



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt



(10) DE 199 83 314 B4 2009.12.10

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: 199 83 314.1
(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/09871
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 1999/067955
(86) PCT-Anmeldetag: 06.05.1999
(87) PCT-Veröffentlichungstag: 29.12.1999
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: 31.05.2001
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10.12.2009

(51) Int Cl.⁸: H04N 9/28 (2006.01)
G06F 17/17 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
60/090,294 23.06.1998 US

(72) Erfinder:
O'Donnell, Eugene Murphy, Fishers, Ind., US

(73) Patentinhaber:
Thomson Consumer Electronics, Inc.,
Indianapolis, Ind., US

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

DE 196 11 059 A1
DE 689 23 560 T2
US 53 45 280 A

(74) Vertreter:
Roßmanith, M., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
30974 Wennigsen

(54) Bezeichnung: **Interpolationsverfahren unter Verwendung von vorverzerrten Abtastungen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Erzeugen einer Ausgangskurve aus mehreren aufeinanderfolgenden Ausgangsdatenwerten (L) in Echtzeit, die aus mehreren Eingangsabtastwerten (Fig. 8, Eingangsdatenpunkte) bestimmt werden, deren Anzahl keiner ist als die der mehreren Ausgangsdatenwerte, mit folgenden Schritten:

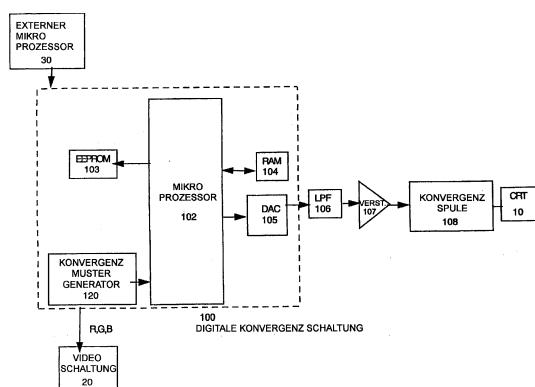
Bestimmung von aufeinanderfolgenden und überlappenden Interpolationsintervallen mit einer bestimmten Anzahl der Eingangsabtastwerte (z. B: M - 1, M, M + 1; M, M + 1, M + 2),

lineare Interpolation der Eingangsabtastwerte in jedem Interpolationsintervall zum Erzeugen der die Ausgangskurve bestimmenden Ausgangsdatenwerte, wobei die lineare Interpolation über alle Interpolationsintervalle erfolgt, unterschiedliches Hervorheben des Einflusses der bestimmten Anzahl an Eingangsabtastungen während der linearen Interpolation,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Vorverzerrung der mehreren Eingangsabtastwerte (Fig. 7), lineare Interpolation der vorverzerrten Eingangsabtastwerte und

Berechnung (Schritt 402 bis 406) eines sich bewegenden Mittelwertes der Ausgangsdatenwerte gleichzeitig mit der linearen Interpolation, aber in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten (N) der Ausgangsdatenwerte, die den vorverzerrten Eingangsabtastwert einleiten und abschließen, wobei jeder Zeitabschnitt...



Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Interpolation von Korrekturfaktoren, die für Punkte zwischen diskreten Korrektur-Abtastpunkten benutzt werden, wie zum Beispiel eine Matrix von Punkten in einer Anordnung oder in Reihen von entlang einer Linie beabstandeten Punkten. Korrekturfaktoren für bestimmte Datenpunkte werden dadurch ermittelt, daß die Korrekturfaktordaten aus gewichteten Vektordaten vorverarbeitet werden, die den Sektor einleiten und abschließen, in dem ein bestimmter Punkt liegt. Diese Vorverarbeitung modifiziert die Korrekturfaktoren, die in einem stückweisen Interpolationsvorgang zweiter Ordnung für den Sektor des bestimmten Punktes eingegeben werden, und bewirkt eine glatte Annäherung an eine ideale Korrekturkurve unter Verwendung von relativ wenigen Korrekturfaktoren und minimalen Daten-Verarbeitungsvorgängen. Die Erfindung ist zum Beispiel bei einem digitalen Konvergenzkorrektursystem anwendbar, das eine Interpolation zwischen Punkten in einer Matrix von Konvergenzkorrekturpunkten für eine Farb-CRT-Wiedergabebeeinheit bewirkt, bei aufwärtskonvertierten Bilddaten oder bei im Zeitbereich abgetasteten Audiosignalen.

[0002] Für Zwecke der Konvergenzsteuerung kann der aktive Abtastbereich eines Wiedergabeschranks in eine Matrix von Reihen und Spalten aufgeteilt werden, die den beabstandeten Punkten auf der Wiedergabe entsprechende Faktoren aufweisen. Die Anzahl der Reihen und Spalten und die Anzahl der daraus resultierenden Abschnitte werden in Abhängigkeit von der gewünschten Genauigkeit der Korrektur gewählt. Bei jedem Gitterpunkt in der Matrix wird ein Korrekturwert empirisch dadurch ermittelt, indem das rote, grüne und blaue Raster an diesem Punkt überlagert werden und die Korrekturwerte notiert werden, die jede Verzerrung beseitigen und die Raster an diesem Punkt genau ausrichten. Der Wert für jedes Raster bei jedem Matrixpunkt wird gespeichert, zum Beispiel in einem Speicher. Die aufeinanderfolgenden Korrekturpunkte in einer Zeile über die Wiedergabefläche sollen die ideale Korrekturkurve darstellen. Zur Durchführung der Korrektur werden die Werte der Punkte auf der Kurve während der Wiedergabe der Raster ausgelesen, im allgemeinen in aufeinanderfolgenden horizontalen Zeilen, zum Beispiel unter Verwendung eines Digital/Analog-Konverters, der Korrekturspulen steuert, die die Lagen der Elektronenstrahlen auf der CRT (cathode ray tube = Elektronenstrahlröhre) für jede Farbe einstellen.

[0003] Die Anzahl von Korrekturpunkten ist kleiner als die Anzahl von Abtastpunkten, die beim Auslesen der Korrekturfaktoren angewendet werden. Daher können die Korrekturpunkte in der Matrix die ideale

Korrekturkurve nur annähern. Eine Interpolation wird in der Horizontalrichtung und der Vertikalrichtung durchgeführt, um zusätzliche Werte für die Abtastpunkte zu bilden, die zwischen den gespeicherten Werten der Korrekturmatrixt liegen. Die Korrekturkurve sollte glatt durch die nebeneinanderliegenden Korrekturwerte verlaufen, um abrupte Änderungen in der Steigung der Korrekturkurve entlang der Wiedergabe zu vermeiden, die unerwünschte sichtbare Streifen in der Wiedergabe bewirken. Die Interpolation in der Horizontalrichtung kann zum Beispiel durch eine Tiefpaßfilterung des Korrektursignals von dem Digital/Analog-Konverter oder durch FIR-Filter erfolgen.

[0004] In einer Vertikalrichtung (oder einer anderen Richtung) kann die Interpolation durch Anwendung von Berechnungen erfolgen, um eine Polynom-Kurve niedriger Ordnung an einen Satz von Einstellpunkten anzupassen. Die Einstellpunkte werden derart bestimmt oder modifiziert, daß sich eine weiche und kontinuierliche Korrekturkurve ergibt. Die für eine derartige Interpolationsfunktion benötigten Berechnungen können zahlreich, komplex und speicherintensiv sein. Eine Berechnung, die bewirkt, daß die Korrekturkurve linear von einem Matrix-Einstellwert zu dem nächsten übergeht, kann scharfe Biegungen oder Änderungen in der Steilheit bei den Gitterpunkten erzeugen. Starke Steigungsänderungen verursachen unerwünschte sichtbare Artefakte, die auch mit "banding" bezeichnet werden und als Schattenänderungen in dem wiedergegebenen Bild sichtbar sind. Es ist möglich, die Werte der Korrekturkurve derart zu verarbeiten, daß die von Punkt zu Punkt zugelassene Steigungsänderung begrenzt wird. Das ist eine Form einer Tiefpaßfilterung und beseitigt oder verringert einige gültige Korrekturen, die beizubehalten vorteilhaft wäre. Das gilt insbesondere für Signale mit großer Bandbreite.

[0005] Das Problem der Wiedergewinnung eines idealen Signals wie einer Korrekturkurve aus einer Auffeinanderfolge von Abtastwerten ergibt sich in einer Vielfalt von Situationen. Wenn die Anzahl von Abtastwerten begrenzt ist, ist es nicht möglich, alle Frequenzkomponenten eines Eingangssignals identisch zurückzugewinnen. Das aufeinanderfolgende Auslesen der Faktoren liefert ein treppenförmiges Signal. Eine lineare Interpolation zwischen den Faktoren erzeugt ein sich änderndes Sägezahnsignal. Beide Korrekturen liefern hochfrequente Komponenten, nämlich abrupte Steigungsänderungen, die unter Anwendung einer Tiefpaßfilterung gefiltert werden müssen, die gültige höherfrequente Komponenten beseitigt oder dämpft.

[0006] Für manche Anwendungen besteht die Lösung darin, eine größere Anzahl von Faktoren oder Abtastwerten anzuwenden, um die zurückzugewinnende Kurvenform zu bestimmen. Durch Abtastung

der Kurve bei einer Frequenz, die höher ist als die Nyquist-Frequenz, kann die Eingangskurve im wesentlichen zurückgewonnen werden. Die Anwendung einer großen Anzahl von Abtastpunkten oder Faktoren verbessert die Genauigkeit, ist jedoch speicherintensiv. Für andere Anwendungen kann ein Berechnungsfilter wie ein sogenanntes FIR(finite impulse response)-Filter (Filter mit einem endlichen Ansprechverhalten) angewendet werden. Diese Lösung benötigt Berechnungsmittel sowie Zeit für die Filter, um zu den besten Korrekturfaktoren zu gelangen. Die Lösung bewirkt außerdem Abweichungen von den ursprünglichen Abtastdaten. Keine dieser Lösungen ist optimal. Bei einer derartigen Anwendung kann es erwünscht sein, die Anzahl an Faktoren zu minimieren, die die Kurvenform bestimmen, und dadurch Speicherarbeitsaufwand einzusparen. Es ist außerdem erwünscht, das Auftreten von hochfrequenten Komponenten zu vermeiden, die abrupten Änderungen in der Steigung entsprechen, und dadurch eine relativ genaue Darstellung der Eingangs-Kurvenform zu erzielen, in der erwünschte Steigungsänderungen nicht übermäßig gedämpft werden. Diese Aufgaben sollten mit einem minimalen Zeitaufwand in der Berechnung und der Verarbeitungsleistung gelöst werden.

[0007] Beispielsweise aus der DE 196 11 059 A1 ist ein Verfahren zur Signalgewinnung in elektronischen Geräten mittels Interpolation zwischen Stützstellenwerten bekannt. Bei dem bekannten Verfahren sind die Stützstellenwerte linear über einen Bereich verteilt. Zwischen den Stützstellenwerten wird eine Anzahl von Interpolationswerten berechnet, wobei außer dem Korrekturschritt für das aktuelle Intervall auch wenigstens der Korrekturschritt des vorherigen und/oder nachfolgenden Intervalls herangezogen wird. Dadurch wird die Interpolationskurve glatt durch die Intervalle gelegt und es werden grobe Sprünge in der Steigung der Interpolationskurve vermieden.

[0008] In der DE 689 23 560 T2 ist ein Ablenkkorrektursystem mit Speicherabbildung beschrieben. Bei dem bekannten System wird ein Verfahren durchgeführt, um das Rücklaufintervall-Signal als Teil der gespeicherten Konvergenzdaten zu erzeugen. Bei dem bekannten System wird die maximal erforderliche Neigung des zusammengesetzten Korrektursignals während des aktiven Teiles der Anzeige berechnet. Diese Information wird zum Glätten der Übergänge verwendet, welche während der horizontalen Auslastlücke auftreten.

[0009] Aus der US 5 345 280 ist ein weiteres Verfahren zur Erzeugung von Konvergenzkorrekturdaten für eine Anzeigeeinrichtung mit einer Kathodenstrahlröhre bekannt. Korrekturdaten, die an Korrekturstellen zwischen Anpassungspunkten liegen, werden durch Interpolation der Korrekturdaten zwischen den Anpassungsstellen gewonnen.

[0010] Ein Korrekturbereich wird dabei in eine Anzahl von Unterbereichen aufgeteilt. Die Interpolationsfunktionen aus den einzelnen Unterbereichen werden an den Grenzen zwischen den Unterbereichen so angepasst, dass an den Grenzen, welche den Anpassungspunkten entsprechen, die ersten und zweiten Ableitungen der Interpolationsfunktionen gleich sind.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Ein Interpolationsverfahren gemäß den erfindungsgemäßen Anordnungen minimiert in vorteilhafter Weise die Anzahl von Faktoren, die für die Bestimmung der Kurvenform benötigt werden, und spart dadurch Speicherkapazität ein. Hochfrequente Komponenten, die abrupten Steigungsänderungen entsprechen, werden in vorteilhafter Weise vermieden. Auch wird in vorteilhafter Weise eine relativ genaue Darstellung der Eingangskurvenform erzielt, wobei erwünschte Steigungsänderungen nicht übermäßig gedämpft werden. Darüberhinaus werden Probleme nach dem Stand der Technik mit einem Minimum im Zeitaufwand in der Berechnung und in der Verarbeitungsleistung in vorteilhafter Weise gelöst.

[0012] Ein Verfahren zum Erzeugen von mehreren aufeinanderfolgenden Ausgangsdatenwerten, die eine Ausgangskurve bestimmen, die eine durch mehrere Eingangsabtastwerte bestimmte Eingangskurve annähert, wobei die Ausgangsdatenwerte eine höhere Abtastfrequenz aufweisen als die Eingangsabtastwerte, gemäß den erfindungsgemäßen Anordnungen enthält die folgenden Schritte: Vorverzerrung der mehreren Eingangsabtastwerte, Bestimmung von aufeinanderfolgenden und überlappenden Intervallen mit wenigstens drei der vorverzerrten Eingangsabtastwerte, Interpolation von mehreren der Ausgangsdatenwerte in einem Interpolationsintervall durch Berechnung eines sich bewegenden Mittelwerts einer linearen Interpolationskurve aufgrund der wenigstens drei vorverzerrten Eingangsabtastwerte, wobei jeder der Ausgangsdatenwerte durch die wenigstens drei vorverzerrten Eingangsabtastwerte beeinflusst wird, und unterschiedliches Hervorheben des Einflusses der wenigstens drei vorverzerrten Eingangsabtastwerte zum Bestimmen von verschiedenen der Ausgangsdatenwerte in dem Interpolationsintervall, wodurch der Vorverzerrungsschritt die Ausgangskurve steuerbar in die Nähe jeder der Eingangsabtastwerte bringt und jede inkrementare Steigung der Ausgangskurve sich glatt zwischen nebeneinanderliegenden Ausgangsdatenwerten ändert.

[0013] Der Vorverzerrungsschritt kann die folgenden Schritte enthalten: Erzeugung von Abtastfaktoren aufgrund der Eingangsabtastwerte und Verwendung der Abtastfaktoren in dem Interpolationsschritt.

[0014] Das Verfahren kann den Schritt der Erzeu-

gung der Abtastfaktoren aufgrund von genau drei der Eingangsabtastwerte enthalten, wodurch die Ausgangskurve die Eingangskurve mit einer Genauigkeit von ungefähr 6% annähert.

[0015] Das Verfahren kann den Schritt der Erzeugung der Abtastfaktoren aufgrund von wenigstens fünf der Eingangsabtastwerte enthalten, wodurch die Ausgangskurve die Eingangskurve mit einer Genauigkeit von wenigstens ungefähr 1% annähert.

[0016] Das Verfahren kann den Schritt der Erzeugung der Abtastfaktoren aufgrund von wenigstens sieben der Eingangsabtastwerte enthalten, wodurch die Ausgangskurve die Eingangskurve mit einer Genauigkeit von wenigstens 0,1% annähert.

[0017] Der Vorverzerrungsschritt kann folgende Schritte enthalten: Ordnung der vorverzerrten Eingangsabtastwerte in jedem Intervall derart, daß einer bestimmten der vorverzerrten Eingangsabtastungen ein vorverzerrter Eingangsabtastwert vorausgeht und ein abschließender vorverzerrter Eingangsabtastwert folgt, Hervorheben des Einflusses des vorangehenden, vorverzerrter Eingangsabtastwertes, wenn die Ausgangsdatenwerte berechnet werden, die dem bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastwert vorausgehen, und Hervorheben des Einflusses des folgenden vorverzerrten Eingangsabtastwertes, wenn die auf den bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastwert folgenden Ausgangsdatenwerte berechnet werden.

[0018] Das Verfahren kann den Schritt der Verschiebung des Interpolationsintervalls um eine gewählte Anzahl von Ausgangsdatenabtastungen enthalten.

[0019] Das Verfahren kann ferner die folgenden Schritte enthalten: Derartige Wahl des Intervalls für die Mittelwertbildung, daß dieses eine geradzahlige Anzahl P von Interpolationsintervallen ist, und Wahl eines Wertes für P derart, daß $2 \cdot P$ ein Faktor von 2 ist.

[0020] Der Interpolationsschritt kann den Schritt der Verwendung einer Rampenfunktion zur Berechnung der inkrementalen Steigungen vor und nach jedem Interpolationsintervall enthalten, wobei die Rampenfunktion einen glatten Übergang zwischen nebeneinanderliegenden Interpolationsintervallen bestimmt. Die Anwendung einer Rampenfunktion kann die folgenden Schritte enthalten: Berechnung eines ersten Mittelwertes aufgrund der jedem Interpolationsintervall vorangehenden Eingangsabtastwerte und Berechnung eines zweiten Mittelwertes aufgrund der auf jedes Interpolationsintervall folgenden Eingangsabtastwerte.

[0021] Der Vorverzerrungsschritt kann die folgenden Schritte enthalten: Bestimmung von aufeinan-

derfolgenden und überlappenden Vorverzerrungssintervallen mit wenigstens drei der Eingangsabtastwerte und aufeinanderfolgende Vorverzerrung eines bestimmten Eingangsabtastwertes in jedem Vorverzerrungssintervall aufgrund von vorausgehenden und folgenden Eingangsabtastwerten in jedem Vorverzerrungssintervall.

[0022] Ein anderes Verfahren zum Erzeugen von mehreren aufeinanderfolgenden Ausgangsdatenwerten, die eine Eingangskurve annähernde und durch mehrere Eingangsabtastwerte bestimmte Ausgangskurve bestimmen, wobei die Ausgangsdatenwerte eine höhere Abtastfrequenz aufweisen als die Eingangsabtastwerte, gemäß den erfindungsgemäßen Anordnungen enthält die folgenden Schritte: Bestimmung von aufeinanderfolgenden und überlappenden Vorverzerrungssintervallen mit wenigstens drei der Eingangsabtastwerte, aufeinanderfolgende Vorverzerrung eines bestimmten Eingangsabtastwertes in jedem Vorverzerrungssintervall aufgrund von vorausgehenden und folgenden Eingangsabtastwerten in jedem Vorverzerrungssintervall, Bestimmung von aufeinanderfolgenden und überlappenden Interpolationsintervallen mit mehreren vorverzerrten Eingangsabtastwerten, Interpolation mehrerer Ausgangsdatenwerte in einem Interpolationsintervall derart, daß jede inkrementale Steigung der Korrekturkurve zwischen nebeneinanderliegenden Ausgangsdatenwerten sich glatt ändert und die mehreren Eingangsabtastwerte nicht auf dieser Korrekturkurve liegen, und Einstellung der Eingangsabtastwerte zur Steuerung der Konvergenzkorrektur, wodurch die Ausgangskurve sich ohne Streifen bildende Artefakte eng an die Eingangskurve annähert.

[0023] Der Vorverzerrungsschritt kann folgende Schritte enthalten: Erzeugung von Abtastfaktoren aufgrund der Eingangsabtastwerte und Anwendung der Abtastfaktoren in dem Interpolationsschritt.

[0024] Das Verfahren kann den Schritt der Aufnahme von genau drei der Eingangsabtastwerte in jedes Vorverzerrungssintervall enthalten, wodurch die Ausgangskurve die Eingangskurve mit einer Genauigkeit von ungefähr 6% annähert.

[0025] Das Verfahren kann den Schritt der Aufnahme von wenigstens fünf der Eingangsabtastwerte in jedes Vorverzerrungssintervall enthalten, wodurch die Ausgangskurve die Eingangskurve mit einer Genauigkeit von wenigstens ungefähr 1% annähert.

[0026] Das Verfahren kann den Schritt der Aufnahme von wenigstens sieben der Eingangsabtastwerte in jedes Vorverzerrungssintervall enthalten, wodurch die Ausgangskurve die Eingangskurve mit einer Genauigkeit von wenigstens ungefähr 0,1% annähert.

[0027] Der die Hervorhebung bewirkende Schritt

kann folgende Schritte enthalten: Ordnung der vorverzerrten Eingangsabtastwerte in jedem Intervall derart, daß einer bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastung ein vorverzerrter Eingangsabtastwert vorausgeht und ein abschließender vorverzerrter Eingangsabtastwert folgt, Hervorhebung des Einflusses des vorangehenden vorverzerrten Eingangsabtastwertes, wenn die Ausgangsdatenwerte berechnet werden, die dem bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastwert vorausgehen, und Hervorheben des Einflusses des folgenden vorverzerrten Eingangsabtastwertes, wenn die Ausgangsdatenwerte berechnet werden, die auf den bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastwert folgen.

[0028] Das Verfahren kann den Schritt der Verschiebung des Interpolationsintervalls um eine gewählte Anzahl von Ausgangsdatenabtastungen enthalten.

[0029] Das Verfahren kann auch folgende Schritte enthalten: Wahl des Mittelwertbildungsintervalls derart, daß es eine geradzahlige Anzahl P von Interpolationsintervallen ist, und Wahl eines Wertes für P derart, daß $2 \cdot P$ ein Faktor von 2 ist.

[0030] Der Interpolationsschritt kann den Schritt der Anwendung einer Rampenfunktion zur Berechnung inkrementaler Steigungen enthalten, die jedem Interpolationsintervall vorausgehen und folgen, wobei die Rampenfunktion einen glatten Übergang zwischen nebeneinanderliegenden Interpolationsintervallen bestimmt. Der die Rampenfunktion anwendende Schritt kann folgende Schritte enthalten: Berechnung eines ersten Mittelwertes aufgrund der Eingangsabtastwerte, die jedem Interpolationsintervall vorausgehen, und Berechnung eines zweiten Mittelwertes aufgrund der Eingangsabtastwerte, die auf jedes Interpolationsintervall folgen.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0031] [Fig. 1A](#) ist ein Blockschaltbild eines digitalen Konvergenzsystems.

[0032] [Fig. 1B](#) zeigt ein Konvergenz-Korrekturgitter.

[0033] [Fig. 2](#) zeigt graphisch Interpolationswerte gemäß einer linearen Berechnung.

[0034] [Fig. 3](#) ist ein Flußdiagramm zur Durchführung der linearen Interpolation.

[0035] [Fig. 4A](#) ist ein Flußdiagramm für ein Interpolationsverfahren gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

[0036] [Fig. 4B](#) zeigt graphisch Konstanten, die für ein Interpolationsverfahren gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung erzeugt werden.

[0037] [Fig. 5](#) zeigt graphisch die Wirkungsweise eines Interpolationsverfahrens gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

[0038] [Fig. 6](#) zeigt graphisch die Wirkungsweise eines Interpolationsverfahrens gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung.

[0039] [Fig. 7](#) ist ein Blockschaltbild gemäß einem weiteren Aspekt und zeigt den Zusammenhang von Korrekturfaktoren, die zur Erzeugung einer Interpolation zweiter Ordnung aus linearen Interpolationsfaktoren angewendet werden, die von Sektoren bestimmt werden, die einen bestimmten Sektor einleiten und abschließen.

[0040] [Fig. 8](#) ist eine Kurvendarstellung eines Zufallssignals mit durch die leeren oder weißen Quadrate dargestellten Abtastwerten und interpolierten Ausgangswerten gemäß der Erfindung, die in voll ausgezogenem oder schwarzem Rauten dargestellt sind. Lineare und geglättete Darstellungen des Abtastwertsignals und des Ausgangswertsignals sind durch Hintergrundlinien dargestellt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0041] Die Erfindung betrifft einen optimierten Vorgang und ein Gerät zum Erzeugen einer Kurve aus einer Auseinanderfolge von die Kurve bestimmenden Faktoren und ist insbesondere dafür anwendbar, aus einer minimalen Anzahl von Abtastungen mit minimalen Rechnerkosten Kurvenformen zurückzugewinnen. Die Erfindung ist in verschiedenen Fällen anwendbar, wird jedoch anhand eines digitalen Konvergenzkontruktionsystems beschrieben, in dem eine Matrix von räumlich über eine Wiedergabefläche verteilten Faktoren gespeichert wird und dazu dient, Korrekturkurven für jedes Farbraster der Wiedergabe zu erzeugen.

[0042] Ein digitales Konvergenzsystem, wie es in [Fig. 1A](#) dargestellt ist, enthält im allgemeinen einen Generator für ein Konvergenzmuster, einen Verstärker zum Ansteuern von Spulen oder Ablenkjochen für die Konvergenzkorrektur, einen Speicher zum Speichern von Korrekturkonstanten sowie eine Schnittstelle mit einem Mikroprozessor. Das Konvergenzsystem dient zum Bestimmen und zum Speichern einer Matrix von Korrekturfaktoren für die Lage jedes der Farbraster an beanstandeten Punkten in einer Wiedergabe. Das System bestimmt zusätzlich Korrekturwerte aus der Matrix, einschließlich Werte für Punkte zwischen den Matrixpunkten. Während der Wiedergabe eines Signals werden die Korrekturwerte über einen Digital/Analog-Konverter und einen Verstärker zum Ansteuern der Konvergenz-Korrekturspulen ausgelesen. Die Konvergenz-Korrekturspulen überlagern ein Ablenksignal einem Hauptsig-

nal, das auf andere Weise erzeugt wird und die Raster zur Abtastung eines Wiedergabeschrirms verursacht.

[0043] Das digitale Konvergenzsystem enthält einen internen Mikroprozessor **102**. Ein externer Mikroprozessor **30** kann für eine unabhängige Konvergenzkorrektur vorgesehen sein. Der interne Mikroprozessor steuert den Ausgang zu den Konvergenzkorrekturspulen. Der interne und/oder externe Mikroprozessor kann die Bestimmung der Matrix von Korrekturfaktoren durch den Benutzer steuern oder als Einrichtungs- oder Wartungsvorgang durch einen Techniker dienen. Ein Beispiel für die Konvergenzkorrektur durch einen Benutzer könnte in der Überprüfung bestehen, die für eine Korrektur der Bildverschiebung benötigt wird, wenn ein Projektionsgerät in eine andere Lage im magnetischen Erdfeld gebracht wird.

[0044] [Fig. 1A](#) zeigt ein System, das ein vorteilhaftes digitales Konvergenzverfahren gemäß der Erfindung anwenden kann. Die digitale Konvergenzschaltung **100** enthält außerdem ein EEPROM **103**, ein internes RAM **104**, einen Digital/Analog-Konverter (DAC) **105** und einen Generator **120** für ein Konvergenzmuster.

[0045] Die Einstellung erfolgt über einen Satz von Einstellpunkten für jede der drei Farben. Im allgemeinen liefert ein Generator für ein Videomuster auf dem Bildschirm, wie der Generator **120** für das Konvergenzmuster, eine Lagereferenz für die Einstellungen. Einstelldaten werden in dem EEPROM **103** gespeichert und beim Einschalten in das interne RAM **104** eingelesen. Das interne RAM **104** hat eine Kapazität für X (Anzahl der Ausrichtpunkte horizontal) mal Y (Anzahl der Ausrichtpunkte vertikal) mal zwei (horizontal/vertikal) mal drei (R, G, B) Faktoren.

[0046] Der aktive Abtastbereich einer Wiedergabeinheit kann zum Beispiel für Zwecke der Konvergenzsteuerung in Reihen und Spalten aufgeteilt werden, die ein geradliniges Gitter bilden, wobei Einstellfaktoren nur für die Punkte bei den Gitterkreuzungen gespeichert werden. [Fig. 1B](#) zeigt einen Wiedergabeschrirm aus einem derartigen kreuzweisen Gitter, in dem der aktive Bereich durch das äußere Rechteck bestimmt ist. In diesem Beispiel sind dreizehn vertikale Gitterpunkte oder Abtastwerte und sechzehn horizontale Abtastwerte vorgesehen. Jedoch ist jede beliebige Zahl von Abtastpunkten möglich, abhängig von der gewünschten Genauigkeit der Korrektur in dem resultierenden Raster. Die Abtastungen dienen zur Bestimmung der Konvergenzkorrektur jedes Rasters in dem jeweiligen Gitterbereich, einschließlich der Punkte an den Kreuzungen der Gitterlinien und auch der Punkte zwischen den Kreuzungen der Gitterlinien. Gemäß einem erfindungsgemäßen Aspekt berücksichtigt die örtliche Korrektur die Korrekturwer-

te für weiter entfernte Bereiche des Gitters, die einem bestimmten Punkt vorangehen oder darauffolgen, unter Anwendung einer Vorverzerrungs- oder Preemphasis-Lösung, die die einem Interpolationsvorgang dargebotenen Eingangswerte einstellt.

[0047] Wieder zu [Fig. 1A](#): Das digitale Konvergenzsystem liefert plus-oder-minus-horizontale und vertikale Konvergenzsignale für jede der drei Farben. Drei Ausgangsstufen, nämlich ein Tiefpaßfilter **106**, ein Verstärker **107** und eine Spule **108** sind vorgesehen und in [Fig. 1A](#) nur für eine Farbe dargestellt. Die Korrekturdaten werden von dem Mikroprozessor **102** zu dem Digital/Analog-Konverter **105** geliefert. Das Tiefpaßfilter **106** entfernt oder dämpft höherfrequente Komponenten, und der Verstärker **107** liefert einen Stromausgang zur Steuerung der Konvergenzspule **108** in Abhängigkeit von dem Ausgang des Tiefpaßfilters. Der Verstärker **107** kann ein rückgekoppelter Verstärker sein, der von dem Stromwert in der Konvergenzspule **108** gesteuert wird und die Spule so steuert, daß der Wert so angepaßt wird, wie es durch den Ausgang des Digital/Analog-Konverters (DAC) **105** bestimmt wird. Der ideale Treiberstrom in der Konvergenzspule **108** ist derjenige, der dafür notwendig ist, daß das Farbrasterbild auf der CRT **10** korrekt ausgerichtet ist, und zwar ohne Verzerrung und in genauer Übereinstimmung mit den Bildern von den beiden anderen Farben.

[0048] In [Fig. 1B](#) sind die Punkte A, B und C drei Lagen entlang einer Linie (in diesem Fall einer vertikalen Linie), für die Konvergenzkorrekturfaktoren bestimmt und gespeichert werden. Der Wert der Konvergenzkorrekturfaktoren an den Gitterpunkten A, B und C wird mit F1(0), F1(1) bzw. F1(2) bezeichnet. Konvergenzkorrekturdaten für weitere Punkte entlang der Linie zwischen den Einstellpunkten A, B und C werden durch eine Interpolation berechnet.

[0049] [Fig. 2](#) ist eine beispielhafte Kurvendarstellung der Werte der Konvergenzfaktoren entlang der Linie von Einstellpunkten, die die Punkte A, B und C einschließt. In der Figur stellt die Y-Achse die Werte der Konrekturfaktoren und die X-Achse die Lage der Punkte dar. Entlang der X-Achse ist M die Zunahme der gespeicherten Einstellpunkte für die Konvergenzkorrektur. Einschließlich der Interpolationspunkte zwischen den gespeicherten Einstellpunkten gibt es weitere Punkte, an denen Werte für die berechnete Korrektur aus dem DAC **105** in [Fig. 1A](#) gelesen werden müssen. L stellt einen Index von Punkten zwischen Einstellpunkten für Zwecke der Berechnung der interpolierten Werte für die Konvergenzkorrektur dar. Somit stellt F1(M) die unbearbeiteten Daten für die Punkte der Konvergenzkorrektur der Matrix dar. Unter der Annahme einer linearen Interpolation zwischen aufeinanderfolgenden Konrekturpunktewerten, wie dargestellt, stellt F2(L) die interpolierten Daten für die Konvergenzkorrektur für die Ausgangsabtastwer-

te dar, die geradlinigen Segmenten zwischen den Einstellpunkten, entsprechen.

[0050] Eine lineare Interpolationsberechnung zur Bestimmung der Korrekturwerte an den Zwischenpunkten L, zum Beispiel das Intervall von M ist (M + 1), ist in [Fig. 3](#) dargestellt. [Fig. 3](#) ist ein Flußdiagramm, in dem die Zähler M und L beim Block **301** auf null zurückgestellt werden. Die inkrementale Änderung K von einem Punkt L zu dem nächsten in dem Intervall zwischen den Faktoren M bis M + 1 wird beim Block **302** durch Mittelwertbildung der Differenz zwischen nebeneinanderliegenden Matrixfaktoren F1(M) und F1(M + 1) über die Anzahl von Ausgangswerten NL bestimmt (die in dem Beispiel von [Fig. 2](#) gleich 10 ist). Der Block **303** initialisiert den Ausgang F2(L) des ersten Zwischen-Ausgangspunktes auf den Wert des Matrixfaktors F1(M), und der Block **304** setzt einen Zähler für die Zwischen-Ausgangspunkte zwischen M und M + 1 zurück. Die Schritte oder Blöcke **305**, **308** und **309** bilden eine Schleife, in der die Zuwachs- oder mittlere Differenz K nacheinander zu dem vorangehenden Wert des Ausgangs F2(L) addiert wird, bis die Ausgangswerte für Punkte zwischen M und M + 1 bestimmt sind. Der Mittelwert K bestimmt eine konstante Steigung zwischen M und M + 1, die die gerade Linie von [Fig. 2](#) ergibt. Der Vorgang wird zwischen den nächsten Matrixfaktoren (M + 1 bis M + 2) wiederholt, usw., bis alle Ausgangskorrekturwerte bestimmt worden sind. Der Faktor K wird neu berechnet, um eine neue Steigung zwischen jedem Paar von Matrixpunkten zu bestimmen. Die abrupten Änderungen in der Steigung erzeugen eine Streifenbildung ("banding") in der Wiedergabe.

[0051] [Fig. 4](#) zeigt eine Lösung für die erfindungsgemäße Interpolation, in der die Steigung zwischen den Ausgangswerten für Punkte L zwischen Matrixfaktoren M in Abhängigkeit von den Werten einiger benachbarter Punkte glatt geändert wird. Insbesondere verschiebt der Interpolationsvorgang gemäß [Fig. 4](#) das zu interpolierende Intervall um eine gewählte Anzahl von Ausgangsabtastungen P. Zusätzlich verschiebt bei der Verarbeitung durch die Ausgangspunkte über den Zeitraum der Interpolation ein Faktor Ramp(L) von einer Verzerrung auf einer inkrementalen Steigung K4 von Abtastung zu Abtastung, die die Steigung des vorangehenden Intervalls (z. B. M – 1 bis M) darstellt, auf eine erhöhte Steigung K3, die das nächste Intervall (M bis M + 1) darstellt. Der Verschiebefaktor P wird so erzwungen, daß die Anzahl von Zeilen NL zwischen Matrixfaktoren größer als 2P und der Wert von 2P ein Faktor von 2 sein muß. Diese Vorgaben bewirken eine glatte Korrekturkurve und vereinfachen wesentlich die Berechnungen, die für die Bestimmung eines Ausgangskorrekturwertes F3(L) für jeden Punkt L zwischen den Matrixpunkten benötigt werden.

[0052] Gemäß dem in [Fig. 4A](#) dargestellten Vor-

gang wird die resultierende Kurve nicht dazu gezwungen, direkt durch die nebeneinanderliegenden Punkte zu verlaufen, die durch die Matrixpunkte definiert sind. Das bedeutet, daß F3(L) nicht notwendigerweise gleich F1(M) ist. Jedoch bestimmt der Techniker beim Einrichten der Matrix für die ursprüngliche Einstellung der Faktoren auch die Werte der Matrixfaktoren. Während der Einrichtung werden die Matrixfaktoren so festgesetzt, daß die Werte von F1(M) von der idealen Korrekturkurve ausreichend weit versetzt sind, daß die Ausgangswerte F3(L) die ideale Kurve eng annähern.

[0053] Die allgemeine Interpolationsberechnung gemäß dem in [Fig. 4A](#) dargestellten Verfahren ist:

$$F3(L) = \text{AVG}(F2(L - N) \dots F2(L + N))$$

wobei L einen Index für die interpolierten Daten und N die Zeitspanne der einleitenden und abschließenden Punkte bestimmt, über die die Glättung durchgeführt wird. Das zu mittelnde Intervall kann um eine Variable P verschoben werden, wobei P = N – 1 und 2P eine Potenz von 2 ist:

$$F3(L) = \text{AVG}(F2(L - P) \dots F2(L + N))$$

[0054] Für die Berechnung der Werte F3(L) der glatten Kurve ist es notwendig, die Datenpunkte in dem Intervall von L – P bis L + N zu addieren und durch (P + N + 1) zu dividieren. Durch Wahl von P = N – 1 und 2P als eine Potenz von 2 wird die Berechnung der Funktion F3(L) in binärer Mathematik für das Intervall (L – P) bis (L + N) vereinfacht, da die Dividierfunktion nur eine Bitverschiebe-Operation ist.

[0055] [Fig. 4A](#) zeigt ein Flußdiagramm eines vorteilhaften Interpolationsvorgangs. Die Schritte **400**, **401**, **402**, **403**, **404** und **405** zeigen die Initialisierungsberechnungen gemäß diesem Verfahren, nämlich die Bestimmung der Werte von vier Faktoren K1, K2, K3 und K4 aus den Matrixwerten F1(M – 1), F1(M) und F1(M + 1) sowie die Anzahl von Ausgangsabtastungen NL je Matrixsegment und den Versatz P. Der Faktor K2 ist anfänglich null (Block **402**) und wird durch eine Aufwärtzählung Ramp(L) (Block **406**) geändert, die in einer Schleife zwischen L = 0 und L = 2P (Blöcke **403**–**405**) bestimmt wird.

[0056] Der Schritt **400** initialisiert die Datenindices und die Systemparameter N, L und P. Der Wert für P wird so gewählt, daß er die Anzahl von Punkten bestimmt, die durch das erfindungsgemäße Interpolationsverfahren gemittelt werden sollen, das den Wert der gewünschten Glättung bestimmt. Einige Überlegungen für die Wahl P sind die, daß die Zeitspanne von Zeilen **2P** nicht größer sein kann als NL, und vorausgesetzt P = N – 1. Der Wert von 2P sollte für eine Vereinfachung der Division eine Potenz von 2 sein.

[0057] Der Schritt **400** setzt die Zähler M und L zurück und kann es außerdem der Bedienperson ermöglichen, variable Werte N, NL und P für das Eingangssystem einzugeben. Wenn diese Faktoren nicht vorläufig gesetzt werden und die Einschränkungen erfüllen, kann der Schritt **401** dazu dienen, die Grenzen und Werte der Parameter zu überprüfen, und die Bedienperson veranlassen, Auswahlen neu einzugeben, wenn die Beschränkungen nicht erfüllt sind.

[0058] Der Interpolationsvorgang beginnt beim Schritt **402**, der Ramp(L) und K2(L) auf null zurücksetzt und Werte für die übrigen Faktoren berechnet, wobei diese Werte über das Interpolationssegment konstant bleiben. Die Konstanten K1 und K2 sind eine Funktion von L, was dasselbe ist wie in der einfachen linearen Interpolation gemäß den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#). K1 ist eine Konstante gleich $(2P \cdot NL) - P$. Das verschiebt das Mittelwertbildungsintervall nach rechts, da P gleich $N - 1$ ist. Es ist auch möglich, P gleich $N + 1$ zu verwenden, derart, daß die Initialisierung $K1 = (2P \cdot NL) + P$ ist, wobei das Mittelwertbildungsintervall nach links verschoben ist. Die Konstanten K3 und K4 werden entsprechend der Gleichung des Schritts **402** berechnet und stellen die lineare Mittelwert-Anstiegsänderung zwischen Punkten L in den Sektoren dar, die auf den Matrixpunkt M folgen bzw. diesem vorangehen.

[0059] Da entsprechend den linearen Interpolationsverfahren, wie sie anhand der [Fig. 3](#) beschrieben wurden, $F2(L + 1) = F2(L) + K$ und $F2(L) = F1(M)$ ist, kann die Gleichung von $F3(L)$ vereinfacht werden, wie es im Schritt **406** von [Fig. 4](#) dargestellt ist, auf:

$$F3(L) = F1(M) + K1(L)/2P \cdot K3 - (K2(L)/2P) \cdot K4,$$

wobei $K3 = (F1(M) - F1(M + 1))/NL$ und $K4 = (F1(M) - F1(M - 1))/NL$ ist.

[0060] Eine Rampenfunktion Ramp(L) wird so erzeugt, wie es im Schritt **405** dargestellt ist. Diese Funktion nimmt zu, wenn $L - (NL \cdot M)$ größer ist als $(NL - 2P)/2$, und nimmt ab, wenn $L - (NL \cdot M)$ den Wert $2P + (NL - 2P)/2$ übersteigt. Die Funktion Ramp(L) bewirkt einen Übergang von einem Segment zu dem nächsten. Die Randbedingungen werden in Schritten **403** und **404** ermittelt, die eine Schleife bilden. Bei den Schritten **403**, **404** und **405** wird die Funktion Ramp(L) definiert als:

Wenn $(L - NL \cdot M) < (NL - 2P)/2$, dann $Ramp(L) = 0$
 Wenn $(L - NL \cdot M) - 2P > (NL - 2P)/2$, dann $Ramp(L) = 2P$,
 also $Ramp(L) = L - NL \cdot M - (NL - 2P)/2$

[0061] Der Schritt **406** berechnet Faktoren K1 und K2 und verwendet die beiden Faktoren, um den Ausgangswert $F3(L)$ zu setzen:

$$K2(L) = K2(L - 1) + Ramp(L)$$

$$K1(L) = K1(L - 1) - (2P - Ramp(L))$$

$$F3(L) = F1(M) + (K1(L)/2P) \cdot K3 - K2(L)/SP \cdot K4$$

[0062] Der Schritt **407** prüft die Randbedingungen und bildet eine Schleife, bis die Interpolation abgeschlossen ist, und dann wird der Zähler M inkrementiert, und der Interpolationsvorgang wird für das nächste Segment beim Schritt **402** fortgesetzt, mit einem Zurücksetzen von Ramp(L) und K2 und einer Neuberechnung der übrigen Faktoren für das nächste Segment.

[0063] Die obigen Funktionen sind für einen speziellen Fall, wo $NL = 20$ und $2P = 16$ ist, graphisch in [Fig. 4B](#) dargestellt. [Fig. 4B](#) zeigt die Ausgangsdaten von Ramp(L), K1 und K2 (Ordinate) in Abhängigkeit von L (Abszisse). Die rechte Ordinate bedeutet die dem Ausgang Ramp entsprechenden Daten, und die linke Ordinate entspricht den Daten K1, K2.

[0064] Vergleiche der Wirkungen einer linearen Interpolation mit einem vorteilhaften Interpolationsvorgang, wie er anhand der [Fig. 4A](#) beschrieben wurde, ist in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt. [Fig. 5](#) zeigt den Zusammenhang zwischen dem Ausgang $F3(L)$ und den Matrixpunkten $F1(M)$. Die Ausgangskurve $F3(L)$ ist glatt, sie schneidet jedoch nicht die Einstellpunkte $F1(M)$. [Fig. 6](#) zeigt drei Kurven als eine Funktion von L (Abszisse). SUM stellt eine Annäherung einer idealen Konvergenzkorrekturkurve dar, die eine sinusförmige Kurve, eine Parabel und eine lineare Kurve summiert. Die Kurve "Interpoliert" stellt eine lineare Interpolation dar. "Interp2" stellt das erfundungsgemäße Interpolationsverfahren dar, wie es anhand der [Fig. 4A](#) beschrieben wurde.

[0065] Der Interpolationsvorgang gemäß den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) beseitigt Streifeneffekte unter Anwendung einer Glättungslösung, die bewirkt, daß die Ausgangswerte $F3(L)$ einander annähern, jedoch im allgemeinen nicht die Matrix-Einstellwerte $F1(M)$ kreuzen. Der Glättungsvorgang runden die Kurven unter Annäherung an diejenigen Matrixpunkte, bei denen eine Änderung der Steigung erfolgt, wie es in [Fig. 5](#) dargestellt ist. Die Matrix-Einstellwerte können nicht direkt aus dem Betrag der vertikalen und horizontalen Verschiebung bestimmt werden, die den entsprechenden Punkt auf dem Raster richtig lokalisiert, da der Ausgangswert $F3(L)$, der tatsächlich über die Konvergenzspule das Raster verschiebt, durch die Werte der angrenzenden Einstellwerte in der Matrix beeinflußt wird. Bei einer Anwendung der Erfindung auf eine digitale Konvergenzkorrektur ist es möglich, die Werte $F1(M)$ in der Korrekturmatrixt durch Beobachtung der durch den Ausgang der Interpolationslösung $F3(L)$ festzusetzen und dann einzustellen. Das erzeugt tatsächlich einen künstlichen

Wert für $F1(M)$ als Eingang zu der Interpolationslösung, nämlich den Wert, der bewirkt, daß der resultierende Ausgangswert $F3(L)$ genau der Wert ist, der für die genaue Lage des Rasters benötigt wird.

[0066] Das allgemeinere Problem, das sich ergibt, wenn Abtastwerte zum Erzeugen einer Annäherung eines Eingangssignals verwendet werden, enthält keine Möglichkeit für eine Rückkopplung für die Bedienperson als ein Mittel, um indirekt Einstell-Abtastwerte (oder Korrekturfaktoren) einzustellen, und durch die Glättungslösung eingeführte Wirkungen zu berücksichtigen. Die verfügbaren Abtastpunkte sind einfach die digitalisierten Abtastwerte eines zu regenerierenden Eingangssignals. Nach der Interpolation ist es erwünscht, daß das Ausgangssignal gleich oder nahezu gleich den Eingangs- und Abtastwerten bei entsprechenden Zeiten oder Lagen ist. Gemäß einem weiteren erfindungsgemäßen Aspekt kann die Erfindung glatt zwischen Abtastwerten interpolieren, wie oben beschrieben, um so das Eingangssignal, aus dem die Abtastwerte abgeleitet wurden, unter Anwendung von Faktoren gleich Abtastwerten des Eingangssignals innerhalb einer beliebigen gewählten Genauigkeit anzunähern und einen Ausgang zu erzeugen, der gleich dem Eingangswert bei den Abtastlagen ist. Das wird, wie in [Fig. 7](#) dargestellt, in Verbindung mit der folgenden Beschreibung bewirkt. Eine Lösung zur Preemphasis oder Vorverzerrung erzeugt Abtastfaktoren $F1(M-1)$, $F1(M)$ und $F1(M+1)$. Diese sind Korrekturfaktoren, wie sie in einer Konvergenzanwendung benutzt werden, und können ebenso Eingangsabtastfaktoren in anderen Anwendungen darstellen. Faktoren $F1(M-1)$, $F1(M)$ und $F1(M+1)$ werden in dem oben beschriebenen Interpolationsverfahren angewendet. Eine weitere Zeitspanne von aufeinanderfolgenden Abtastungen $F3(M-n)$ bis $F3(M+n)$ bewirkt dadurch eine Preemphasis oder Vorverzerrung der Faktoren K , die für eine Interpolation zwischen den Abtastfaktoren $F1(M-1)$, $F1(M)$ und $F1(M+1)$ angewendet werden, um das Eingangssignal zu regenerieren.

[0067] Das erfindungsgemäße Interpolationsverfahren verwendet gewichtete Faktoren, die einen Übergang von der Steigung der Kurve von einem Wert, der einem zu interpolierenden, vorausgehenden Sektor entspricht, auf einen Wert eines den zu interpolierenden Sektor abschließenden Sektor kennzeichnen. Die allgemeine, durchzuführende Interpolationsfunktion ist:

$$F3(M) = F1(M) - (Navg/8) \cdot (F1(M) - F1(M+1)/NL) - (Navg/8) \cdot (F1(M) - F1(M-1)/NL),$$

wobei:

Navg	= Anzahl der gemittelten Punkte, immer eine Potenz von zwei und immer $\leq NL$,
NL	= willkürliche Anzahl an zusätzlichen, zu interpolierenden Punkten,
$F3(M)$	= die abgetasteten Ursprungsdaten, für die es ebenfalls erwünscht ist, daß sie am Ausgang erscheinen, und
$F1(M)$	= ein vorverarbeiteter Datenwert, der gemäß der Erfindung bestimmt werden soll und als ein Eingangsfaktor zu der Interpolationsfunktion dient. $F1(M)$ wird von $F3(M)$ verarbeitet, um eine Verzerrung einzuführen, die die Werte des Signals $F3(M)$ in nebeneinanderliegenden Sektoren darstellt.

[0068] Wenn die letztgenannte Gleichung nach $F1(M)$ aufgelöst wird, ergibt sich:

$$F1(M) = (4 \cdot NL / (4 \cdot NL - Navg)) \cdot (F3(M) - (Navg/8 \cdot NL) \cdot (F1(M+1) + F1(M-1)))$$

[0069] Dieses Ergebnis ist etwas unangenehm. Der Wert von $F1(M)$ wird teilweise durch die Werte von $F1(M+1)$ und $F1(M-1)$ bestimmt. In der Iteration vor dem nächsten oder dem vorangehenden Interpolationssegment bestimmt der Wert von $F1(M)$ teilweise oder vollständig die Werte von $F1(M-1)$ und $F1(M+1)$, wodurch die Gleichung rekursiv oder wiederholbar und offensichtlich unlösbar wird. Gemäß einem erfindungsgemäßen Aspekt wird eine Lösung mit einer bestimmten Genauigkeit angenähert, indem man $F1(M \pm P) = F3(M \pm P)$ werden läßt, wobei P eine Konstante ≥ 1 ist. Das ergibt eine gute Annäherung, in der die Wechselwirkung für den Wert der gewünschten Genauigkeit ausreichend klein geworden ist.

[0070] Diese angenäherte Lösung ist tatsächlich praktikabel. Das wird ersichtlich durch Ausdehnung des schwierigsten Falls, nämlich wenn $Navg = NL$, für ein Interpolationssegment normaler Größe. Dann

$$F1(M) = (4/3) \cdot F3(M) - (1/6) \cdot (M+1) + F1(M-1)$$

die sich erweitert auf:

$$F1(M) = (4/3) \cdot F3(M) - (1/6) \cdot (4/3) \cdot (F3(M+1)) + (1/6) \cdot (1/6) \cdot (2 \cdot F1(M) + F1(M+2) + F1(M-2)),$$

die sich vereinfacht auf:

$$F1(M) \cdot (1 - 1/18) = (4/3) \cdot F3(M) - (2/9) \cdot (F3(M+1) + F3(M-1)) + 1/36 \cdot (F1(M+2) + F1(M-2))$$

und sich dann ausdehnt auf:

$$F1(M) \cdot (1 - 1/18) = (4/3) \cdot F3(M) - (2/9) \cdot (F3(M+1) + F3(M-1)) + (1/36) \cdot (4/3) \cdot F3(M+/-2) - (1/36) \cdot (1/6) \cdot (F1(M+/-3) + F1(M+/-1))$$

[0071] Diese Lösung kann ad-infinitum ausgedehnt werden. Die Ausdrücke der Wechselwirkung, die in der Ausdehnung und der vorgesehenen Preemphatis anzuwenden sind, nehmen mit jeder Komponente ab, die hinzugefügt wird, und zwar mit einer Größenordnung von $1/6^P$, wobei P die Anzahl von Punkten vor oder nach M ist, die geprüft werden. Das ist ein kritisches Ergebnis, da es zeigt, daß eine Lösung bis zu einer Genauigkeit von $2/(6^P)$ möglich ist, wenn man diese Anzahl an Ausdrücken betrachtet. Somit ist gemäß der Erfindung eine Genauigkeit von 8 Bit (ein Teil in 256) möglich, wenn man drei Ausdrücke der Reihen betrachtet.

[0072] Die vorangehende Annäherung, wie sie in [Fig. 7](#) dargestellt ist, dient zum Erzeugen von vorverzerrten oder vorverarbeiteten Werten für F1, die als Eingänge zu dem oben beschriebenen Interpolationsvorgang dienen, um eine Kurve aus diskreten Abtastwerten eines Eingangssignals $F3(M - n)$ bis $F3(M + n)$ zu erzeugen. Aus der Ausdehnung werden symmetrische Koeffizienten eines Vorverzerrungs-Eingangsfilters folgendermaßen berechnet:

$$F1(M) = (4/3 \cdot 18/17) \cdot F3(M) - ((2/9 - 4/(3 \cdot 216)) \cdot 18/17) \cdot F3(M +/-) + 1/27 \cdot (18/17) \cdot F3(M +/- 2) - (1/162) \cdot (18/17) \cdot F3(M +/- 3)$$

[0073] Das erfindungsgemäße Verfahren ist als ein numerischer Filtervorgang nützlich, der zusätzliche Datenpunkte zwischen Abtastwerten eines aus einem Eingangssignal entnommenem abgetasteten Datenstroms interpoliert. Die Erfindung ist auf eine Konvergenzkorrektur, wie es eine Basis-Interpolationslösung ist, ebenso auf andere Digital/Analog-Umsetzungen, wie zum Beispiel die vertikalen und horizontalen Umsetzungen, wie sie für eine Aufwärtskonvertierung von Videoinformationen von einem Format zu einem anderen benötigt werden, und auch auf andere derartige Anwendungen anwendbar.

[0074] Als ein Beispiel einer Videoformat-Umsetzung ist unter Annahme der Forderung, ein verschachteltes Bild mit 640×480 in ein verschachteltes Bild mit 1.440×1.080 umzusetzen, die Erfindung dafür anwendbar, die Daten für zusätzliche wiederzugebenden Punkte zu interpolieren. Das Verhältnis der beiden Auflösungen ist $4/9$ ($480 = 4 \cdot 120$, $1080 = 9 \cdot 120$). Bei dieser Sachlage sei $Navg = 8$, $NL = 9$, und es wird jeder vierte berechnete wiederzugebende Punkt ausgewählt.

[0075] Bei Anwendung dieser Werte und der Gleichung $F1(M) = (4 \cdot NL / (4NL - Navg)) \cdot (F3(M) - (Navg/8 \cdot NL) \cdot F1(M + 1) + F1(M - 1))$, wie oben angegeben, erhält man:

$$F1(M) \cdot (1 - 2 \cdot k1^4 - 2 \cdot k1^4 - 2 \cdot k1^6 - ...) = k2 \cdot (k1 + k1^3 + k1^5 + ...) \cdot F3(M +/- 1) + k2 \cdot (k1^2 + 2k1^4 + 2k1^6 ...) \cdot F3(M +/- 2)$$

$$+ k2 \cdot (k1^3 + k1^5 + k1^7 ...) \cdot F3(M +/- 3) + k2 \cdot (k1^4 + k1^4 + k1^6 ...) \cdot F3(M +/- 4)$$

wobei $k2 = 4 \cdot NL / (4 \cdot NL - Navg)$ und $k1 = Navg / (2 \cdot (4NL - Navg))$ ist.

[0076] In dem für eine Videoumsetzung dargestellten speziellen Fall, wo $NL = 9$ und $Navg = 8$, $k1 = 0,142857$ und $k2 = 1,285714$ ist. Um eine Genauigkeit von 8 Bit zu erreichen, werden die Ausdrücke, die $F3(M +/- 3)$ enthalten, ausgedehnt, da $k2 \cdot k3^3 = 3,756 \times 10E - 3$. Die Vorverzerrungs-Filterung berechnet dann:

$$F1(M) = k2 / (1 - 2k1^2) \cdot F3(M) - (k2 / (1 - 2k1^2)) \cdot (k1 + k1^3) \cdot (F3(M + 1) + F3(M - 1)) + (k2 / (1 - 2k1^2)) \cdot (k1^2) \cdot (F3(M + 2) + F3(M - 2)) - (k2 / (1 - 2k1^2)) \cdot (k1^3) \cdot (F3(M + 3) + F3(M - 3))$$

[0077] Das Ergebnis ist eine relativ genaue Kurve, die durch die Punkte der Ursprungsdaten der digitalisierten Bilddaten mit 640×480 innerhalb ± 1 Bit verläuft. [Fig. 8](#) zeigt graphisch den Zusammenhang der interpolierten Daten und der Eingangs-Datenpunkte unter Anwendung eines Zufallsdatensatzes. Die ursprünglichen Datenpunkte sind als Rechtecke dargestellt, und die interpolierten Datenpunkte sind als Rauten dargestellt. Die geraden Linien sind die linear miteinander verbundenen vorverzerrten Daten. Die gekrümmten Linie stellt die interpolierten Daten dar, die ausgedehnt und durch eine Kurve zweiter Ordnung verbunden sind.

[0078] Die oben beschriebenen Berechnungen können durch den internen Mikroprozessor **102** einer digitalen Konvergenzschaltung oder einen anderen verfügbaren Prozessor durchgeführt werden. Es ist nicht notwendig, einen externen Prozessor in dem Signalweg vorzusehen, um die konvertierten Daten zu erzeugen. Der Umfang des in der digitalen Konvergenzschaltung benötigten RAM-Speichers ist tatsächlich kleiner als der, der in einem bekannten digitalen Konvergenzsystem benötigt wird.

[0079] Ein Weg zum Erzeugen von Korrekturkurven aufgrund von gespeicherten Korrekturdaten besteht darin, eine RAM-Datenanordnung vorzusehen, die X mal Y1 mal 2 mal 3 beträgt, wobei X die Anzahl von horizontalen Korrekturpunkten und Y1 die Anzahl von Zeilen in dem Halbbild darstellt, $Y1 = Y \cdot NL$. Um die Anwendung eines großen Speicherumfangs zu vermeiden, kann das erfindungsgemäße Interpolationsverfahren die interpolierten oder konvergierten Daten aus den gespeicherten Daten auf einer Echtzeitbasis erzeugen. Der Betrag der verfügbaren Zeit ist die Zeit einer horizontalen Zeile (z. B. ungefähr 63 Mikrosekunden), geteilt durch X. Vorzugsweise wird ein paralleler Vorgang für jede Farbe durchgeführt. Gemäß der Erfindung erfolgt eine relativ einfache Berechnung (mit minimalen Multiplizierungsvorgängen, Divi-

diervorgängen, Addiervorgängen und Subtrahievorgängen). Vorzugsweise werden binäre Faktoren gewählt oder ergeben sich aus den auf die Faktoren (z. B. Faktor P) angewendeten Bedingungen. Das ermöglicht die Anwendung von einfachen Verschiebungen oder Abkürzungen anstelle von Addiervorgängen (oder Subtrahievorgängen) sowie Verschiebungen in der Durchführung von Multiplizier- und Dividiervorgängen unter Anwendung von binären oder fließenden Multiplizier- und Dividiervorgängen. Als Ergebnis werden die Ausgangsdaten mit einer minimalen Verarbeitungs-Hardware und Verarbeitungsleistung erzeugt, verglichen mit bekannten Verfahren für eine stochastische Kurvenermittlung unter Anwendung einer stochastischen Polynom-Kurvenermittlung mit exponentiellen Berechnungen, zahlreichen Multiplizier-Dividier- und Addier-/Subtrahievorgängen, die nicht praktikabel in Echtzeit durchgeführt werden können.

[0080] Die lineare Interpolation kann durch Anwendung einer Multiplizier- und einer Addier-Operation durchgeführt werden. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Interpolationsverfahrens von Vorverzerrungs-Faktoren zum Erzeugen von Werten $F1(M-1)$ bis $F1(M+1)$ als Eingänge zu dem Interpolationsblock zweiter Ordnung werden zwei Multiplizievorgänge und zwei Addiervorgänge benötigt.

[0081] Es sei bemerkt, daß es keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Vorverzerrungsintervall und dem Interpolationsintervall gibt. Der Interpolationsalgorithmus verwendet in der derzeit bevorzugten Ausführungsform genau drei Eingangsdaten-Abtastungen je Intervall. Es können mehr als drei Eingangsabtastwerte benutzt werden, jedoch werden dann die Berechnungen komplexer. Die Genauigkeit der Ausgangskurve wird durch die Kombination der gewählten Interpolationskonstanten und die Anzahl an Eingangsabtastwerten bestimmt, die in der Vorverzerrungs-Berechnung angewendet werden. Der Kompromiß besteht zwischen der Genauigkeit und der mathematischen Komplexität, oder in anderen Worten, in der Geschwindigkeit und den Kosten der Berechnung.

[0082] Wenn genau drei Eingangsabtastwerte für das Interpolationsintervall und drei Eingangsabtastwerte in dem Vorverzerrungsintervall angewendet werden, nähert sich die interpolierte Ausgangskurve mit einer Genauigkeit von ungefähr 6% an die Eingangskurve an. Wenn fünf Eingangsabtastwerte in dem Vorverzerrungsintervall angewendet werden, nähert sich die interpolierte Ausgangskurve mit einer Genauigkeit von ungefähr 1% an die Eingangskurve an. Wenn sieben Eingangsabtastwerte in dem Vorverzerrungsintervall angewendet werden, nähert sich die interpolierte Ausgangskurve mit einer Genauigkeit von ungefähr 0,1% an die Eingangskurve an.

[0083] Die erfindungsgemäße Lösung ist dafür anwendbar, allgemein eine glatte angenäherte Interpolation der ausgedehnten Funktionen zu bewirken, und kann eine interpolierte Kurve an einen Eingang anpassen (d. h. kann Werte zwischen beabstandeten Abtastwerten glatt hinzufügen), und zwar für Zwecke wie digitales Video, Audio oder jegliche Situationen, in denen die Eingangsabtastrate oder die Wertedichte kleiner ist als die des gewünschten Ausgangs.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Ausgangskurve aus mehreren aufeinanderfolgenden Ausgangsdatenwerten (L) in Echtzeit, die aus mehreren Eingangsabtastwerten ([Fig. 8](#), Eingangsdatenpunkte) bestimmt werden, deren Anzahl keiner ist als die der mehreren Ausgangsdatenwerte, mit folgenden Schritten:

Bestimmung von aufeinanderfolgenden und überlappenden Interpolationsintervallen mit einer bestimmten Anzahl der Eingangsabtastwerte (z. B: M - 1, M, M + 1; M, M + 1, M + 2),
lineare Interpolation der Eingangsabtastwerte in jedem Interpolationsintervall zum Erzeugen der die Ausgangskurve bestimmenden Ausgangsdatenwerte, wobei die lineare Interpolation über alle Interpolationsintervalle erfolgt,

unterschiedliches Hervorheben des Einflusses der bestimmten Anzahl an Eingangsabtastungen während der linearen Interpolation, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Vorverzerrung der mehreren Eingangsabtastwerte ([Fig. 7](#)),
lineare Interpolation der vorverzerrten Eingangsabtastwerte und

Berechnung (Schritt **402** bis **406**) eines sich bewegenden Mittelwertes der Ausgangsdatenwerte gleichzeitig mit der linearen Interpolation, aber in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten (N) der Ausgangsdatenwerte, die den vorverzerrten Eingangsabtastwert einleiten und abschließen, wobei jeder Zeitabschnitt eine geringere Anzahl an Ausgangsdatenwerten aufweist, als in jedem Interpolationsintervall erzeugt werden, und die Ausgangsdatenwerte durch den sich bewegenden Mittelwert so modifiziert werden, daß eine sich glatt ändernde zunehmende Steigung der Ausgangskurve erreicht wird,

wodurch der Vorverzerrungsschritt die Ausgangskurve steuerbar in die Nähe zu jedem der Eingangsabtastwerte bringt.

2. Verfahren nach Anspruch 1 mit einem Vorverzerrungsschritt mit folgenden Schritten:

Erzeugung von Abtastfaktoren aufgrund der Eingangsabtastwerte und
Anwendung der Abtastfaktoren in dem Interpolationssschritt.

3. Verfahren nach Anspruch 2 mit dem Schritt der Erzeugung der Abtastfaktoren aufgrund von genau drei der Eingangsabtastwerte.

4. Verfahren nach Anspruch 2 mit dem Schritt der Erzeugung der Abtastfaktoren aufgrund von wenigstens fünf der Eingangsabtastwerte.

5. Verfahren nach Anspruch 2 mit dem Schritt der Erzeugung der Abtastfaktoren aufgrund von wenigstens sieben der Eingangsabtastwerte.

6. Verfahren nach Anspruch 1 mit dem Schritt der Aufnahme von genau drei der vorverzerrten Eingangsabtastwerte in jedes Intervall.

7. Verfahren nach Anspruch 1 mit dem Schritt der Aufnahme von wenigstens fünf der vorverzerrten Eingangsabtastwerte in jedes Intervall.

8. Verfahren nach Anspruch 1 mit dem Schritt der Aufnahme von wenigstens sieben der vorverzerrten Eingangsabtastwerte in jedes Intervall.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der die Hervorhebung bewirkende Schritt folgende Schritte enthält:

Ordnung der vorverzerrten Eingangsabtastwerte in jedem Intervall derart, daß einer bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastung ein vorverzerrter Eingangsabtastwert vorausgeht und ein abschließender vorverzerrter Eingangsabtastwert folgt,

Hervorheben des Einflusses des vorausgehenden vorverzerrten Eingangsabtastwertes, wenn die Ausgangsdatenwerte berechnet werden, die dem bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastwert vorausgehen, und

Hervorheben des Einflusses des folgenden vorverzerrten Eingangsabtastwertes, wenn die Ausgangsdatenwerte berechnet werden, die auf den bestimmten vorverzerrten Eingangsabtastwert folgen.

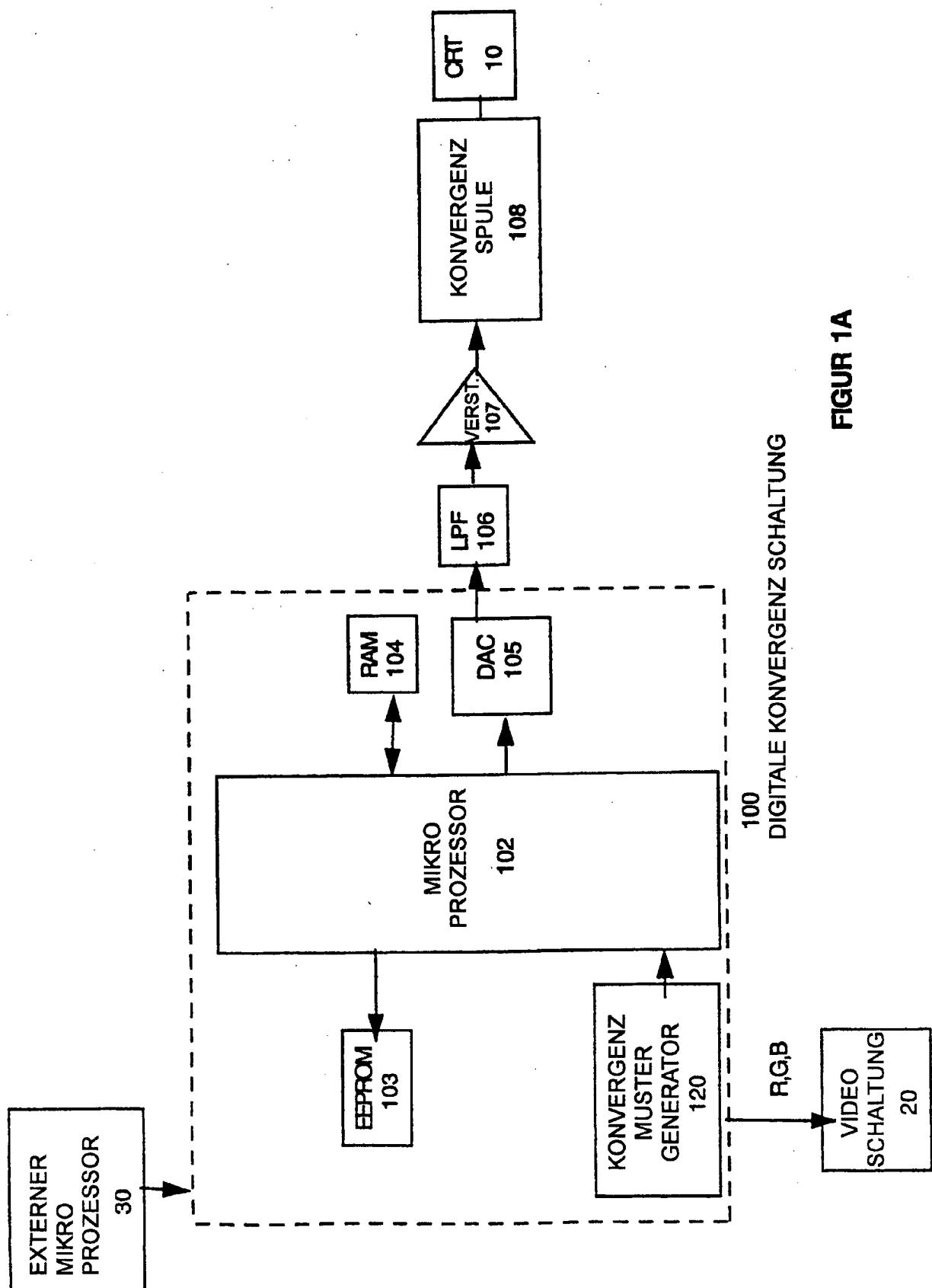
10. Verfahren nach Anspruch 1 mit dem Schritt der Verschiebung jedes Zeitabschnitts um eine gewählte Anzahl (P) der Ausgangsdatenabtastungen.

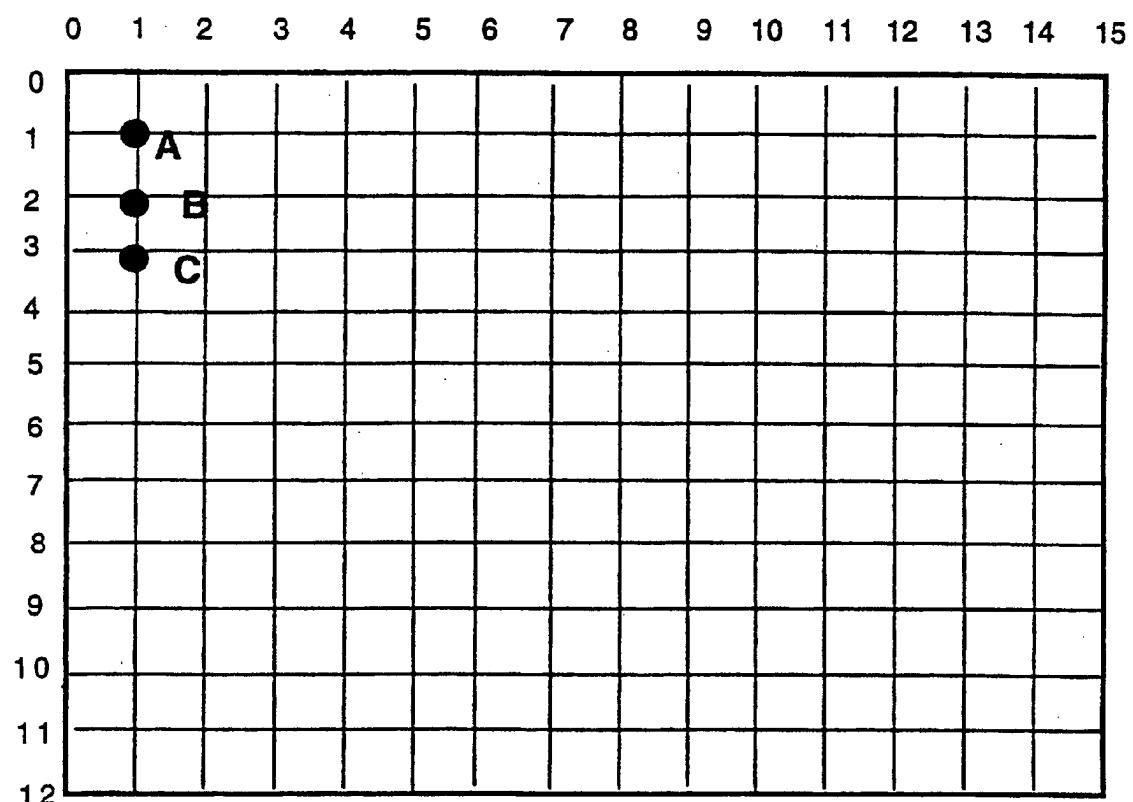
11. Verfahren nach Anspruch 1 mit folgenden Schritten:

Verschieben jedes Zeitabschnitts um eine Anzahl P der Ausgangsdatenwerte und

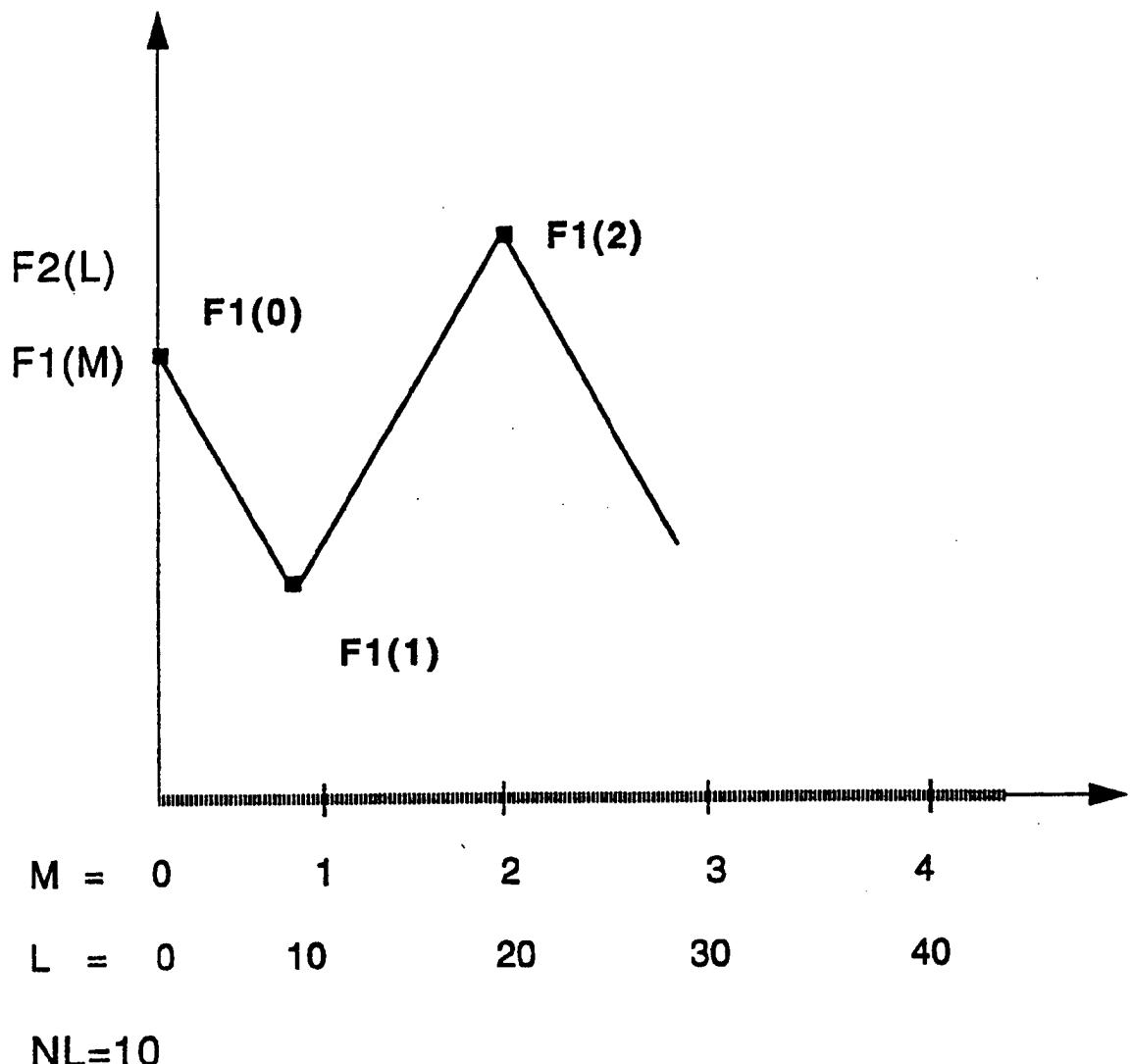
Wahl eines Wertes für P derart, daß P kleiner ist als die Anzahl der Linien in jedem Interpolationsintervall ($P < NL$) und $2 \cdot P$ eine Potenz von 2 ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

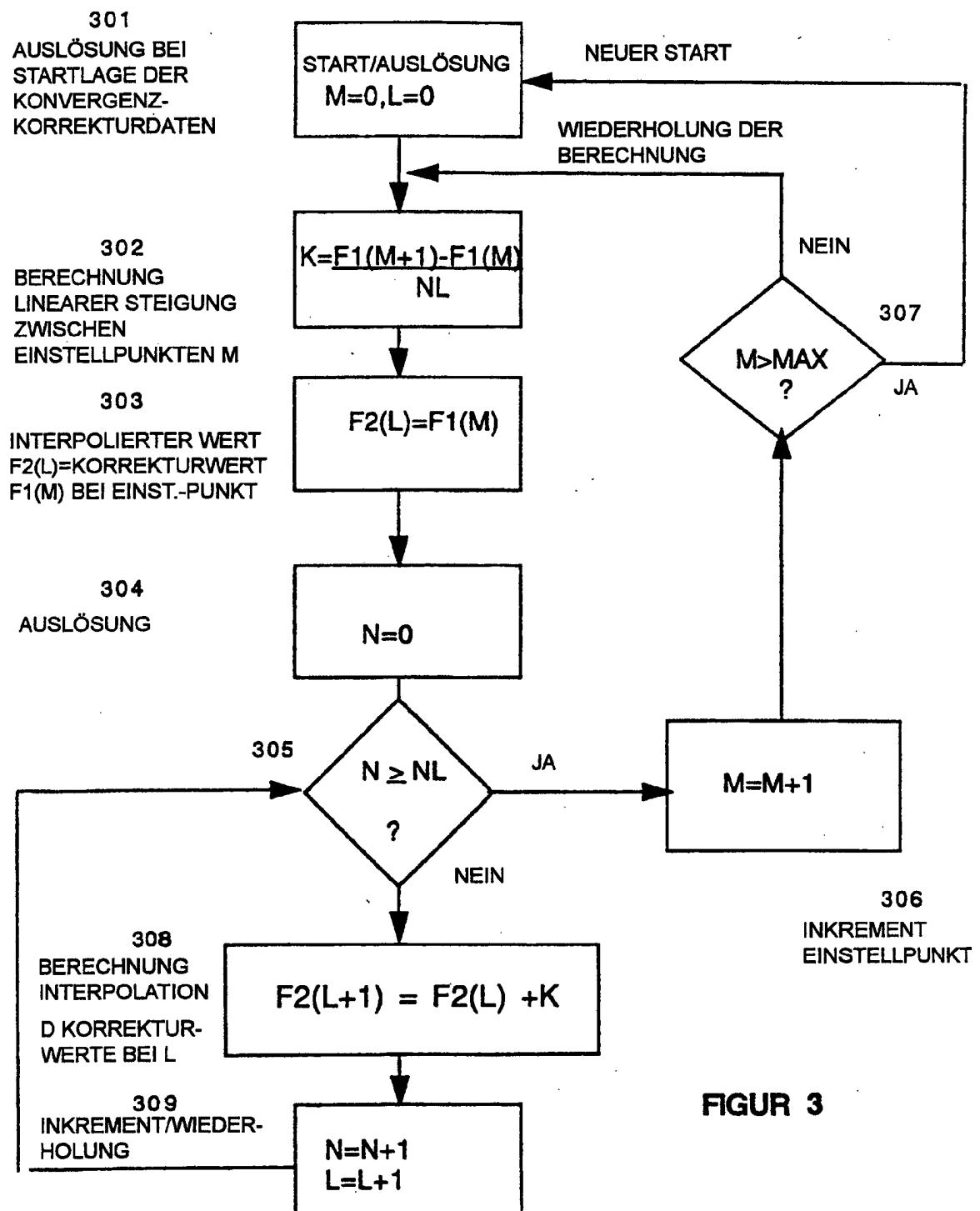


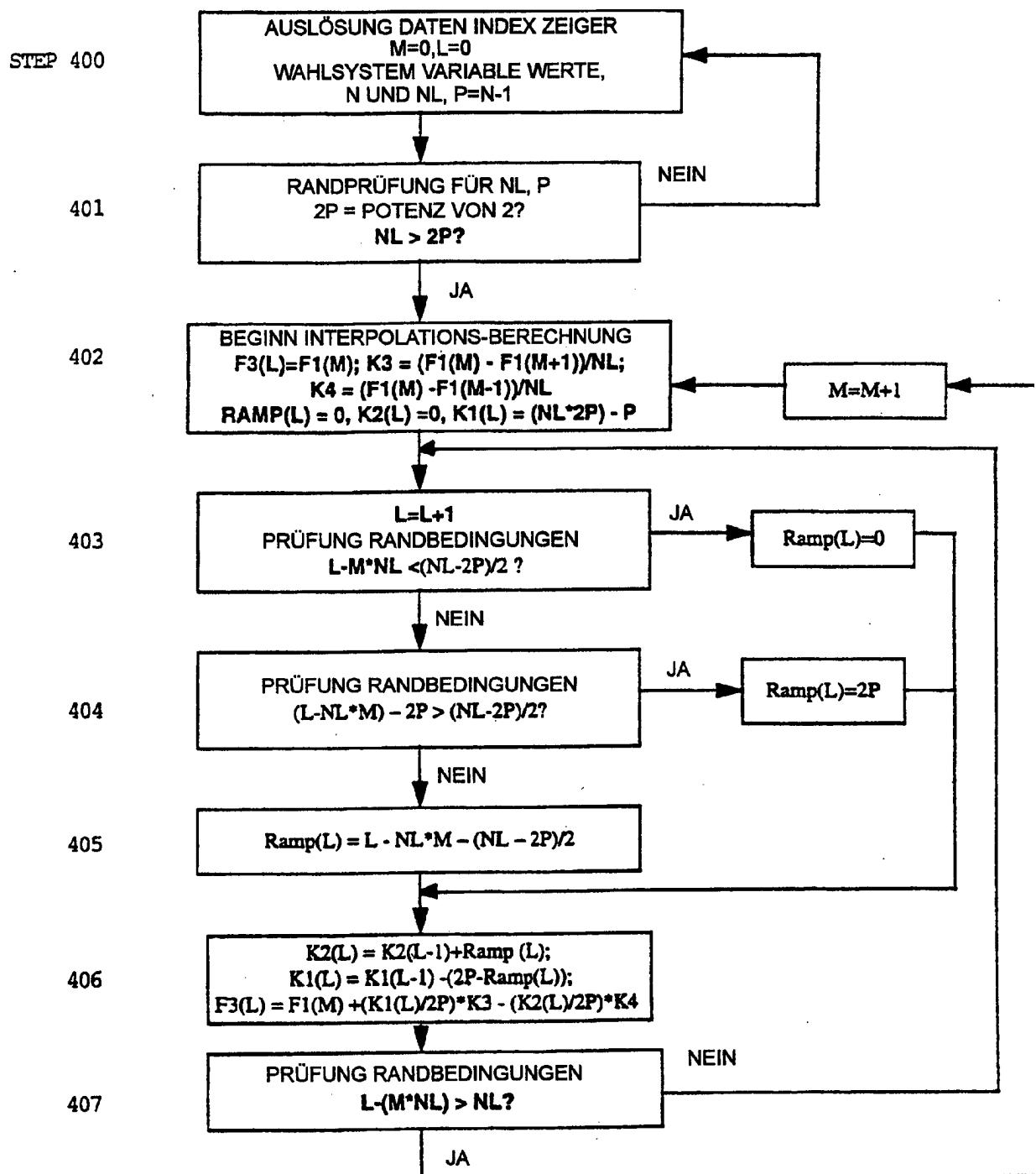


FIGUR 1B

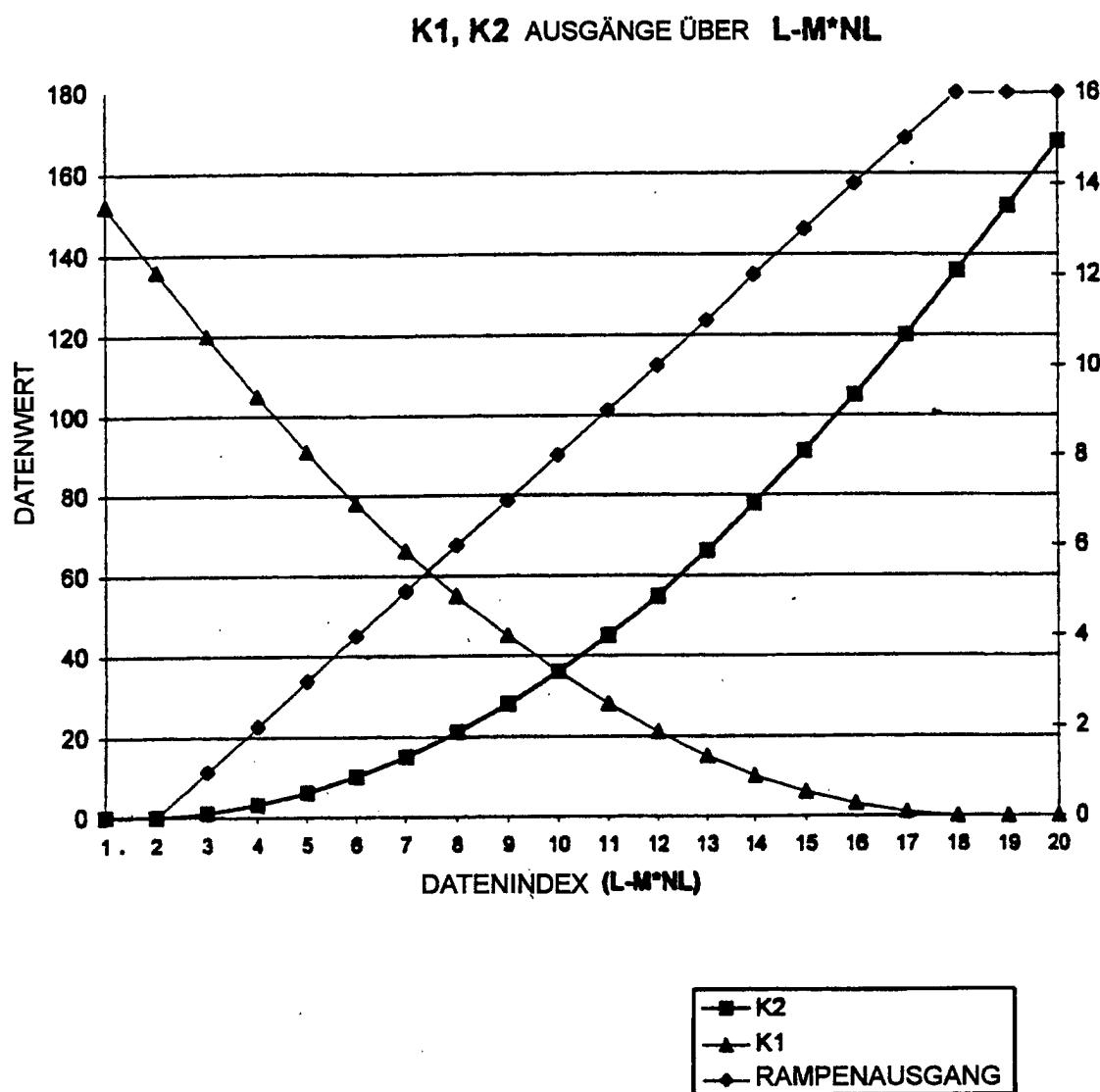


FIGUR 2

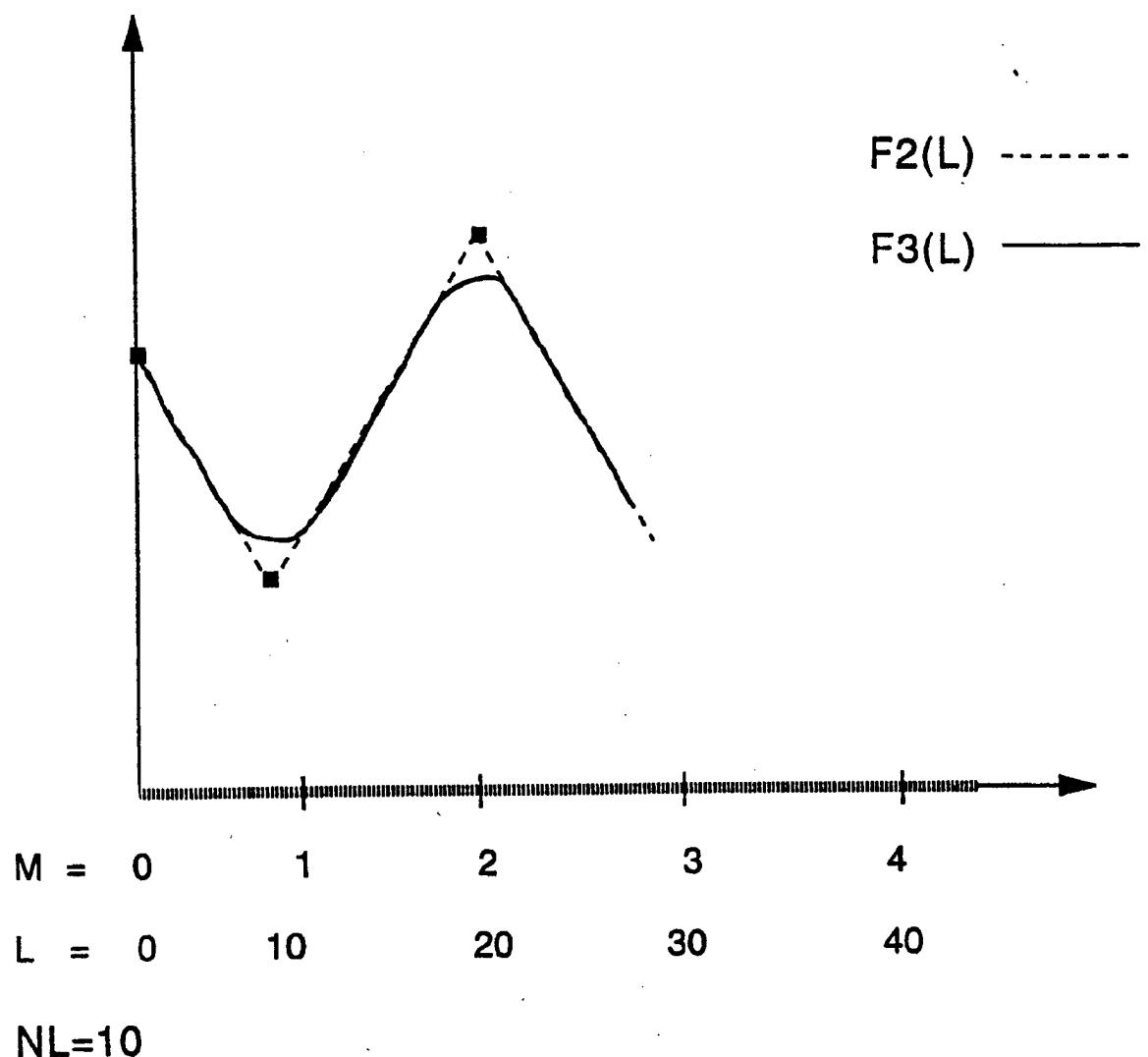




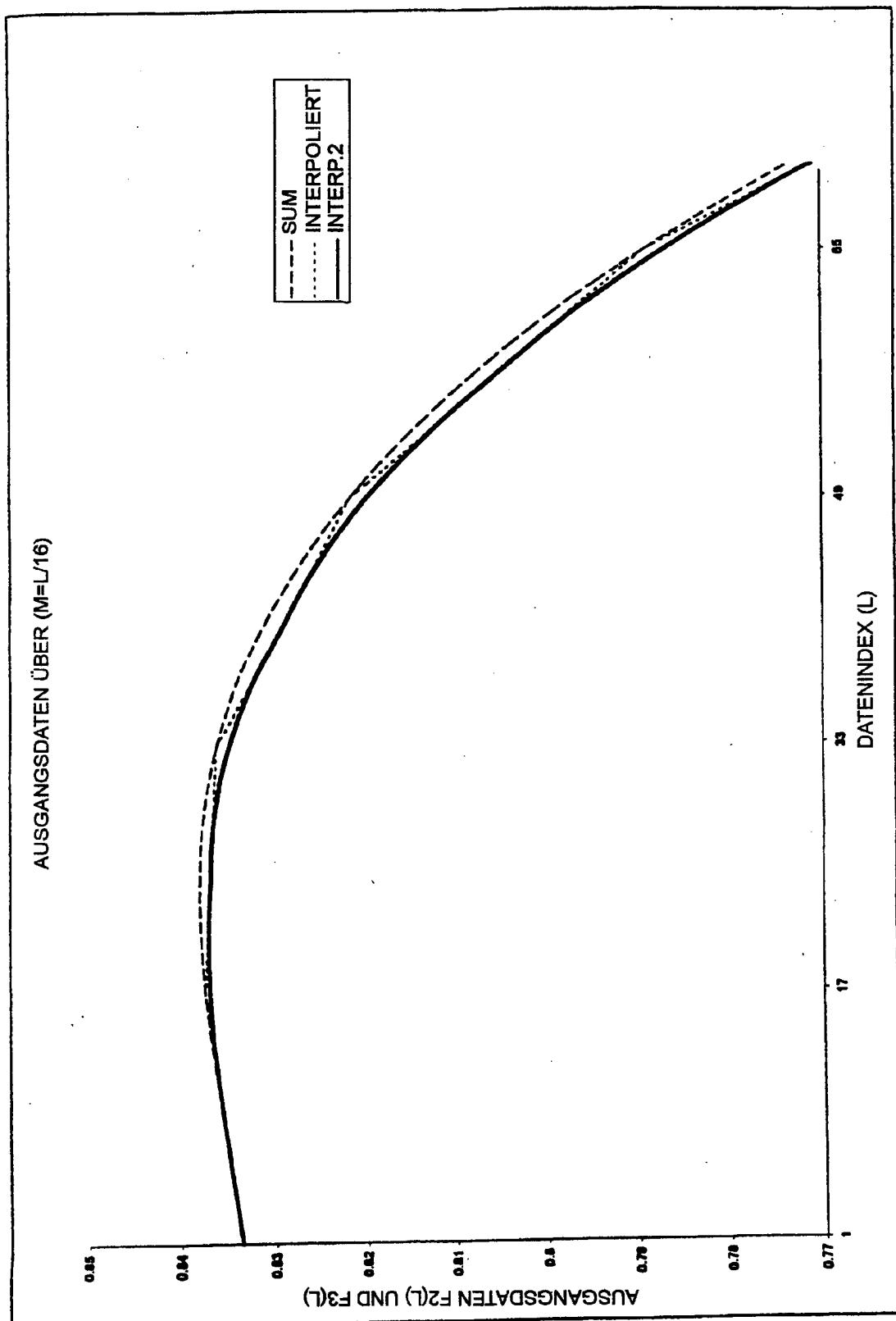
FIGUR 4A



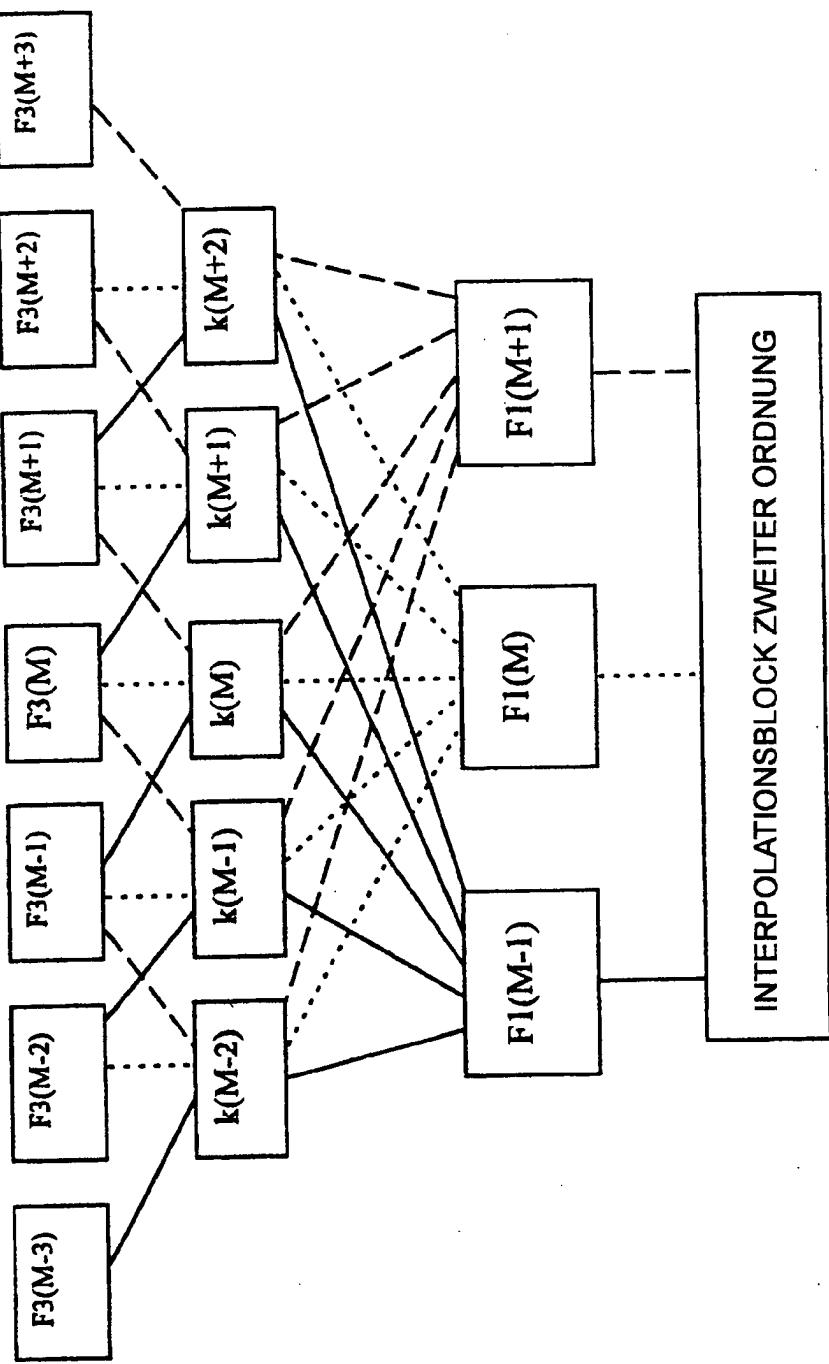
FIGUR 4B



FIGUR 5



INTERPOLATIONS-PREEMPHASIS-BLOCKSCHALTBIILD



FIGUR 7

