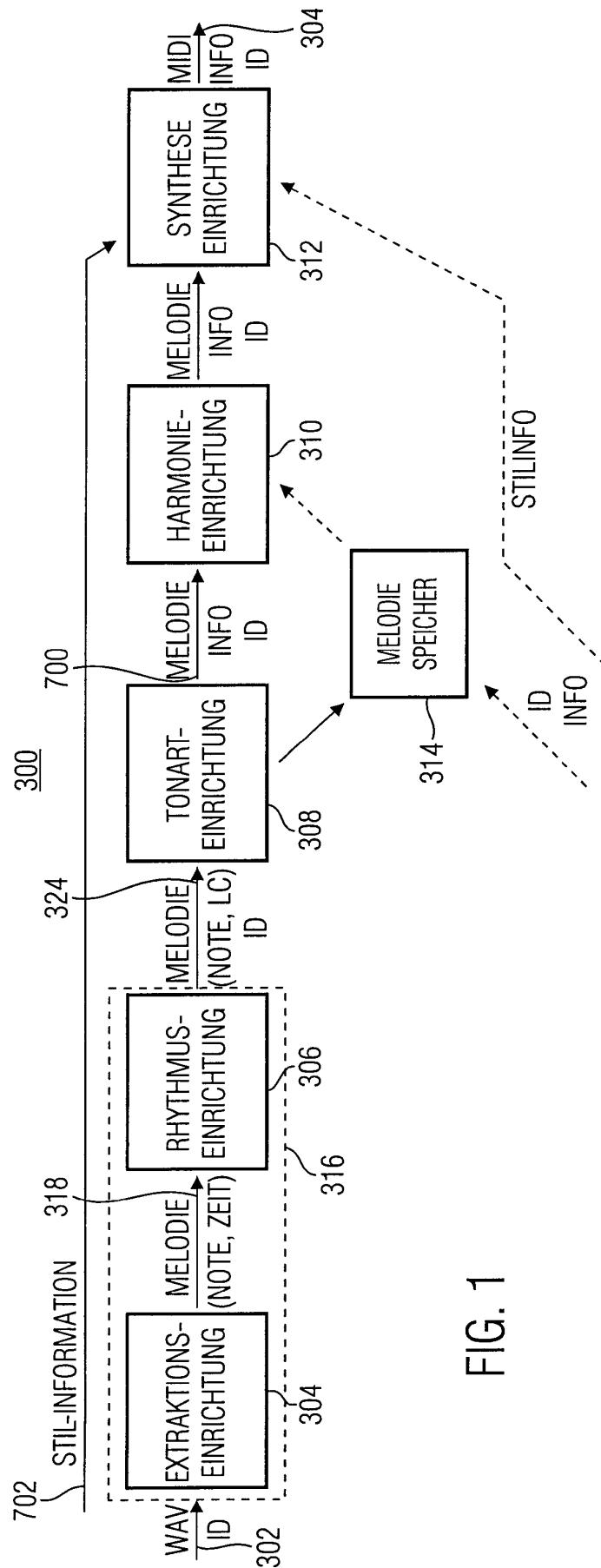


FIG. 1

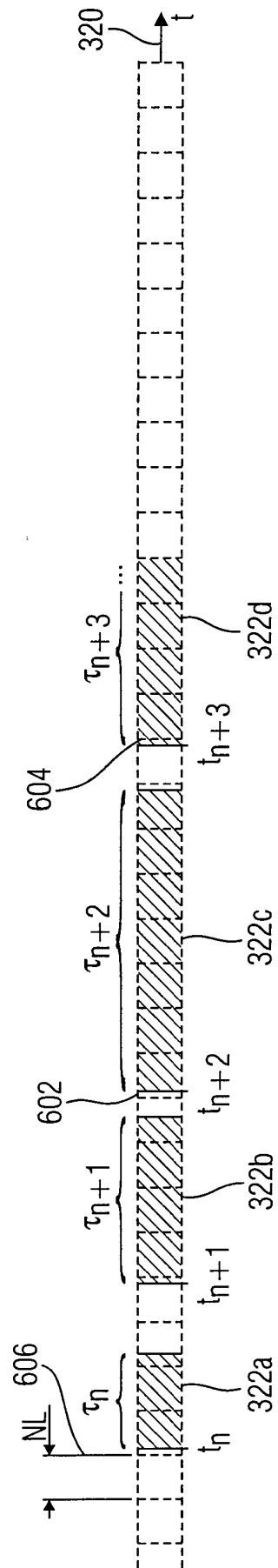


FIG. 2

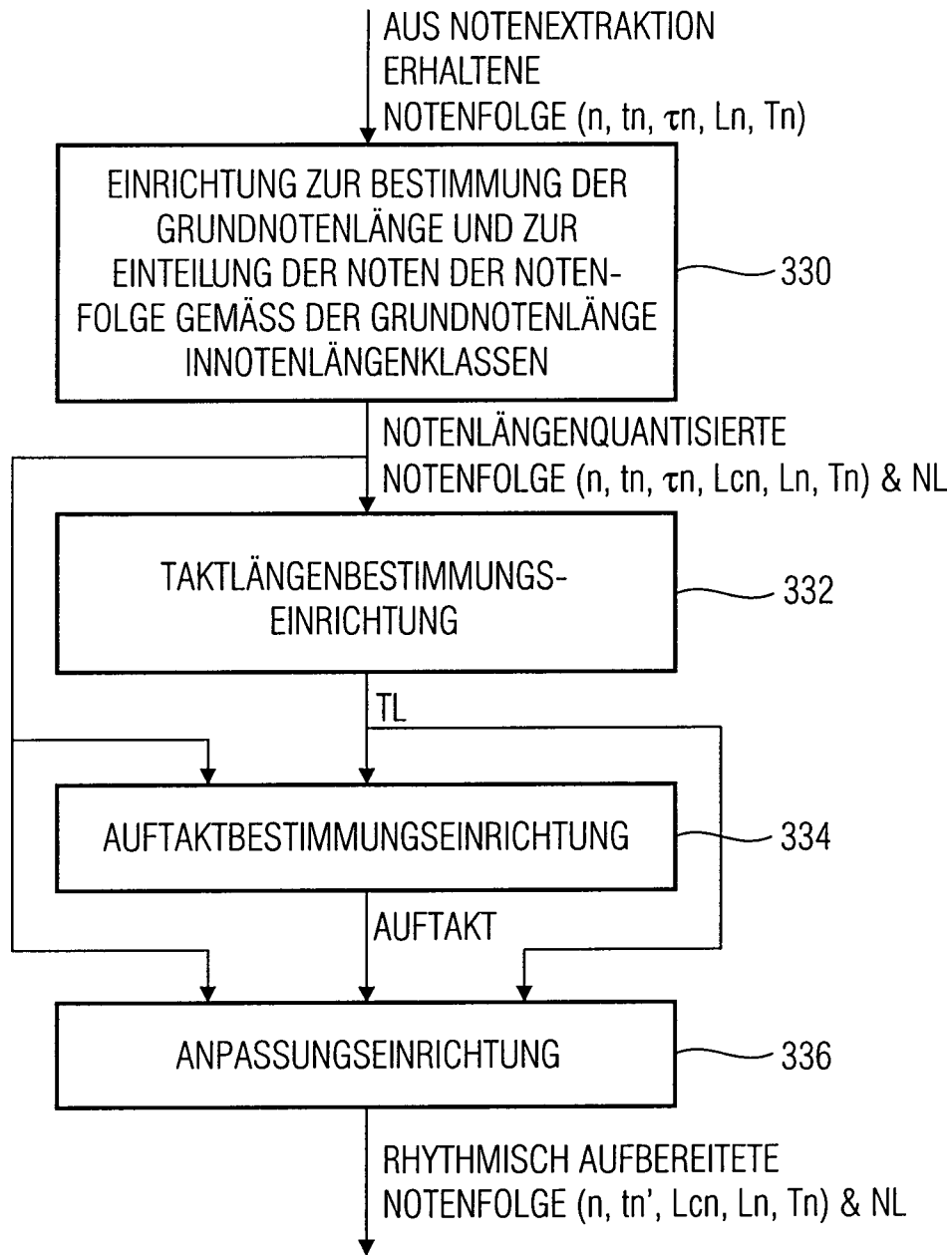


FIG. 3

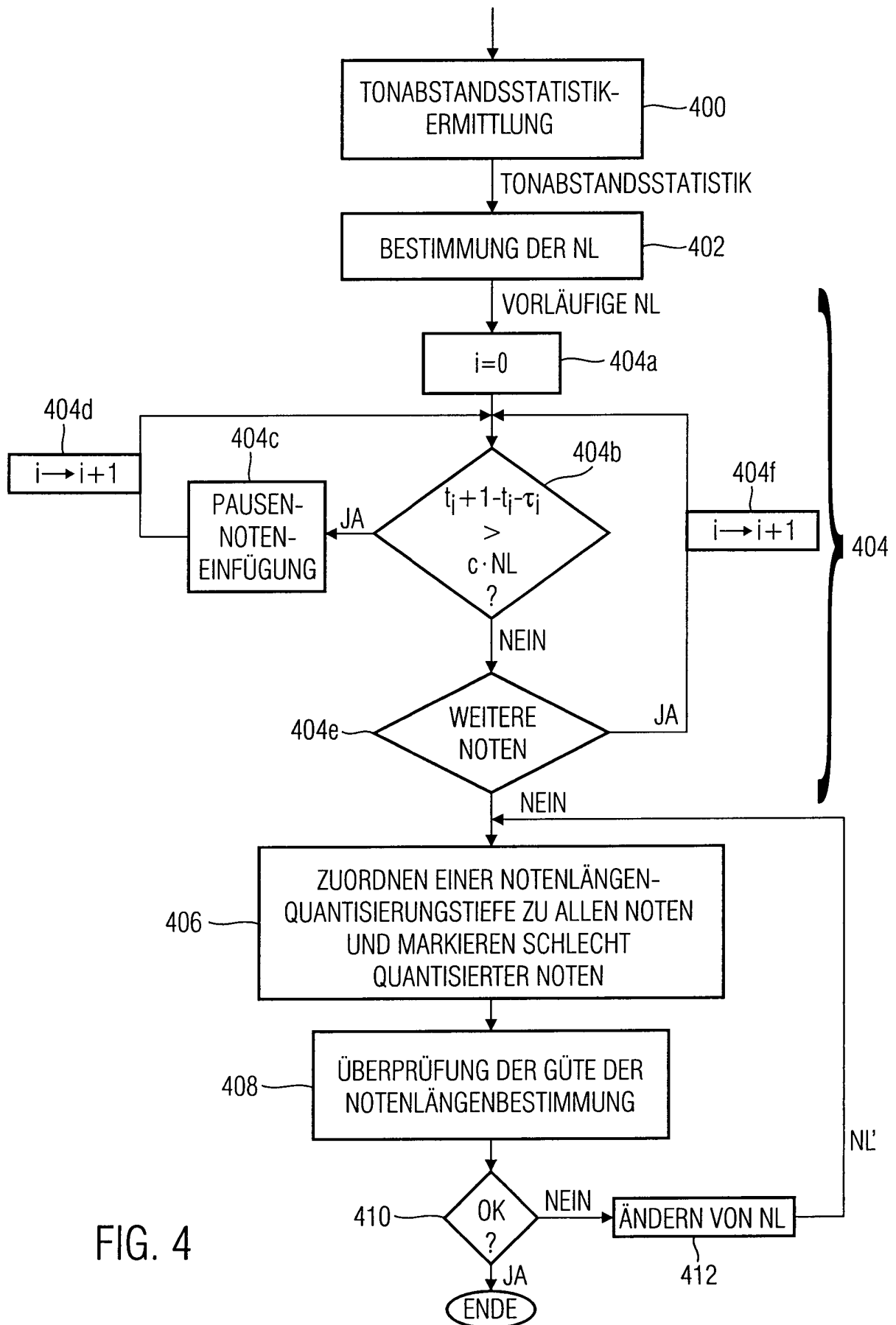


FIG. 4

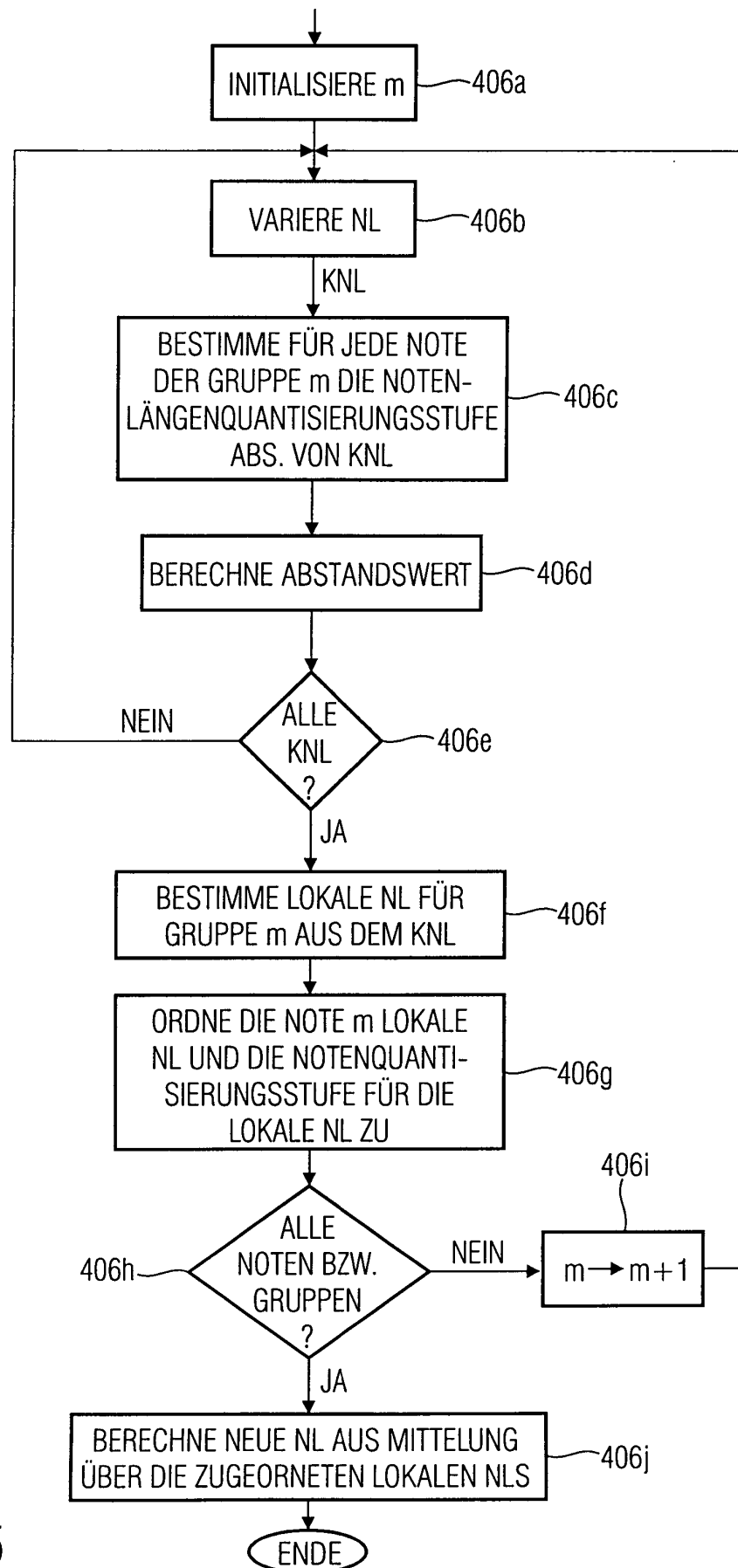


FIG. 5

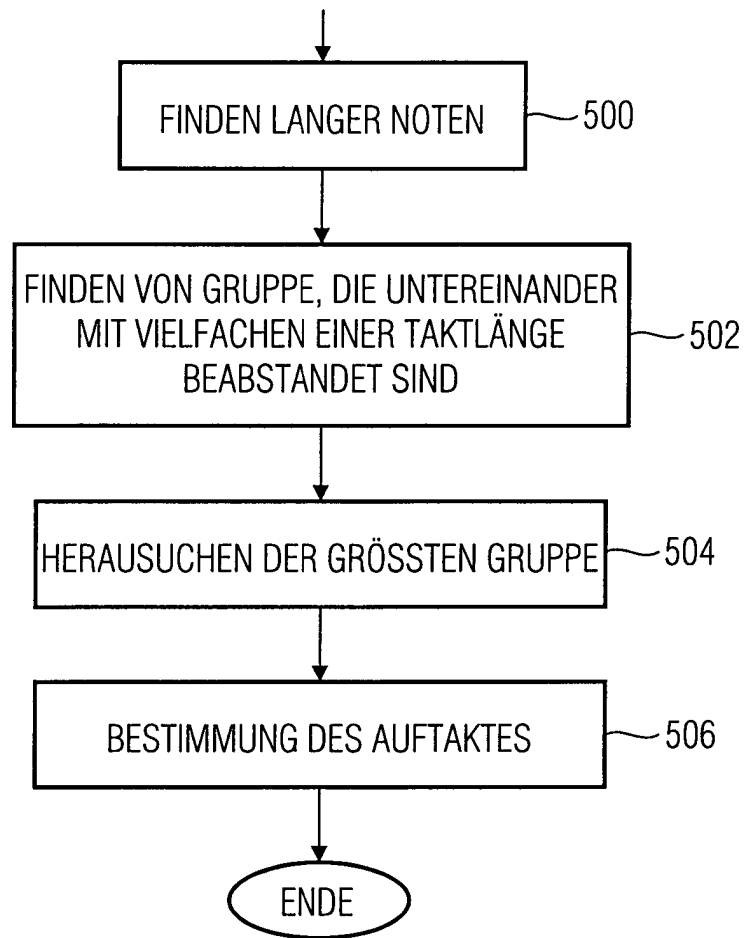


FIG. 6

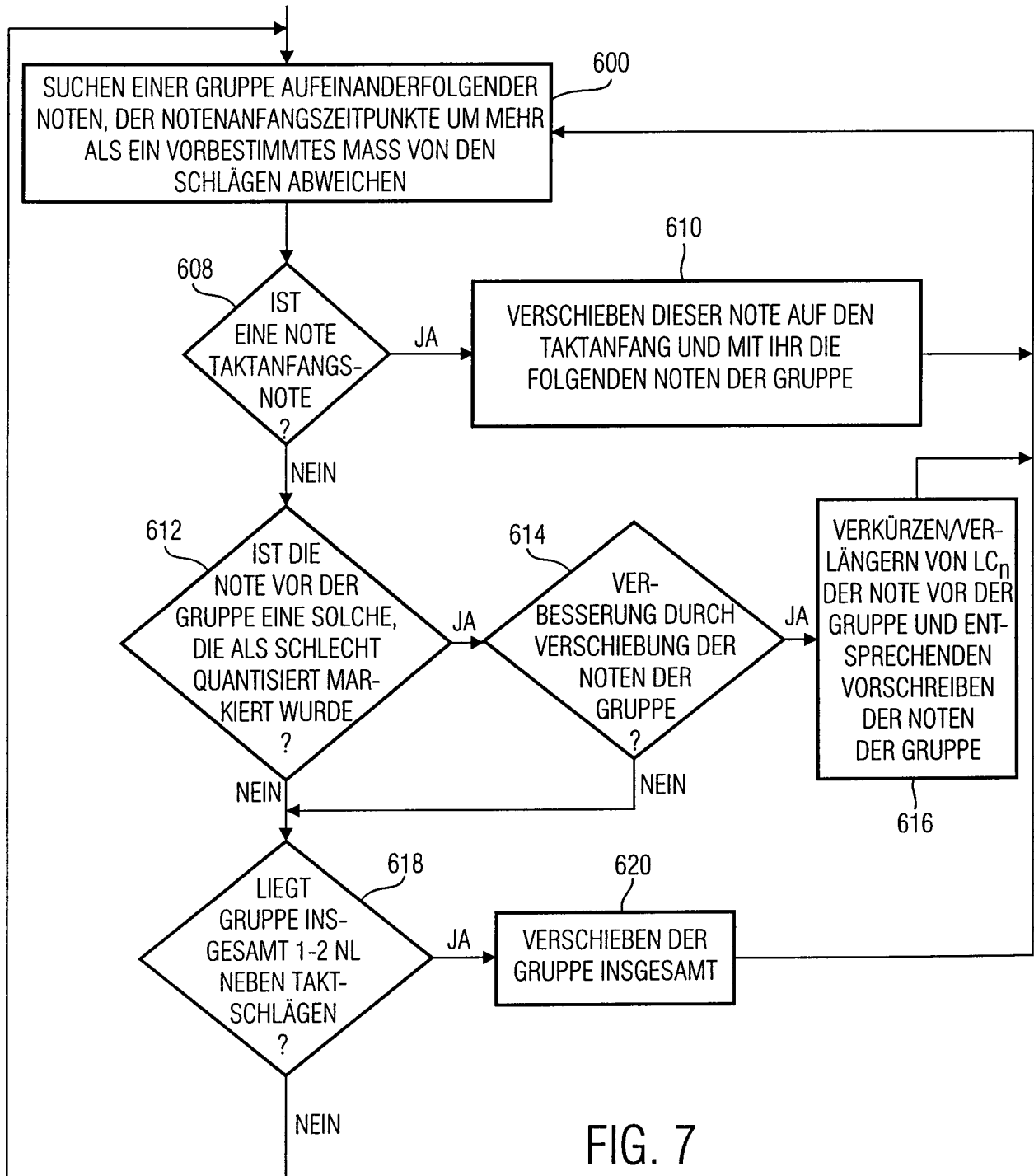


FIG. 7