(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 41 90 031 B4** 2005.04.14

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **P 41 90 031.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US91/00267**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 91/10988**
(86) PCT-Anmeldetag: **18.01.1991**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.07.1991**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **12.03.1992**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **14.04.2005**

(51) Int Cl.[7]: **G10H 1/02**
G10H 7/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
465733 18.01.1990 US

(71) Patentinhaber:
E-MU Systems, Inc., Scotts Valley, Calif., US

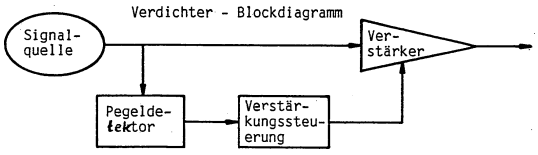
(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(72) Erfinder:
Bliss, Robert C., Soquel, Calif., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
US 47 26 276
US 41 75 464
EP 02 41 922 A2
WO 87/07 747 A1

(54) Bezeichnung: **Datenverdichtung von ausschwingenden Musikinstrumententönen für ein digitales Abtastungssystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Schleifenbearbeitung für die Wiedergabe digitaler Tonwellenformen mit den Schritten:
(a) Kennzeichnen eines Schleifenbearbeitungsbereichs der Wellenform, der zur Tonwiedergabe einer Schleifenbearbeitung unterzogen werden soll,
(b) Kennzeichnen eines vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs der Wellenform, der unmittelbar vor und an den Schleifenbearbeitungsbereich angrenzende digitale Tonwellendaten enthält,
(c) Einmischen der Daten des vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs in den Schleifenbearbeitungsbereich zum Bilden eines gemischten Bereiches, und
(d) Schleifenbearbeitung des gemischten Bereichs.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Datenverdichtung von ausschwingenden Musikinstrumenttönen für ein digitales Abtastsystem.

Stand der Technik

[0002] Unter Anwendung von heutzutage zur Verfügung stehenden digitalen Abtast- und Playback-Techniken ist es äußerst schwierig, eine nennenswerte Datenreduzierung zu erhalten, wenn gewisse Arten von Musikinstrumenttondaten gespeichert werden sollen. Die Instrumente, welche die größten Schwierigkeiten bereiten, sind jene, welche große Transpositionsbereiche haben und jene welche Klangfarben haben, die sich über lange Zeiträume hinweg ändern. Typische Musikinstrumente mit diesen Eigenheiten sind das akustische Klavier, Gitarren und hierzu verwandte Instrumente. Insbesondere Schwierigkeiten bereitet das akustische Klavier aufgrund seines großen Bereiches des langen Abklingens bzw. Ausschwingens und des Einsatzes von mehreren Saiten nahezu im Gleichklang (nachstehend bezeichnet als "Gleichklangsaite"), um einen einzigen Ton zu erzeugen. Obgleich Schleifentechniken zur Speicherplatzeinsparung an sich bekannt sind, benötigt man für vorstehend genannte Töne bzw. Klangbilder große Speicher, selbst wenn man Schleifentechniken anwendet. Die ausschwingende Eigenheit bzw. das Abklingen macht es schwierig, eine gleichmäßige, lange Schleife zu erhalten, und kurze Schleifen können zu leicht wahrgenommen werden. Auch Schleifen, die zu nahe am Anschlagteil des Tons bzw. der Note liegen, sind zu reich an Oberschwingungen als daß sie als natürlich interpretiert werden können.

[0003] Die EP 0 241 922 A2 betrifft eine Einrichtung zur Tonerzeugung unter Verwendung eines Datenverdichtungsverfahrens. Dabei wird die Amplitude des Tones vom Beginn des Tonanschlags an erhöht.

Aufgabenstellung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Datenverdichtung für ausschwingende Musikinstrumenttöne für digital abtastende Instrumente bereitzustellen.

[0005] Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Datenverdichtung gerade für diese Töne bereitzustellen, wobei man einen kleinen Speicherplatz benötigt und dennoch eine adäquate musikalische Wiedergabe des Tons erhält und die sich unter Verwendung von heutzutage zur Verfügung stehenden Abtastplayback-Technologien wiedergeben lassen (lineares Datenformat).

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 6 gelöst.

[0007] Kurz gesagt wird bei einer bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung ein verbessertes Datenverdichtungsverfahren angegeben, welches eine Quelle für Musikinstrumenttöne in eine vorbestimmte Abtastrate umwandelt. Die umgewandelten Daten werden dann verdichtet, nachdem das Anschlagteil des jeweiligen Tons beendet ist.

[0008] Im nächsten Schritt wird ein zeitvariabler Filter eingesetzt, um einen harmonisch gedämpften Bereich für den Schleifendurchlauf so nahe wie möglich am Beginn des Tons bereitzustellen. Dann wird ein Über-/Blendschleifenschritt für die Mischinformation in dem Bereich vor dem Schleifendurchgang in dem Schleifenbereich selbst vorgenommen, um die Schleifenlänge zu verdecken. Auch umfaßt die Erfindung den Schritt, gemäß dem Zeiger und eine zweite Über-/Blendschleife verschoben werden, um eine weiter verbesserte Datenverdichtung zu erhalten.

[0009] Weitere Zielsetzungen, Merkmale und Vorteile der Erfindung sind in der nachstehenden Beschreibung angegeben, die sich hieran anschließt, und sie ergeben sich für den Fachmann bei dem eingehenden Studium der nachstehenden Ausführungen oder sie werden bei der praktischen Durchführung der Erfindung verständlich. Die Zielsetzungen und Vorteile der Erfindung können mit Hilfe der Einzelheiten und Kombinationen realisiert und erreicht werden, die in den beiliegenden Ansprüchen aufgezeigt sind.

Ausführungsbeispiel

[0010] Die beiliegende Zeichnung, die einen Teil der Beschreibung bildet, verdeutlicht eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung, und die Zeichnungen dienen zusammen mit der Beschreibung zur Verdeutlichung der prinzipiellen Einzelheiten der Erfindung.

[0011] **Fig.** 1 zeigt ein Verdichterblockdiagramm.

[0012] **Fig.** 2 zeigt eine Einstellung eines Verdichtungsverhältnisses.

[0013] **Fig.** 3 zeigt eine zeitvariable Filterung.

[0014] **Fig.** 4 zeigt eine Überblend/Blendschleifenbearbeitung.

[0015] **Fig.** 5 zeigt einen Datenfluß nach der Erfindung.

[0016] Nunmehr wird in Details auf die bevorzugte Ausführungsform nach der Erfindung bezuggenom-

men, die als Beispiel in der beiliegenden Zeichnung verdeutlicht ist.

[0017] Hierin werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Datenverdichten von ausschwingenden bzw. abklingenden Musikinstrumenten mit Gleichklangsaiten (beispielsweise ein Piano) für die Verarbeitung zum Speichern und zum Playback in einem digital abgetasteten Audiosystem beschrieben. Alle Techniken werden vollständig im digitalen Bereich durchgeführt. Einige hiervon könnten jedoch auch in den analogen Bereich zurückumgewandelt, dann verarbeitet und dann wiederum in den digitalen Bereich zurückumgewandelt werden.

Abtastratenkonversion

[0018] Unter Anwendung dieser an sich bekannten Techniken können die Daten für den Ton bzw. den Klang dadurch verdichtet werden, daß die Abtastrate auf das Zweifache der oberen Grenzfrequenz umgewandelt wird, über die hinaus eine vernachlässigbare Energie enthalten ist. Dies kann subjektiv bestimmt werden. Ein praktischer Bezugspunkt ist jedoch die Frequenz, bei der alle darüberliegenden Frequenzen größer als 60 dB unter der Amplitude der Grundfrequenz sind. Eine Abtastratenumwandlung auf das Zweifache der oberen Grenzfrequenz erhält alle Informationen unterhalb der Grenze (die Nyquist Frequenz) aufrecht, während dem die Daten der Abtastdatei reduziert werden.

Verdichtung

[0019] Zur Vorbereitung für die Schleifenbearbeitung wird das Signal digital verdichtet, d.h. es wird eine Art einer automatischen Verstärkungssteuerung angewandt, um die Amplitude des Signals virtuell konstant zu halten (siehe **Fig.** 1). Obgleich eine dynamische Bereichsverdichtung an sich nicht neu ist, ermöglicht der digitale Verdichter eine präzise Steuerung, die man bei konventionellen (analogen) Einrichtungen nicht erreichen konnte. Da das Anschlagteil für den Ton subjektiv von äußerst großer Bedeutung ist, beginnt die angewandte Verdichtung bei 0,5 bis 1 s nach dem Anschlagen des Tons (siehe **Fig.** 2) um die Anschlagcharakteristika beizubehalten, während die Amplitude in dem Schleifenbearbeitungsbereich abgeflacht wird (die Verdichtung beginnt nach dem Ende des Anschlagteils). Das exakte Verdichtungsverhältnis ist nicht kritisch; Verhältnisse in der Nähe von 4:1 führen zu adäquaten Ergebnissen.

Filterung

[0020] Die natürlichen Eigenschaften einer angeschlagenen oder gezupften Saite geben einen "klaren" Anschlag, d.h. eine höherfrequente Energie ist vorhanden, und hieran schließt sich ein Abklingen sowohl der Amplitude als auch des höherfrequenten Anteils an. Auch bei Gleichklangsaiteninstrumenten (beispielsweise einem Klavier) bewirkt eine geringfügige Verstimmung der Saiten zu dynamischen Frequenzaufhebungen und Verstärkungen aufgrund den Verschiebungsphasendifferenzen zwischen den Oberschwingungen der Saiten. Dieser Phaseneffekt richtet die Aufmerksamkeit des Zuhörers auf die Bewegung der oberen Oberschwingungen und macht eine Schleifenbearbeitung schwierig. Um eine bessere Schleifenbearbeitung zu erzielen, wird das Signal fein mittels eines zeitvariablen Tiefpassfilters gefiltert. Der Anschlag (0,5 bis 1s) wird wiederum unverändert belassen, und die Grenzfrequenz des Filters nimmt progressiv in Richtung zum Schleifenbereich ab. Die Grenzfrequenz sollte dann im Schleifenbereich konstant bleiben, um einen stabilen Bereich für die Schleifenbearbeitung zu haben (siehe **Fig.** 3). Die abschließenden Grenzfrequenzen zwischen 1 und 2 kHz ermöglichen das erwünschte Ansprechverhalten, wobei der exakte Wert subjektiv unter Abstimmung auf die Klangcharakteristik der Signalquelle bestimmt wird. Diese Technik wird eingesetzt, um in effektiver Weise den natürlichen Ausschwing- bzw. Abklingprozess zuverlässig zu "bearbeiten", um einen harmonisch gedämpften Bereich für die Schleifenbearbeitung so nahe wie möglich am Beginn des Tons und eine Speicherplatzeinsparung zu ermöglichen.

Überblend-/Blendschleifenbearbeitung

[0021] Gemäß auf dem Gebiet bekannten Techniken wird ein Teil des Tons in einer Schleife bearbeitet, um Speicherplatz einzusparen. Der angegebene Schleifenbereich sollte eine Länge von annähernd 1 s haben. Kürzere Schleifen werden leichter wahrgenommen und sind subjektiv weniger angenehm. Der Schleifenbereich sollte in der Schleifenbearbeitung überblendet werden, d.h. die Information im Bereich vor der Schleifenbearbeitung sollte in den Schleifenbereich eingemischt werden, um den Schleifenpunkt zu verdecken (siehe **Fig.** 4). Hierdurch wird nicht nur ein abrupter Übergang an der Schleifenstelle verdeckt, sondern infolge der sich ändernden Eigenheit des Signals werden einige der harmonischen Phasen rekreiert, die im Originalsignal vorhanden sind.

Verschiebung von Schleifenzeigern und eine zweite Überblend-/Schleifenbearbeitung

[0022] In vielen Fällen wird die Schleife nach wie vor noch zu leicht wahrgenommen, um subjektiv gefallend zu wirken. Obgleich die Amplitude in der Schleife konstant bleibt kann eine sehr deutliche Wiederholungsklangfarbenverschiebung die Illusion der natürlichen Kontinuität zerstören. Durch die Verschiebung der Schleifenzeiger und die Durchführung der Überblend-/Schleifenbearbeitung ein zweites Mal (siehe **Fig.** 5) kann man die tatsächliche Eigenheit der Schleife beherrschen. Der Schleifenendzeiger sollte

um einen Zyklus der Signalquelle vorgeschoben werden. Wenn das Signal ein zweites Mal in einer Überblendschleifenbearbeitung bearbeitet wird, wird der Schleifenbereich mittels eines Kammfiltereffektes modifiziert, der der Verarbeitung innewohnt, bei der ein Signal mit einer verzögerten Version von sich selbst kombiniert wird. Die Zähne des Kamms sind zu den Oberschwingungen der Schallquelle zentriert, da die Verzögerungsperiode gleich der Grundperiode der Schallquelle gewählt wurde.

[0023] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Datenverdichtung nach der Erfindung könnte beispielsweise bei einem Digitalabtastungsinstrument eingesetzt werden, das beispielsweise von E-mu Systems, Inc. in Scotts Valley, Kalifornien hergestellt und mit EMULATOR III bekannt ist. Ein derartiges digitales Abtastinstrument wird von dem Anmelder der vorliegenden Erfindung hergestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Schleifenbearbeitung für die Wiedergabe digitaler Tonwellenformen mit den Schritten:
(a) Kennzeichnen eines Schleifenbearbeitungsbereichs der Wellenform, der zur Tonwiedergabe einer Schleifenbearbeitung unterzogen werden soll,
(b) Kennzeichnen eines vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs der Wellenform, der unmittelbar vor und an den Schleifenbearbeitungsbereich angrenzende digitale Tonwellendaten enthält,
(c) Einmischen der Daten des vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs in den Schleifenbearbeitungsbereich zum Bilden eines gemischten Bereiches, und
(d) Schleifenbearbeitung des gemischten Bereichs.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei im Schritt (c) eine Überblendschleifenbearbeitung durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Amplitude des vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs in Richtung auf das Ende des Schleifenbearbeitungsbereichs hin erhöht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein am Ende des gemischten Bereichs vorgesehener Schleifenendzeiger, der anzeigt, daß die Tonwiedergabe am Anfang des gemischten Bereichs fortgeführt werden kann, zur Wiederholung mindestens einer Schleifenbearbeitung während der Tonwiedergabe verschoben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Schleifenendzeiger zeitlich vorgeschoben wird.

6. Vorrichtung zur Schleifenbearbeitung von zur Wiedergabe vorgesehener digitaler Tonwellenformen mit:
einer ersten Einrichtung zum Kennzeichnen eines Schleifenbearbeitungsbereichs der Wellenform, der zur Tonwiedergabe einer Schleifenbearbeitung unterzogen werden soll,
einer zweiten Einrichtung zum Kennzeichnen eines vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs der Wellenform, der unmittelbar vor und an den Schleifenbearbeitungsbereich angrenzende digitale Tonwellendaten enthält,
einer Einrichtung zum Einmischen der Daten des vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs in den Schleifenbearbeitungsbereich zum Bilden eines gemischten Bereichs, und einer Schleifenbearbeitungseinrichtung zur Schleifenbearbeitung des gemischten Bereichs.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6 mit einer Einrichtung zur Überblendschleifenbearbeitung des vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7 mit einer Amplitudeneinstelleinrichtung zum Erhöhen der Amplitude des vor dem Schleifenbearbeitungsbereich liegenden Bereichs in Richtung auf das Ende des Schleifenbearbeitungsbereichs hin.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8 mit einem Schleifenendzeiger am Ende des gemischten Bereichs, der anzeigt, daß die Wiedergabe am Anfang des gemischten Bereichs fortgeführt werden kann und einer Einrichtung zum Verschieben des Schleifenendzeigers zur Wiederholung mindestens einer Schleifenbearbeitung während der Tonwiedergabe.

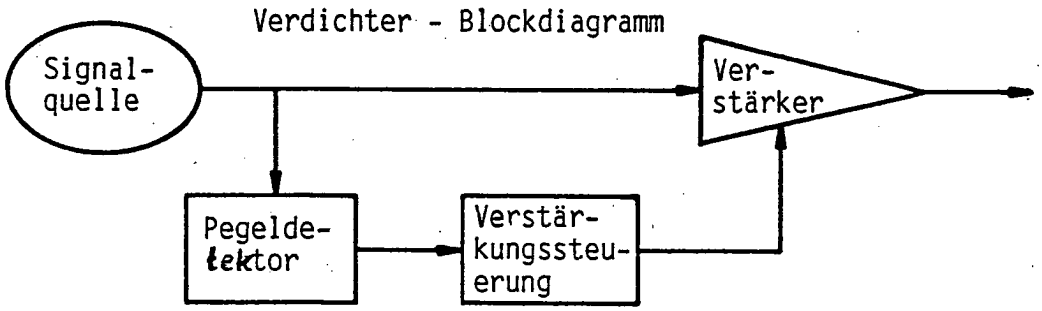
10. Vorrichtung nach Anspruch 9 mit einer Einrichtung zum zeitlichen Vorverschieben des Schleifenendzeigers.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Datenverdichtung von abklingenden Musikinstrumenttönen für ein digitales Abtastsystem

Fig. 1



Einstellung des Verdichtungsverhältnisses

Fig. 2

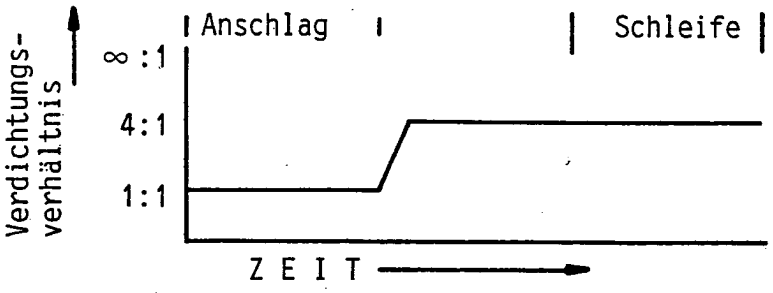
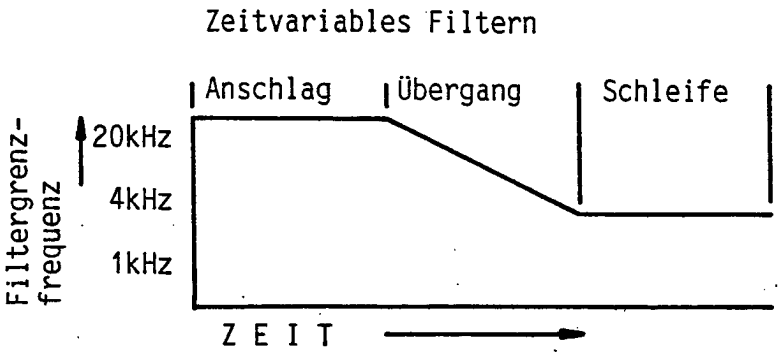
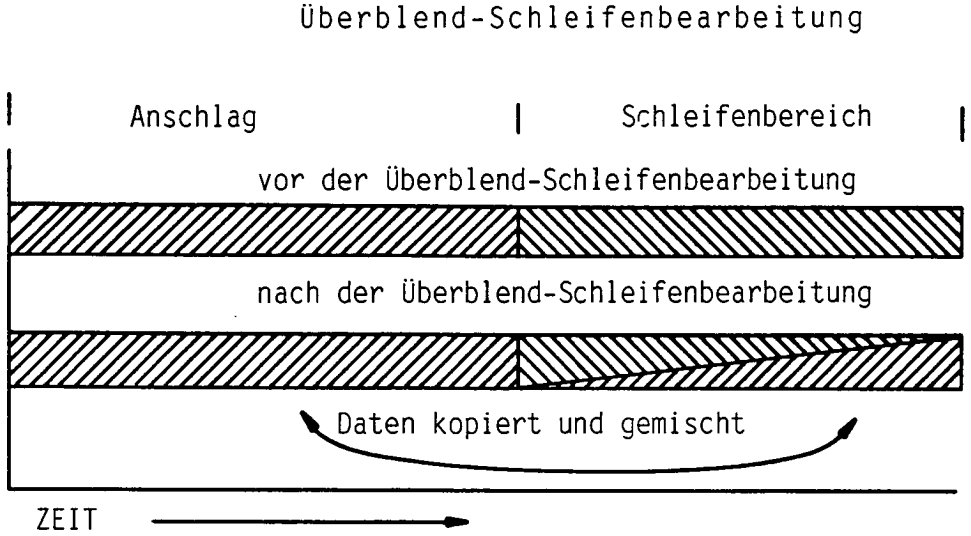


Fig. 3



Datenverdichtung von abklingenden Musikinstrumenttönen für ein digitales Abtastsystem

Fig. 4



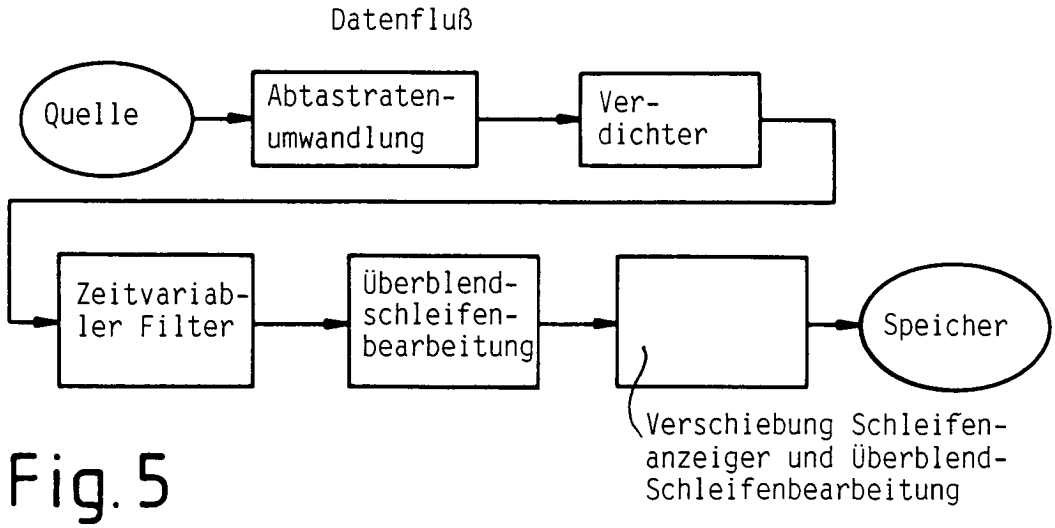


Fig. 5