



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 25 753 T2** 2006.10.26

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 232 421 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 25 753.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/30670**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 977 051.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/035176**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.11.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **17.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.08.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.01.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.10.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G05B 13/02** (2006.01)

G05B 13/04 (2006.01)

G05B 21/02 (2006.01)

G11B 5/596 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

439055 **12.11.1999** **US**

(73) Patentinhaber:

**Purchased Patent Management LLC, Los Altos,
Calif., US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:

**IOANNOU, A., Petros, Pacific Palisades, CA 90272,
US; KOSMATOPOULOS, B., Elias, Pacific
Palisades, CA 90272, US; DESPAIN, M., Alvin,
Pacific Palisades, CA 90272, US**

(54) Bezeichnung: **SERVOSTEUERUNGSGERÄT WELCHES DIE ABSOLUTWERTE VON EINGANGSSIGNALEN AN-
WENDET**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Steuersysteme und Verfahren und insbesondere Steuersysteme und Verfahren, die nützlich sind, wenn eine Systemcharakteristik, die für Steuerzwecke beobachtet wird, Werte mit dem gleichen Vorzeichen und der gleichen Größe für sowohl positive als auch negative Veränderungen einer Variablen, die eingestellt wird, um das System zu steuern, annehmen kann. Während angenommen wird, dass Aspekte dieser Erfindung sich in einer sehr allgemeinen Weise auf viele unterschiedliche Steuersysteme und Verfahren bezieht, finden Aspekte der Erfindung ihre sofortige Anwendungen auf die Positionsteuerung von Detektoren, die in Datenerfassungssystemen (Datenakquisitionssystemen) verwendet werden. Spezifische Ausführungsformen der Erfindung sind nützlich in servomechanischen Steuersystemen, wie beispielsweise Magnetplattenlaufwerken mit hoher Dichte, von denen Daten durch eine genaue Positionierung eines magnetischen Leseelements angrenzend zu einem Satz von vordefinierten Datenspeicherstellen gelesen werden.

2. DISKUSSION DES VERWANDTEN SACHSTANDES

[0002] Der verwandte Sachstand wird unter Bezugnahme auf mehrere einfache Steuersysteme illustriert. Eine allgemeine Aufgabe, die Steuersystemen zugewiesen ist, ist eine Aufrechterhaltung der relativen Positionen eines Objekts in Bezug zu einem anderen Objekt, wobei beide Objekte sich in einer unvorhersagbaren Weise bewegen können. Ein nützliches System zur Betrachtung ist ein Abspielgerät für optische Platten, welches schematisch in [Fig. 1](#) dargestellt ist und das von dem Typ ist, der Laserlicht von einem Laser **1** auf einer Datenspeicheroberfläche **2** einer optischen Platte fokussiert, um Daten aus der Platte zu lesen. Typischerweise divergiert das Laserlicht und wird auf der Datenspeicheroberfläche **2** durch eine Objektivlinse **3** fokussiert. Während eines Betriebs kann sich die Platte (die Disk) biegen oder kann vibrieren, so dass der Abstand zwischen der Datenspeicheroberfläche **2** und dem Brennpunkt der Objektivlinse **3** sich genug ändert, um den Fokus des Laserlichts auf der Oberfläche der optischen Platte, die gerade gelesen wird, messbar zu verschlechtern. Um Signalveränderungen und eine Verschlechterung zu verhindern, stellt das Plattenabspielgerät die Position der Linse ein, um den Abstand zwischen der Linse **3** und der Datenspeicheroberfläche **2** nahezu konstant auf den nominellen „Fokussierungs“-Abstand aufrecht zu erhalten. Hierbei und überall in der Diskussion des Hintergrunds und der Erfindung weist der Ausdruck „nominell“ seine gewöhnliche Bedeutung als zufriedenstellend oder nach Plan auf.

[0003] Es ist typischerweise nicht praktisch, den Abstand zwischen der Linse **3** und dem Datenspeichersystem zu messen, so dass Plattenabspielgeräte diesen Abstand indirekt beobachten. Zum Beispiel kann Licht, das von der Datenspeicheroberfläche reflektiert wird, durch einen Strahlteiler **4** gehen, durch die Linse **5** gesammelt und neu fokussiert werden und an einen optischen Detektor **6** gerichtet werden. Der optische Detektor **6** ist in vier Quadranten unterteilt, wie in [Fig. 2](#) dargestellt. Das System ist so konstruiert, dass dann, wenn der Abstand zwischen der Linse **3** und der Datenspeicheroberfläche **2** gleich zu dem nominellen „Fokussierungs“-Abstand ist, das auf den Detektor **6** einfallende Licht im Fokus (fokussiert) ist und eine Intensitätsverteilung aufweist, die sich symmetrisch auf der Oberfläche des Detektors verändert. Ein derartiger symmetrischer „in Fokus“ Zustand ist in [Fig. 3](#) dargestellt. Jeder Quadrant des Detektors stellt eine getrennte Ausgangsspannung V_A , V_B , V_C , V_D bereit, so dass der symmetrische Zustand der [Fig. 3](#) assoziiert ist mit einem Wert von effektiv Null der beobachtbaren Größe $(V_A + V_D) - (V_B + V_C)$.

[0004] In das Laserlicht, welches zum Lesen der Datenspeicheroberfläche **2** verwendet wird, wird eine Asymmetrie eingeführt, so dass ein zu kurzer Abstand zwischen der Linse **3** und der Datenspeicheroberfläche **2** ein asymmetrisches Nicht-Im-Fokus Muster auf dem Detektor **6** erzeugt, wie dasjenige, das in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Diese Asymmetrie wird gekennzeichnet durch Licht mit hoher Intensität auf den Quadranten B und C des Detektors **6** und durch Licht mit niedriger Intensität auf den Quadranten A und D. Ein zu langer Abstand zwischen der Linse **3** und der Datenspeicheroberfläche **2** erzeugt das Nicht-Im-Fokus Muster, das in [Fig. 4](#) dargestellt ist, und welches durch Licht mit hoher Intensität auf den Quadranten A und D des Detektors **6** und durch Licht mit niedriger Intensität auf den Quadranten B und C gekennzeichnet ist. Der Betrag der Asymmetrie verändert sich mit dem Betrag, um den sich der Abstand zwischen der Linse **3** und der Datenspeicheroberfläche **2** von seinem gewünschten „in Fokus“ Abstand abweicht. Demzufolge kann die Größe $(V_A + V_D) - (V_B + V_C)$ eine nützliche Variable sein, um beobachtet zu werden, um die Position der Linse **3** zu steuern. Zum Beispiel kann ein lineares Steuersystem bereitgestellt werden, um die laterale Position der Linse **3** einzustellen, um eine gute Steuerung des Fokus des optischen Plattensystems der [Fig. 1](#) unter Verwendung der Größe $(V_A + V_D) - (V_B +$

V_C) als einen Eingang bereit zu stellen.

[0005] In dem System der [Fig. 1](#) stellt die Größe $(V_A + V_D) - (V_B + V_C)$ eine gute beobachtbare Variable zum Steuern der Position der Linse **3** (die gesteuerte Variable) und somit des Fokus des Systems bereit. $(V_A + V_D) - (V_B + V_C)$ stellt sowohl eine Größe, die das Ausmaß der erforderlichen Korrektur anzeigt, als auch das Vorzeichen der erforderlichen Korrektur bereit. Das Vorzeichen der erforderlichen Korrektur zeigt an, ob die Linse **3** zu nahe oder zu weit entfernt von der Datenspeicheroberfläche **2** ist und somit, in welche laterale Richtung die Linse **3** bewegt werden muss, um den Fokus zu optimieren. $(V_A + V_D) - (V_B + V_C)$ kann verwendet werden, um das System der [Fig. 1](#) zu steuern, weil (1) das Laserlicht in zweckdienlicherweise asymmetrisch innerhalb des Systems gemacht ist, und (2) der Detektor aus vier unabhängigen Quadrant-Detektoren gebildet ist. Mit anderen Worten, das optische System ist speziell dafür ausgelegt, um eine einfache Steuerung der Position der Linse **3** zu erlauben.

[0006] Während es möglich ist das System der [Fig. 1](#) unter Verwendung des asymmetrischen Strahls in Verbindung mit einem Quadranten-Detektor zu steuern, ist dies nicht eine vollständig wünschenswerte Situation. Es ist einfacher optische Systeme für Licht zu konstruieren, welches sich gleichförmig verändert, als es ist optische Systeme mit ähnlicher Qualität für sich asymmetrisch verändernde Strahlen zu konstruieren. Dies trifft insbesondere zu, wenn unterschiedliche Farben des Lichts in dem optischen System verwendet werden könnten.

[0007] Veränderungen des Systems der [Fig. 1](#), die nicht absichtlich eine Art Asymmetrie in diesen Lichtstrahl einführen, könnten einen Detektor wie denjenigen, der in [Fig. 5](#) dargestellt ist, verwenden, der ein äußeres Element **7**, das einen von der Intensität abhängigen Spannungsausgang von V_T erzeugt, und ein inneres Element **9**, das einen von der Intensität abhängigen Spannungsausgang V_C erzeugt, einschließt. Unter Verwendung eines derartigen Systems stellt die Größe $V_C/(V_C + V_T)$, die schematisch als eine Funktion des Abstands S der Linse zur Speicheroberfläche von der nominellen „in Fokus“ Position S_0 dargestellt ist, ein Maß für den Fokus des Systems. Es ist möglich, diese beobachtbare Variable zu verwenden, um den Fokus des Systems einzustellen, aber es ist schwierig. Dies liegt daran, weil die Größe $V_C/(V_C + V_T)$ eine Größe einer durchzuführenden Korrektur anzeigt, aber nicht ein Vorzeichen oder eine Richtung für die Korrektur bereitstellt. Für jede beobachtete Veränderung der Größe $V_C/(V_C + V_T)$ von der Spitze, im Fokus-Wert, könnte die Linse eine Verschiebung in entweder einer positiven oder einer negativen Richtung benötigen. Es ist somit schwierig, das System der [Fig. 1](#) direkt nur unter Verwendung der Größe $V_C/(V_C + V_T)$ zu steuern.

[0008] Systeme wie diejenigen, die in [Fig. 6](#) angedeutet sind, können als Absolutwert-Systeme bezeichnet werden, weil die beobachtete Variable den Absolutwert einer durchzuführenden Korrektur bereitstellt aber nicht das Vorzeichen oder die Richtung für die Korrektur. Für derartige Absolutwertsysteme ist es bekannt eine Bewegung in eine bekannte Richtung, wie eine Oszillation, auf die gesteuerte Variable einzuführen. Diese Technik ist als Zittern oder Zitterung (Dithering) bekannt. Unter Verwendung eines Zitterns wird eine regelmäßige Oszillation auf die Position der Linse **3** eingeführt, was eine regelmäßige Veränderung in der beobachteten $V_C/(V_C + V_T)$ einführt. Durch Vergleichen der Phase der Oszillationen in $V_C/(V_C + V_T)$ mit der Phase der Oszillation in der Position der Linse **3** kann das Steuersystem die Richtung der Korrektur, die für die Linsenposition durchgeführt werden soll, identifizieren. Demzufolge erlaubt ein Zittern, das der in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellte Mechanismus verwendet wird, um das optische Plattenabspielgerät der [Fig. 1](#) zu steuern.

[0009] Das Zittern (Dither) hat eine Vielzahl von Nachteilen. Es ist komplex, wobei die Einführung eines erfassbaren Betrags einer Bewegung zwischen Objekten erforderlich ist. Ferner ist das Zittern selbst eine Rauschquelle und ist somit allgemein unerwünscht. Demzufolge ist es üblicher, ein System zu konstruieren, so dass es eine beobachtbare Variable aufweist, die sowohl eine Größe als auch eine Richtung oder ein Vorzeichen für eine Korrektur bereitstellt, wie ein System wie dasjenige, das in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt ist, zu verwenden.

[0010] Das obige Beispiel bezieht sich auf die Steuerung der Optik eines optischen Plattenabspielgeräts und illustriert die Schwierigkeit zu versuchen, ein derartiges System, unter Verwendung einer beobachtbaren Variablen, mit einem Absolutwert zu steuern. In diesem Sinn ist eine beobachtbare Variable mit einem Absolutwert eine, die sich mit der zu steuernden Variablen verändert, aber nur in der Größe, wie mit dem Graph der [Fig. 6](#) dargestellt. Ein ähnliches Problem kann unter Bezugnahme auf magnetische Plattenspeichersysteme dargestellt werden und diese Diskussion richtet sich nun auf diese Technologie. Diese Hintergrunddiskussion illustriert Aspekte des Problems, auf denen sich Aspekte der vorliegenden Erfindung richten sowie Aspekte einer Umgebung, in der bestimmte bevorzugte Aspekte der vorliegenden Erfindung implementiert sind.

[0011] Datenspeichersysteme mit einem Magnetplattenlaufwerk stellen eine Langzeit-Datenspeicherung mit hohem Volumen bereit, die vergleichsweise schnell und relativ kostengünstig ist, wenigstens wie auf einer Pro-Bit Basis gemessen. Zum Beispiel ist eine Magnetplattenspeicherung schneller als gegenwärtige optische Speicheroptionen und ist vergleichsweise kostengünstiger als gegenwärtige auf einem Flash-Speicher-basierende Speichereinrichtungen. Die heutige Industrie stützt sich auf Magnetplattenlaufwerke für eine Langzeit-Datenspeicherung in verschiedenen Typen von Computersystemen und in bestimmten elektronischen Konsumenten Anwendungen, wie der Videoaufzeichnung und -Wiedergabe, und beide Typen von Verwendungen wachsen weiter an. Die Forschung in Magnetplattenlaufwerk-Systeme wird fortgesetzt und es wird erwartet, dass das Betriebsverhalten von derartigen Systemen sich weiter verbessert.

[0012] Drehspeichereinrichtungen und insbesondere Plattenlaufwerke speichern Daten auf einer oder mehreren Seiten eines sich drehenden Mediums, welches oft als Platten oder Disks bezeichnet wird. Für den Fall eines herkömmlichen Plattenlaufwerks werden Daten durch Erzeugen einer magnetischen Modulation innerhalb eines magnetischen Materials, das auf eine Datenspeicher Oberfläche der Platte aufgeschichtet ist, gespeichert. Daten werden dadurch zurückgelesen, das danach diese Modulation mit einem Lesekopf erfasst wird. Typischerweise werden Daten an die Platte unter Verwendung eines Schreibelements geschrieben und Daten werden von der Platte unter Verwendung eines Leseelements gelesen, wobei sowohl die Schreib- als auch Leselemente als physikalisch getrennte Elemente auf einem einzelnen Kopf bereitgestellt werden. Durch Aufzeichnen von Daten in der Form von magnetischen Signalen auf der sich drehenden Platte können Daten sowohl gespeichert werden als auch danach zurückgewonnen werden, und zwar sogar nach langen Zeitperioden. Daten können in eine Vielzahl von radial versetzten, sich tangential erstreckenden Spuren organisiert werden, wobei die Daten auf den Spuren allgemein in eine Vielzahl von Datenblöcken organisiert gespeichert werden. Um Daten von einem bestimmten Datenblock zu lesen oder Daten an einen bestimmten Datenblock zu schreiben, positioniert das typische Plattenlaufwerk den Lese- und Schreibkopf über der Spur, die den Zieldatenblock enthält, und zwar mit einer Funktion, die als Suchbetrieb bekannt ist (Seek-Operation). Der Lese- und Schreibkopf des Plattenlaufwerks liest oder schreibt die Daten auf der Speicher Oberfläche je nach Wunsch. Datenlese- und Schreiboperationen, Such-Operationen und andere Operationen, wie beispielsweise die Verwendung von Grey Codes zum Identifizieren von Spurpositionen, werden in dem U.S. Patent Nr. 5523902, U.S. Patent Nr. 5796543 und dem U.S. Patent Nr. 5847894 beschrieben.

[0013] [Fig. 7](#) illustriert schematisch bestimmte Aspekte einer Speicher Oberfläche **10** und eines Plattenlaufwerks. Im allgemeinen umfasst die Platte **8** eine zentrale Öffnung **12**, durch die die Spindel des Plattenlaufwerks geht und mit der die Platte und ihre Speicher Oberfläche gedreht werden. Ein Bereich **14** wird auf der Platte um die zentrale Öffnung **12** herum vorgesehen, um die Platte an die Spindel zu klemmen oder dort irgendwie anders zu halten; dieser Bereich **14** ist für eine Speicherung im wesentlichen nicht verwendbar. Die Speicher Oberfläche **10** erstreckt sich radial weg von dem Klemmgebiet **14** und kann in einem peripheren Band der Platte, das nicht gezeigt ist, und das auch vorzugsweise nicht für eine Datenspeicherung verwendet wird, enden. Im allgemeinen können die Speicher Oberflächen von Plattenlaufwerken als im wesentlichen gleichförmig angesehen werden oder die Speicher Oberfläche könnte in mehrere Zonen unterteilt werden. Wenn die Speicher Oberfläche **10** als im wesentlichen gleichförmig behandelt wird, wird in dem Plattenlaufwerk relativ wenig getan, um Differenzen zwischen radial versetzten Datenspeicherstellen, wie sich unterscheidende Drehgeschwindigkeiten, und die zugehörigen Differenzen in der Arealdichte von gespeicherten Daten auf der Platten Oberfläche zu berücksichtigen. Eine andere Strategie teilt die Speicher Oberfläche **10** in eine Anzahl von sich radial erstreckenden Bändern, die als Zonen bekannt sind, wie die Zonen **16**, **18** und **20**, die auf der Speicher Oberfläche **10** angedeutet sind, auf. Die verschiedenen Speicherstellen innerhalb der unterschiedlichen Zonen **16**, **18** und **20** werden ähnlich behandelt, während die Speicherstellen in unterschiedlichen Zonen unterschiedlich behandelt werden können, zum Beispiel durch Verwendung von unterschiedlichen Taktraten zum Lesen oder Schreiben von unterschiedlichen Signalen, oder durch Verwendung von unterschiedlichen Dichten der Servoinformation.

[0014] Der Lese- und Schreibkopf **22** ist eine kleine Anordnung, die auf dem Ende eines Arms oder eines Wandler-Aufbaus **24** vorgesehen ist, der den Kopf **22** über die Speicher Oberfläche **10** bewegt. Der Wandler-Aufbau kann den Kopf **22** durch eine Drehung, durch eine Translation oder durch eine Kombination von Drehungen und Translationen bewegen. Zum Beispiel stellen viele gegenwärtige Laufwerke größere Bewegungen durch Drehen des Wandler-Aufbaus um eine Schwenkung auf dem Ende des Wandler-Aufbaus gegenüberliegend zu demjenigen des Kopfes **22** bereit. Zusätzliche Einstellungen können unter Verwendung von feinen Translationen erreicht werden, die zum Beispiel unter Verwendung von Piezo-elektrischen Elementen erreicht werden könnte. Im allgemeinen werden die mechanischen rotationsmäßigen und translatorischen Bewegungen des Kopfes **22** unter einer Servo-Steuerung unter Verwendung beispielsweise von Sprachspulen-Motoren (Voice Coil Motoren) oder anderen kompakten Systemen mit einem schnellen Ansprechverhalten

vorzugsweise realisiert. Der Lese- und Schreibkopf **22** des Wandler-Aufbaus ist typischerweise nicht fest an dem Wandler-Aufbau angebracht. Anstelle davon ist der Lese- und Schreibkopf vorzugsweise auf einem Schieber angebracht, der mit dem Wandler-Aufbau über einen flexiblen Aufbau gekoppelt ist. Typischerweise wird der Schieber so konstruiert, dass er auf einem Luftlager über der Datenspeicheroberfläche, das zwischen dem geformten Unterschlitzen des Schiebers und der Platte erzeugt wird, „fliegt“.

[0015] [Fig. 8](#) zeigt mit ihren Einzelheiten Aspekte eines gegenwärtig bevorzugten Lese- und Schreibkopf-Designs. Der dargestellte Lese- und Schreibkopf **22** ist auf einem Ende eines Schiebers **26** angebracht, der wiederum an dem Wandler-Aufbau (in [Fig. 8](#) nicht gezeigt) angebracht ist. Ein magnetoresistives Leseelement **28** ist als ein Dünnschichtelement in der Nähe oder auf der Endoberfläche von dem Schieber gebildet und dann wird ein Schreibelement **30** eines induktiven oder anderen Typs teilweise über dem Leseelement **28** vorgesehen. Eine Schutzbeschichtung **32** deckt den Lese- und Schreibkopf **22** ab. Wie dargestellt, ist es typisch, dass das Schreibelement **30** wesentlich größer (manchmal 160% oder mehr) als das Leseelement **28** ist. Zusätzlich ist das Leseelement typischerweise in Bezug auf das Schreibelement auf eine Seite versetzt. Diese Konfiguration ist charakteristisch für die dargestellten Typen von Elementen und bewirkt, dass der Lese- und Schreibkopf unterschiedliche bevorzugte Positionen in Bezug auf eine Spur oder eine andere Datenspeicherstruktur für jeweilige Lese- und Schreiboperationen aufweisen.

[0016] Ein Lese- und Schreibkopf **22**, der zu einer Speicheroberfläche gehört, wird genau positioniert in Bezug auf Datenspeicherstellen entlang einer Spur durch die Verwendung von Servosteuer-Mechanismen innerhalb des Plattenlaufwerks, die in Verbindung mit Positionsservoinformation arbeiten, die auf der Speicheroberfläche des Plattenlaufwerks gespeichert ist. Verschiedene Servoverfahren sind historisch für Magnetspeicherplattenlaufwerke verwendet worden, wobei die Industrie gegenwärtig die Verwendung von Servoinformation bevorzugt, die auf jeder Datenspeicheroberfläche auf den Platten innerhalb des Plattenlaufwerks enthalten ist. Beim zuverlässigen Ausführen eines Spursuchbetriebs verwendet das Plattenlaufwerk das Leseelement **28** des Kopfes, um Servopositionsinformation zu erfassen, die durch eine Steuerschaltungsanordnung verwendet wird, um den Wandler-Aufbau und den Kopf über der Zielspur zu positionieren. Die Servopositionsinformation identifiziert die Position von jeder Spur und stellt wenigstens eine relative Identifikation für jede der Spuren auf dem Plattenlaufwerk bereit.

[0017] Positionssteuerungs- oder Servoinformation wird oft innerhalb von sich radial erstreckenden Sektor Servokeilen gespeichert, die mit näheren Einzelheiten in den voranstehend angegebenen Patenten beschrieben werden, und die auf der Datenspeicheroberfläche der Platte während der ursprünglichen Herstellung der Plattenspeichereinrichtung genau platziert werden. Die Positions- und andere Servoinformation kann mit einem Servoschreiber wie demjenigen, der in dem U.S. Patent Nr. 4920442 beschrieben ist, oder in Übereinstimmung mit den voranstehend beschriebenen Verfahren, geschrieben werden. Servoschreiber werden in einem Fabrik-Initialisierungsprozess verwendet, um Positions- und andere Servoinformation auf den Speicheroberflächen der Platten, zusammen mit anderer Information, zu schreiben, um die Speicheroberfläche zur Verwendung vorzubereiten. Der Servoschreiber, der typischerweise genaue Positionsinformation verwendet, die durch einen Laserpositionierungsmechanismus bereitgestellt wird, platziert am häufigsten Servoinformation auf jeder Spur entlang vordefinierter radialer Speichen, die den Beginn von jedem Sektor auf der Platte definieren.

[0018] [Fig. 7](#) zeigt zwei mögliche Organisationen von Servoinformation auf der Speicheroberfläche einer Platte **8**, und zwar diejenige, die voranstehend diskutiert wurde, bei der sich volle radiale Keile **34** über die verwendbare radiale Ausstreckung der Datenspeicheroberfläche **10** erstrecken, und eine andere, bei der Teilservokeile **36** mit unterschiedlicher Dichtung in unterschiedlichen Zonen einer Speicheroberfläche bereitgestellt werden. Bei dem ersten Verfahren können in der Größenordnung von 100–200 Servo Bursts vorhanden sein, die bei regelmäßigen Winkelintervallen auf der Speicheroberfläche einer 3,5" Speicherplatte positioniert sind. Unterschiedliche Konstruktions- und Betriebsparameter können diese Charakteristiken stark ändern. Bei dem zweiten Verfahren gibt es eine ansteigende Anzahl von Servokeilen in jeder der Zonen, sowie sie von der Mitte der Platte weg gehen. Im allgemeinen wird nur eines der zwei schematisch dargestellten Verfahren auf einer Platte verwendet.

[0019] Unabhängig davon, ob Zonen auf der Datenspeicheroberfläche differenziert werden, können die Servokeile eine beträchtliche Menge von Information einschließen, die zur Positionierung des Kopfes und zum Lesen und Schreiben von Daten an der Platte nützlich ist. Eine Illustration der Information, die in dem Servokeil enthalten sein kann, wird beispielsweise in dem U.S. Patent Nr. 5796543 bereitgestellt und ist in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) reproduziert, die jeweils Schreib- und Leseoperationen darstellen. Diese Figuren zeigen einen Abschnitt eines Servokeils **40**, der sich über vier Datenspuren Tr 0, Tr 1, Tr 2 und Tr 3 erstrecken. Der Keil **40** ist

aus einer Servopräambel **42** und Servopositionsinformation **44** gebildet und dem Keil folgen ein oder mehrere Datenblöcke **46** in jeder der Spuren. Ein Kopf **22**, der sowohl Lese- als auch Schreibelemente einschließt, ist gezeigt, um den Fortschritt von Daten (nach links) durch den Kopf und die bevorzugte Position des Kopfes in Bezug auf die Mittellinie der Spur während des Schreibvorgangs ([Fig. 9A](#)) und des Lesevorganges ([Fig. 9B](#)) anzuzeigen. Wie gezeigt, ist das Leseelement typischerweise um einen vorgegebenen Abstand weg von der Mittellinie während einer Schreiboperation gehalten. Deshalb ist die bevorzugte Spurfolgeposition manchmal neben der Mittellinie der Spur.

[0020] Die Servopräambel **42** stellt Information bereit, die zum Einstellen der Lesekanalelektronik zum Lesen und Verarbeiten der Positionsservoinformation verwendet wird. Der Servopositionsabschnitt **44** des Servokeils stellt die tatsächlichen Positionsdaten bereit die durch das Leseelement **28** gelesen und zur Positionierung des Kopfes **22** verwendet werden sollen. Die dargestellte Servopräambel **42** beginnt mit einem Vor-Burstspalt **48**, in dem keine Übergänge aufgezeichnet sind, gefolgt von einem Feld **50** für die automatische Verstärkungssteuerung (Automatic Gain Control; AGC), das unter Umständen ein regelmäßiges Muster von Übergängen einschließen könnte (z.B. ein positives 3T Muster gefolgt von einem negativen 3T Muster), das verwendet wird, um die Verstärkung der Lesekanal Elektronik einzustellen. Die Servopräambel enthält als nächstes ein Synchronisationsmuster **52** zum Einstellen des Takts in der Lesekanal Elektronik, wenn die Servopositionsinformation gelesen wird, wobei dieser einer Servoadressenmarkierung **54** folgen kann, die der Lesekanal Elektronik anzeigt, dass die nachfolgende Information, im Gegensatz zu Daten, Servopositionsinformation sein wird. Als nächstes kann die Servopräambel **42** eine Indexfeld **56** einschließen, welches Positionsinformation innerhalb der Spur bereitstellt, d.h. ob der Servokeil derjenige ist, der als der erste Servokeil auf der Spur bezeichnet wird.

[0021] Nach der Servopräambel **42** befindet sich die Servopositionsinformation **44**, einschließlich einer Grobpositionsinformation **58** und Feinpositionsinformation **60–66**. Die Grobpositionsinformation **58** kann zum Beispiel Grey Codes umfassen, die numerisch jede der Spuren auf der Speicheroberfläche bezeichnen. Im allgemeinen trennt ein Spalt die grobe Positionsinformation **58**, die feinere Spurpositionierungsinformation, die durch Servo-Bursts **60–66** bereit gestellt wird. Das Schachbrettmuster **60–66** von versetzten (offset) Servo-Bursts A, B, C, D von aufgezeichneter Information ist so geschrieben worden, dass es genaue und gewünschte Positionen in Bezug auf die Mittellinien von unterschiedlichen Spuren innerhalb einer vorgegebenen Gruppierung von Spuren aufweist. Dies erlaubt dem Leseelement ein Steuersignal in Bezug auf den linearen Versatz in Bezug auf die gewünschte Position relativ zu einer Spur, wie beispielsweise der Spurmittellinie, zu erzeugen, wobei dieses Steuersignal verwendet werden kann, um die Position des Kopfes in Bezug auf die Spur einzustellen.

[0022] Das dargestellte Schachbrettmuster, das aus den A, B, C, D Servo-Bursts besteht, wird durch einen Servoschreiber unter Verwendung von mehreren Schreib- und Löschdurchläufen während der Herstellung gebildet, so dass jeder der Servokeile das dargestellte Muster von vier rechteckförmigen Servo-Bursts, wiederholt bei gewünschten radialen und tangentialen Positionen, einschließt. Die Servo-Bursts A, B, C, D könnten intern beispielsweise aus einem sich wiederholenden 3T Muster bestehen, wobei die Servo-Bursts ohne aufgezeichnete Übergänge umgeben sind. Im normalen Betrieb des Plattenlaufwerks werden die Grenzen der Servo-Bursts in Spursuch- und Spurfolgeoperationen erfasst, um ein Positionsfehlersignal (Position Error Signal; PES) periodisch zu erzeugen, das verwendet werden kann, um die Position eines Kopfes in Bezug auf eine Datenspur einzustellen. Zwischen den Servo-Bursts werden mehrere (typischerweise 3–5) Datenblöcke entlang der Spur gespeichert. Der Servosteuermechanismus arbeitet in Zusammenarbeit mit der vergrabenen Servoinformation, um den Kopf genau an einer gewünschten Position in Bezug auf die Spur zu platzieren, wenn der Servo-Burst unter dem Kopf vorbei geht. Keine zusätzliche Positionierungsinformation ist verfügbar, bis der nächste Servokeil an dem Kopf vorbei geht. Demzufolge versucht der Servosteuermechanismus den Kopf an einer festen Position in Bezug auf die Spurposition, die durch den jüngsten Servo-Burst identifiziert wird, zu halten. Es ist möglich, dass sich der Kopf oder die Platte als Folge von mechanischen Anschlägen, Vibrationen, thermischen Varianten oder anderen Störungen in dem System bewegen, bevor der nächste Servo-Burst erreicht wird.

[0023] Zusätzlich zu der Spuridentifikationsinformation innerhalb des Servokeils werden Speicheroberflächen manchmal mit zusätzlicher Information versehen, um anzuzeigen, wenn die gewünschte Spur und der gewünschte Sektor in einem Suchbetrieb lokalisiert worden ist. Ein ID Header Block (Anfangs-Block) kann optional zwischen dem Servo-Burst und dem ersten Datenblock eines Sektors vorgesehen werden. Der ID Header umfasst hauptsächlich eine Identifikation für die Spur und den folgenden Sektor. Aspekte der Verwendung von Synchronisationsmustern und Headern werden zum Beispiel in den U.S. Patent Nr. 5541783 und dem U.S. Patent Nr. 5796534 beschrieben. Während Header-Information an dem Start von Sektoren in vielen Systemen

bereit gestellt werden kann, sind andere Techniken zum Identifizieren von Spuren, die Header nicht verwenden, bekannt. Zum Beispiel kann eine ID und eine Header-Information in die Servo-Bursts eingebaut werden, wie in dem Artikel von Finch, et al., „Headerless Disk Formatting: Making Room for More Data“, Data Storage (April 1997), Seiten 51–54 beschrieben wird, oder Servoinformation kann eine Querreferenzinformation sein, die in einer entsprechenden Tabelle in dem Speicher gespeichert wird, wie in der IBM Storage Veröffentlichung Hetzler, „No-ID Sector Format“, datiert vom 8. Januar 1996, beschrieben ist.

[0024] Einem Servokeil **40** (oder einem ID Header Block, soweit verwendet) folgend können mehrere Blöcke von Daten (typischerweise 3–5) entlang einer Spur gespeichert werden, wie in [Fig. 10](#) gezeigt. Jeder Datenblock **70**, **72**, **74** umfasst ein Datensynchronisationsmuster **76**, **78**, **80**, welches neben dem Datenspeicherbereich des Blocks positioniert ist. Typischerweise folgt einem Datenblock **70**, **72**, **74** ein EEC Block **82**, **84**, der Fehleridentifikations- und Korrekturcodes für den vorangehenden Datenblock speichert. Der Datenspeicherbereich von jedem Datenblock hat typischerweise eine ausreichende Größe, um Datensignale zu speichern, die 512 Bytes von Daten darstellen.

[0025] Das Datensynchronisationsmuster umfasst Synchronisationsinformation, die extrahiert werden kann, um eine Abtastfrequenz und eine Phase zur Wiederherstellung von Daten von dem Datenspeicherbereich einzurichten. Das herkömmliche Synchronisationsmuster **76**, **78**, **80** wird durch das Schreibelement eines Kopfes in einem Betrieb, bei dem die zugehörigen Datenblöcke **70**, **72**, **74** geschrieben werden, geschrieben. Die zum Schreiben des Synchronisationsmusters verwendete Taktrate wird ebenfalls verwendet, um die nachfolgenden Datenblöcke zu schreiben. Während eines nachfolgenden Lesebetriebes geht das Leseelement eines Kopfes über das Synchronisationsmuster und erfasst ein Muster von Übergängen (z.B. ein 2T oder 3T Muster), aus denen ein Takt zum Lesen der nachfolgenden Datenblöcke abgeleitet wird. Herkömmlicherweise wird bevorzugt, dass das Synchronisationsmuster in der radialen Richtung im wesentlichen gleichförmig ist, wobei es sich nur in der tangentialen Richtung für eine Leseelement, das in einer gewünschten Weise in Bezug auf die Spur positioniert ist, verändert. Typischerweise bestimmt die Plattensteuerlogik und die tatsächliche Drehgeschwindigkeit der Platte die Datenrate, die für das Datensynchronisationsmuster geschrieben wird, und dem Datenspeicherbereich, der folgt. Demzufolge kann sich die tatsächliche Datenrate von Block zu Block und von Sektor zu Sektor verändern und demzufolge kann sich der Betrag des Platzes, der durch die gespeicherten Daten belegt wird, ändern. Um diese Änderungen unterzubringen, gibt es typischerweise einen Spalt (einen Zwischenblockspalt) oder einen Datenfleck **86**, **88** nach jedem Datenblock, um sicherzustellen, dass eine ausreichende physikalische Trennung zwischen sukzessiven Blöcken entlang einer Spur vorhanden ist, um zu ermöglichen, dass Datenblöcke ohne ein Überschreiben eines nachfolgenden Block-Headers oder hinteren Servo-Bursts geschrieben werden.

[0026] Es gibt eine Spannung bei der Konstruktion von Datenspeichersystemen zwischen einer Erhöhung der Spurdichte, was typischerweise dichtere Servokeilmuster erfordert, und dem Verlust des Speichergebiets als Folge der Bereitstellung von Servoinformation mit erhöhten Dichten. Es ist wünschenswert, zusätzliche Servoinformation bereitzustellen, ohne das Gebiet der Datenspeicheroberfläche, welches für die tatsächliche Speicherung von Daten vorgesehen ist, zu reduzieren. Mit anderen Worten ist es wünschenswert, die Spurdichte ohne Erhöhung des Overheads, erforderlich zum genauen Speichern und Auslesen von Information, zu erhöhen.

[0027] [Fig. 11](#) zeigt die Differenzen zwischen einer genauen Positionssteuerung während eines Schreibbetriebs und einer schlechteren Positionssteuerung während eines Schreibbetriebs, so wie dies beispielsweise für einen Datenblock auftreten könnte, der von einem Sektor Servokeil weg verschoben ist, wenn die Platte einer Vibration ausgesetzt wird. Die Figur einen Datenblock innerhalb einer gut geschriebenen Spur **90**, wo die geschriebenen Daten symmetrisch um die Mittellinie der Spur herum angeordnet sind. Die Schreibbreite der Spur (TW) ist symmetrisch innerhalb des Abstands angeordnet, der für die Spur TP zugelassen wird. Für eine gut geschriebene Spur **90**, so wie dies dargestellt ist, erfasst ein Lesekopf, der auf einer Spur zentriert ist, ein Lesegebiet **92**, welches innerhalb der auf der Spur gespeicherten Daten mit guten Rändern positioniert ist, zwischen dem Lesegebiet **92** und den Kanten des beschriebenen Spurgebiets. Die Spuranordnung könnte zum Beispiel einen Spurabstand TP von 1,0 μm , eine Schreibbreite TW von 0,8 μm und eine Lesebreite **92** von 0,6 μm illustrieren.

[0028] Im Gegensatz zu der gut geschriebenen Spur **90**, wird die schlecht beschriebene Spur **94** einer schlechten Positionssteuerung und einer mechanischen Störung unterzogen. Der Pfad der schlecht beschriebenen Spur verändert sich innerhalb des Spurabstands in einer unregelmäßigen Weise. Es ist möglich, dass ein derartiger unregelmäßiger Schreibpfad ausreichend fehlausgerichtet ist, so dass die Lesebreite teilweise weg von dem beschriebenen Gebiet ist, wie bei **94** angezeigt. Eine derartige Fehlausrichtung verringert die

Qualität der ausgelesenen Daten und kann zu Lesefehlern führen. Um dieses Problem zu vermeiden, wird herkömmlicher Weise die Größe der Schreibbreite relativ zu der Lesebreite erhöht. Ein anderer Fehler, der bei **96** in [Fig. 11](#) angedeutet ist, tritt auf, wenn ein Schreibkopf zu einem ausreichenden Ausmaß fehlausgerichtet wird, um das beschriebene Gebiet einer benachbarten Spur zu überschreiben. Ein derartiger Fehler ist extrem unerwünscht und wird durch Erhöhen des Spurabstands vermieden.

[0029] Jeder der potentiellen Fehler, die in [Fig. 11](#) dargestellt sind, wird herkömmlicher Weise durch Erhöhung der Beabstandung zwischen Strukturen innerhalb der Spur adressiert. Deshalb können Verbesserungen bei der Kopfpositionierungsgenauigkeit signifikante Faktoren bei der Verbesserung der Dichte von Spuren und der aufgeschriebenen Information sein.

[0030] Die voranstehende Diskussion hat Aspekte des Servos und anderer informationsmäßigen Strukturen, die auf den Magnetplattenlaufwerken vorgesehen werden, und wie diese Information verwendet wird, aufgeführt. Mit diesem dargestellten Hintergrund kehrt die Diskussion nun auf Steuersysteme für magnetische Speicherplattenlaufwerke und wie unterschiedliche beobachtbare Variablen in derartigen Systemen verwendet werden, zurück. Üblicherweise werden die Positionsfehlersignale (Position Error Signals; PES), die zum Steuern der Position des Lese- und Schreibkopfes in Bezug auf die Spurposition beobachtet werden, als speziell vorgesehene Servomuster abgeleitet. Insbesondere wird eine Feinpositionssteuerung durch Ableiten von PES aus den A, B, C, D Servo-Burst-Mustern, die in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) dargestellt sind, durchgeführt. Die Positionsfehlersignale, die bei der Translation des Lesekopfes über die A, B, C, D Servo-Burst-Muster erfasst werden, verändern sich linear um Null herum und stellen somit sowohl die Größe als auch die Richtung von Korrekturen bereit, die für die Position des Kopfes durchgeführt werden sollen. Hierbei sind die erfassten Positionsfehlersignale die beobachtbaren Variablen, die zum Steuern der Position des Kopfes in Bezug auf Datenspur verwendet werden können. Wie voranstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) beschrieben, ist jedoch die Steuerung in Übereinstimmung mit der herkömmlichen Servoinformation nicht vollständig ausreichend, um die gegenwärtigen und angenommenen Erfordernisse für magnetische Speichersysteme zu erfüllen. Alternative Steuerstrategien sind wünschenswert.

[0031] Das U.S. Patent No. 5233487 von Christensen et. al. bezieht sich auf Magnetplattenlaufwerke und die Steuerung der Kopfposition in Bezug auf eine Spur unter Verwendung einer hinsichtlich des Absolutwerts beobachtbaren Variablen für das Steuersystem. Das Christensen Patent beschreibt ein Plattenlaufwerk, welches periodisch Datenlese- und Schreiboperationen unterbricht, um eine Kalibrierung des optimalen Kopfversatzes in Bezug auf eine Datenspur für Datenschreiboperationen auszuführen. Die Kalibrierung geht vor sich, indem ein Lesekopf über die Spur durch einen Bereich von beabsichtigten Fehlaustrichtungen in Bezug auf die Spur translatorisch bewegt wird. Daten werden an den absichtlich viel ausgerichteten Positionen gelesen und die Fehler, die beim Lesen von der Spur auftreten, werden als eine Funktion der fehlausgerichteten Position erhalten. Fehlerraten werden durch Erfassen von Blöcken von Daten und dann durch Anwenden des standardmäßigen Datenblock-Fehlerkorrekturverfahrens unter Verwendung der ECC Schaltungsanordnung des Plattenlaufwerks in Bezug auf die ECC-daten die mit den auf der Platte gespeicherten Daten codiert sind. Das Plattenlaufwerk erfasst an welcher Spurposition und somit bei welchem Niveau einer absichtlichen Fehlaustrichtung die beobachtete Fehlerrate bestimmte Zielfehlerraten mit einer bekannten Assoziation zu bekannten Spurpositionen übersteigt. Dies erlaubt, dass die Charakteristiken des arbeitenden Plattenlaufwerkes mit bekannten Standards verglichen werden.

[0032] Es sei darauf hingewiesen, dass die Zielfehlerraten (in [Fig. 2](#) des Patents von Christensen angedeutet) Absolutwert-Funktionen sind. An sich zeigen die Zielfehlerraten, die in dem System des Patents von Christensen abgeleitet werden, nicht die Richtung an, in der der Kopf in Bezug auf die Datenspur fehlausgerichtet ist. Das Vorzeichen der Fehlaustrichtung ist durch das Steuersystem wegen der beabsichtigten Positionierung des Lesekopfs bekannt, größtenteils in der gleichen Weise, wie ein Zittern (Dither) verwendet werden kann, um eine bekannte Richtung für eine Korrektur innerhalb eines hinsichtlich absolutwerten beobachtbaren Steuersystems zu erzeugen.

[0033] Die Spurpositionen, die unter Verwendung des Verfahrens des Patents von Christensen erfasst werden, können verwendet werden, um eine Spurmittenposition zu berechnen, die durch Anwendung einer gesteuerten Versetzungsspannung erzielte relative Bewegung neu zu kalibrieren, und einen optimalen Versatz zum Lesen von Daten aus der und zum Schreiben von Daten an die Spur einzurichten. In dieser Weise führt das Patent von Christensen eine Servosteuerfunktion unter Verwendung von anderer Information als des Servokeils und der Servo-Burst-Information, die in den [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) dargestellt ist, aus. Insbesondere führt das Christensen Patent eine Servosteuerung unter Verwendung von Fehlerinformation aus, die aus Randbedingungen abgeleitet wird, die zu Blöcken von auf der Platte gespeicherten Daten gehören. Das Verfahren des

Patents von Christensen erlaubt jedoch nicht eine Ableitung von Positionsfehlersignalen auf einer kontinuierlichen Basis oder während gerade Daten von der magnetischen Speicherplatte extrahiert werden.

[0034] Das Patent von Christensen führt Servofunktionen unter Verwendung einer beobachtbaren Variablen aus, einer Bitfehlerrate, die aus ECC Operationen für Datenblöcke abgeleitet wird, die nur eine Absolutwert-Information in Bezug auf den Positionsfehler bereitstellt. Andererseits erfordert die Praxis des Verfahrens des Patents von Christensen die Verwendung einer Kopf-zu-Spur Versetzung, die viele Probleme gemeinsam mit dem Zittern hat und somit nicht verwendet werden kann, wenn Daten gesammelt werden. Es ist wünschenswert, ein Verfahren und ein System bereitzustellen, welches in der Lage ist, eine Absolutwert-Information zu verwenden, um eine Steuerfunktion auszuführen.

[0035] WO 99/36907 beschreibt ein Plattenlaufwerksystem mit einer Servoschaltung, die ein Fehlersignal für eine vorhergesagte Position (Position Error Signal; PES) als eine Approximation des tatsächlichen PES erzeugt und dann eine Kopfposition durch eine Summation des tatsächlichen PES mit dem vorhergesagten PES steuert. Das tatsächliche PES wird nominell als nicht linear über einem Abschnitt der Breite einer gewählten Spur charakterisiert.

[0036] Die EP 0 298 475 beschreibt ein Rückkopplungssteuersystem für eine Magnetkopf-Positionierung, die mathematische Algorithmen verwendet, um einen Nachverfolgungsfehler als Folge von Rauschen oder einer Plattenzerstörung zu kompensieren. Das System umfasst eine Vorhersageeinheit (Prediktor) zum Erzeugen eines vorhergesagten Ansteuersignals in Übereinstimmung mit früheren Kopfansteuersignalen, die in einem Speicher gespeichert sind.

[0037] Die EP 0 331 189 beschreibt ein Positionserfassungsverfahren, bei dem die Position eines sich bewegenden Körpers auf Grundlage von zweiphasigen periodischen Wellen mit einer Phasendifferenz kleiner als eine Periode erfasst wird. Das Verfahren erzeugt eine groß abgeschätzte Position und eine fein abgeschätzte Position und korrigiert einen Fehler als Folge einer Hysterese an dem Startpunkt der grob abgeschätzten Position durch Verwendung der Beziehung zwischen den grob abgeschätzten und fein abgeschätzten Positionen.

[0038] Die US 4 217 612 beschreibt ein Servosystem für ein Magnetplattenlaufwerk, bei dem Aufzeichnungen auf der Magnetplatte mit Datensignalen und mit verschachtelten Servosignalen ausgeführt wird. Ein erstes Positionsfehlersignal wird aus den Servosignalen erhalten und ein zweites Positionsfehlersignal wird durch einen Spurinkrementgenerator bereit gestellt. Das erste und das zweite Fehlersignal werden aufsummiert, um ein kombiniertes Positionsfehlersignal zu erzeugen.

[0039] Die US 4 166 282 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Positionieren eines Bi-Spalt-Wandlers relativ zu einer gewählten Spur auf einer Magnetplatte. „Servobits“, die eine Kopfpositionierungsinformation bereitstellen, und „Arbeitsbits“ können beide entlang einer gegebenen Spur aufgezeichnet werden. Sobald der Bi-Spalt-Kopf entlang einer gegebenen Spur bewegt wird, wird ein Spalt mit den Servobits ausgerichtet und der andere mit den Arbeitsbits. Die Phase der Servosignalwerte zeigt den Grad einer Kopfausrichtung an.

[0040] Die US 5 966 264 beschreibt ein Zwei-Frequenz-Servopositions-Fehlererfassungsmuster. Das Servomuster weist Bursts auf, die aus zwei Frequenzen konstruiert sind, die orthogonal – d.h. um 90° phasenverschoben – sind und die so angeordnet sind, dass beide Frequenzen gleichzeitig erfasst werden, um eines von drei Phasensignalen zu bilden und ein Positionsfehlererfassung-(PES)-Signal bereitzustellen. Von dem dreiphasigen PES-Signal wird ausgesagt, dass es ausreichend ist, um im wesentlichen die gleiche Information bereitzustellen, die durch eine herkömmliches Quad-Burst-Servomuster bereit gestellt wird und deshalb nur drei Typen von Servo-Bursts A, B und C für das zu Grunde liegende Tri-Burst-Servomuster benötigt werden, wobei etwas beseitigt wird, welches ansonsten die D-Muster-Bursts für ein Quadratur-Servomuster sein würde, wodurch die Plattenoberfläche, die für das Tri-Burst-Servomuster benötigt wird, um 25% verringert wird.

[0041] EP 0 690 442 beschreibt ein Spurnachfolge-Servosteuersystem in einer Speichereinrichtung für magnetische Medien. die eine Kopfpositionsinformation aus einem oder mehreren speziell strukturierten Servospuren ableitet. Die Servomuster sind aus magnetischen Übergängen gebildet, die an mehr als einer azimuthalen Orientierung in einer Servospur aufgezeichnet sind, so dass das Timing der aus dem Lesen des Servomusters an irgend einem Punkt auf dem Muster ausgelesenen Servopositions-Signalsimpulse sich kontinuierlich verändert, wenn der Kopf über die Breite der Servospur bewegt wird. Das Timing von Impulsen, die durch den Servolesekopf gelesen werden, wird decodiert, um ein Geschwindigkeits-invariantes Positionssignal bereitzustellen, welches von dem Servosystem verwendet wird, um die Datenköpfe über den gewünschten Datenspu-

ren auf dem Speichermedium zu positionieren. Das Servomuster ist gebildet aus einer sich wiederholenden zyklischen Sequenz, die azimuthale Orientierungen mit zwei unterschiedlichen Übergängen enthält. Das Muster kann gerade Übergänge umfassen, die im wesentlichen senkrecht zu der Länge der Spur sind, alternierend mit azimuthal geneigten oder schrägen Übergängen. Das heißt, die azimuthal geneigten Übergänge erstrecken sich über die Breite einer Spur unter einem Winkel zu der Kopfbewegungsrichtung.

[0042] Die US 4 048 660 beschreibt ein Servosignalmuster, welches erste und zweite Gruppen von Servosignalen umfasst, die transversal ausgerichtet sind, um Lokalisierungslinien auf einer Magnetplatte nachzuvollziehen. Die Servosignalgruppen sind longitudinal entlang der Linien beabstandet. Ein Servosignal in jeder der Gruppen weist zu den Linien eine transversale Erstreckung von ungefähr dem Abstand von benachbarten der Lokalisierungslinien auf und mit unterschiedlichen Längen oder Dauern entlang der Länge der Linien. Servosignale mit kürzeren Längen sind vorzugsweise longitudinal benachbarte Signale von längeren Längen in den jeweiligen Gruppen. Bestimmte Servosignale stoßen an wenigstens eine der Lokalisierungslinien an, während andere Servosignale auf anderen Lokalisierungslinien zentriert sind. Die Servoblöcke können unterschiedliche Frequenzen oder Korrelationsmuster aufweisen.

ZUSAMMENFASSUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0043] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Steuern wenigstens eines Aspektes eines Systems auf Grundlage einer beobachtbaren Variablen bereitzustellen, die entweder für sowohl positive als auch negative Variationen um einen nominellen oder Zielwert ansteigt oder für sowohl positive und negative Veränderungen um den nominellen oder Zielwert herum abfällt. Eine derartige beobachtbare Variable weist die Eigenschaft auf, dass ein Wert der beobachtbaren Variablen auf zwei oder mehr Werte einer Variablen, die den gesteuerten Aspekt des Systems darstellt, abgebildet ist. Eine derartige beobachtbare Variable wird hier als eine Absolut-Variable identifiziert und das System als ein Absolutwert-System.

[0044] Aspekte der vorliegenden Erfindung stellen eine Servosteuvorrichtung und ein Verfahren bereit, die verbindet werden können, um ein Absolutwert-System auf Grundlage einer hinsichtlich des Absolutwerts beobachtbaren Variablen zu steuern. Ein beobachteter Wert von einer derartigen „Absolutwert“-Variablen könnte entweder einer positiven oder negativen Versetzung der gesteuerten Variablen von ihrem nominellen Wert entsprechen. Die Möglichkeit einer Abbildung des beobachteten Werts auf zwei unterschiedliche Verschiebungen bzw. Versetzungen macht es schwierig, das System zu steuern. Dies liegt daran, weil der Wert der beobachteten Variablen nicht die Richtung anzeigt, in der die gesteuerte Variable eingestellt werden sollte, um die gesteuerte Variable näher auf ihren nominellen Wert zu bewegen. Aspekte der vorliegenden Erfindung erlauben eine Steuerung von Systemen wenigstens teilweise unter Verwendung einer beobachtbaren Variablen, die Absolutwert-Charakteristiken in Bezug auf die gesteuerte Variable aufweist.

[0045] Ein bevorzugter Aspekt eines Systems in Übereinstimmung mit der Erfindung beobachtet einen Wert, der beobachtbaren Variablen und das System bildet diesen Wert auf zwei mögliche Verschiebungen bzw. Versetzungen entsprechend zu dem beobachteten Wert ab. Zwei Abschätzeinheiten werden bereit gestellt, wobei jeder Abschätzer dafür ausgelegt ist, um den gegenwärtigen oder zukünftigen Zustand des Systems auf Grundlage eines Satzes von Eingangswerten, einschließlich der Versetzung, vorherzusagen. Die erste Abschätzungseinheit (der erste Abschätzer) nimmt einen der möglichen Verschiebungen als einen Eingang. Der zweite Abschätzer nimmt den anderen der möglichen Verschiebungen als einen Eingang. Beide Abschätzer werden verwendet, um Werte der beobachteten Variablen vorherzusagen, nachdem das System durch ein Zeitintervall gegangen ist. Die Absolutwerte der beobachtbaren Variablen, die durch die Abschätzer vorhergesagt werden, werden mit einem oder mehreren neu beobachteten Werten der beobachtbaren Variablen verglichen, um zu bestimmen, welcher Abschätzer die richtige Annahme hinsichtlich des Vorzeichens oder der Richtung der anfänglichen Verschiebung darstellt. Steuerfunktionen werden vorzugsweise unter Verwendung des Vorzeichens und der Verschiebung ausgeführt, die bei dieser Operation als richtig identifiziert werden.

[0046] Weiter bevorzugt wird der unrichtige Abschätzer auf den Zustand des richtigen Abschätzers zurückgesetzt, nachdem das Vorzeichen oder die Richtung der Versetzung vorhergesagt worden ist.

[0047] Wenn auf ein Positionsteuersystem für ein Objekt angewendet, beobachtet eine bevorzugte Ausführungsform des Steuersystems einen Wert eines Positionsfehlersignals und bildet diesen Wert auf zwei potentiell richtige Verschiebungswerte ab. Zwei Abschätzer innerhalb des Steuersystems werden initiiert, einer unter Verwendung von einer der möglichen richtigen Verschiebungen und der andere unter Verwendung der anderen Verschiebung (Versetzung), und die Abschätzer sagen die zukünftige Objektposition und das entsprechende Positionsfehlersignal für jede abgeschätzte zukünftige Position vorher. Ein neues Absolutwert-Positionsfeh-

lersignal wird erfasst und mit dem Absolutwert der zwei abgeschätzten Positionsfehlersignale verglichen. Nach einem ausreichenden Systembetrieb kann das Steuersystem eine Auswahl vornehmen, ob der eine oder der andere der Abschätzer richtig ist. Die richtige Verschiebung, einschließlich von ihrem Vorzeichen, kann als richtig identifiziert und für zukünftige Positionierungsoperationen verwendet werden, vorzugsweise bis das Vorzeichen der Verschiebung des Objektes wieder doppeldeutig wird.

[0048] Das Steuerverfahren, das System und die Vorrichtung finden eine besonders vorteilhafte Anwendung in den Plattenlaufwerk-Servosteuersystemen, bei denen das Objekt, das der Positionssteuerung unterzogen wird, der Kopf des Plattenlaufwerks ist. Insbesondere ist der Absolutwert, der beobachtbar ist und der beim Steuern des Signals verwendet wird, ein Signal, das aus den Daten oder den Datensignalen abgeleitet wird, die aus der Speicheroberfläche der Platte innerhalb des Festplattenlaufwerks gelesen werden. Zum Beispiels könnte der beobachtbare Absolutwert eine Fehlerinformationscharakteristik der Daten oder der Datensignale darstellen, die aus der Platte zurückgewonnen werden. Alternativ könnte das beobachtbare Positionsfehlersignal in Übereinstimmung mit einer Randbedingungscharakteristik der Daten oder der Datensignale, die aus der Platte gelesen werden, abgeleitet werden.

[0049] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Steuersystem zur Verwendung bei der Einstellung einer gesteuerten Variablen, die ein zu steuerndes System darstellt, wobei die gesteuerte Variable innerhalb einer beobachtbaren Variablen dargestellt wird und wenigstens zwei Werte der gesteuerten Variablen einem einzelnen Wert der beobachtbaren Variablen entsprechen. Das Steuersystem umfasst eine Signalquelle, die einen ersten und zweiten Wert der beobachtbaren Variablen bereit stellt, den zweiten Wert der beobachtbaren Variablen zeitlich nach dem ersten Wert der beobachtbaren Variablen. Eine Abbildungslogik empfängt den ersten Wert der beobachtbaren Variablen und gibt einen ersten und einen zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen aus. Zwei Abschätzer sind vorgesehen. Ein erster Abschätzer ist in der Lage, einen zukünftigen Zustand des zu steuernden Systems abzuschätzen, wobei der erste Abschätzer als einen Eingang den ersten möglichen Wert der gesteuerten Variablen nimmt und eine erste Ausgangsvariable, die einen ersten vorhergesagten Wert der beobachtbaren Variablen darstellt, im Ansprechen auf den ersten möglichen Wert der gesteuerten Variablen erzeugt. Ein zweiter Abschätzer ist in der Lage, einen zukünftigen Zustand des zu steuernden Systems abzuschätzen, wobei der zweite Abschätzer als einen Eingang den zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen nimmt und eine zweite Ausgangsvariable, die einen zweiten vorhergesagten Wert der beobachtbaren Variablen darstellt, im Ansprechen auf den zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen erzeugt. Eine Bestimmungslogik bestimmt, welche der ersten und zweiten vorhergesagten Werte der beobachtbaren Variablen, genauer dem zweiten Wert der beobachtbaren Variablen, entspricht.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0050] Diese und andere Aspekte der vorliegenden Erfindung zusammen mit zahlreichen offensichtlichen Vorteilen, die sich auf die Verwendung beziehen, und eine Praxis dieser Aspekte lassen sich besser unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, die einen Teil der Offenbarung bilden, verstehen.

[0051] Die Zeichnungen zeigen:

[0052] [Fig. 1](#) Aspekte eines Abspielsystems für optische Platten;

[0053] [Fig. 2–Fig. 4](#) die Verwendung eines asymmetrischen Strahls in Kombination mit einem Quadranten-Detektor, um eine beobachtbare Variable zu erzeugen, die sowohl die Größe als auch das Vorzeichen zum Steuern der Position einer Objektivlinse innerhalb des Systems der [Fig. 1](#) bereit stellt;

[0054] [Fig. 5](#) & [Fig. 6](#) die Probleme im Zusammenhang mit der Verwendung eines symmetrischen Strahls und eines symmetrischen Detektors zum Erzeugen einer geeigneten beobachtbaren Variablen zum Steuern des Systems der [Fig. 1](#);

[0055] [Fig. 7](#) schematische Aspekte eines Magnetplattenlaufwerks, einschließlich eines Lese- und Schreibkopfes, der auf einem Arm angebracht ist, und der Datenspeicheroberfläche einer Platte;

[0056] [Fig. 8](#) Aspekte von Lese- und Schreibelementen eines Kopfes;

[0057] [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) eine Information, die innerhalb eines Sektor-Servokeils gespeichert wird, und die Beziehung zwischen einem Kopf, der Servoinformation und Datenspuren für Schreib- bzw. Leseoperationen;

- [0058] [Fig. 10](#) Aspekte der Struktur von Datenblöcken innerhalb einer Spur;
- [0059] [Fig. 11](#) schematisch den Abstand zwischen Spuren und einen Vergleich zwischen gut beschriebenen und schlecht beschriebenen Spuren;
- [0060] [Fig. 12A](#) & [Fig. 12B](#) Aspekte eines Verfahrens zum Identifizieren einer richtigen Korrektur, die im Ansprechen auf ein beobachtetes Positionsfehlersignal anzuwenden ist;
- [0061] [Fig. 13](#) schematisch zwei unterschiedliche idealisierte Fehlersignale, jeweils bestimmt aus Daten, die auf der Platte gespeichert sind, in Übereinstimmung mit einer Randbedingung innerhalb der gespeicherten Daten. Beide illustrierte Fehlersignale zeigen eine Charakteristik auf, die hier als eine Absolutwert-Beziehung für positive und negative Verschiebungen (Versetzungen) um eine nominelle Position herum bezeichnet wird;
- [0062] [Fig. 14](#) empirische Daten, die einem Fehlersignal entsprechen könnten, das auf einem Lesen von Daten aus einer Datenspur mit beabsichtigten Fehlaufrichtungen zwischen dem Kopf und der Datenspur abgeleitet wird. Die vertikale Achse stellt ein Fehlersignal multipliziert mit 1.000 dar, die horizontale Achse stellt Abstände in Mikro-Inch, gemessen von einem beliebigen Ursprung in Bezug auf eine Datenspur, dar;
- [0063] [Fig. 15](#) stellt schematisch den Pfad eines Lesekopfes zu und um eine nominelle Position innerhalb einer Zielspur herum dar;
- [0064] [Fig. 16](#) ein vereinfachtes Blockdiagramm eines Servosteuersystems in Übereinstimmung mit der Erfindung;
- [0065] [Fig. 17](#) ein Blockdiagramm der Logikschaltungen innerhalb eines Servosteuersystems, wie beispielsweise desjenigen, das von einem Plattenlaufwerk verwendet wird, um Signale in Übereinstimmung mit der Erfindung abzuschätzen;
- [0066] [Fig. 18](#) ein anderes Positionsfehlersignal mit zusätzlicher Information in Bezug auf die Verwendung des Positionsfehlersignalgraphs als eine nicht lineare Abbildung in einem System, welches teilweise in [Fig. 17](#) dargestellt ist;
- [0067] [Fig. 19](#) einen diagrammartigen Plot, der die Beziehung der unterschiedlichen Informationsraten und des Timings, das an der nicht linearen Logik der [Fig. 17](#) bereit gestellt wird, zeigt;
- [0068] [Fig. 20](#) Aspekte eines Steuersystems und eines Servomechanismus konsistent mit dem System, das in dem Blockdiagramm der [Fig. 17](#) gezeigt ist;
- [0069] [Fig. 21](#) einen Vergleich eines tatsächlichen Positionsfehlersignals mit dessen Abschätzung, als eine Funktion der Zeit, erzeugt durch die Logikschaltung, die in Blockdiagrammform in [Fig. 17](#) gezeigt ist;
- [0070] [Fig. 22](#) als eine Funktion der Zeit während und nach einer Impulsstörung, das Positionsfehlersignal mit und ohne dem abgeschätzten Positionsfehlersignal und Steuerfunktionen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- [0071] [Fig. 23](#) als eine Funktion der Zeit während und nach einem Suchbetrieb, das Positionsfehlersignal mit und ohne dem abgeschätzten Positionsfehlersignal und Steuerfunktionen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- [0072] [Fig. 24](#) Aspekte einer Lesekanalschaltung in Übereinstimmung bevorzugter Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;
- [0073] [Fig. 25](#) Aspekte einer Datendecodierung innerhalb eines Decoders des Viterbi oder ähnlichen Trellis-Typ.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

- [0074] Die vorliegende Erfindung stellt ein Steuerverfahren, ein System und eine Vorrichtung bereit, die in der Lage sind, ein Absolutwert-System unter Verwendung einer hinsichtlich des Absolutwerts beobachtbaren Variablen als eine Eingangsvariable zu steuern. Wie hier verwendet, ist eine hinsichtlich des Absolutwerts beob-

achtbare Variable eine derartige, bei der die Variable für positive als auch negative Veränderungen um einen nominellen oder Zielwert entweder ansteigt oder abfällt. Ein ausreichend großer Wert, der hinsichtlich des Absolutwerts beobachtbaren Variablen zeigt eine zu korrigierende Verschiebung bzw. Versetzung an, könnte aber eine positive Verschiebung oder eine negative Verschiebung darstellen. Steuerfunktionen auf Grundlage der beobachtbaren Variablen berücksichtigen vorzugsweise den Mangel des Vorzeichens oder die Richtungsanzeige für die durchzuführende Korrektur.

[0075] Eine sehr kurze Einleitung ist hier nützlich, um ein Arbeitsrahmenwerk zur Illustration von Aspekten der vorliegenden Erfindung bereit zu stellen.

[0076] Steuersysteme beinhalten Modelle, entweder implizite oder explizite, darüber, wie das System, welches gerade gesteuert wird, auf Eingangsdaten reagiert. Z.B. umfassen die meisten Steuersysteme für magnetische Speicherplattenlaufwerke ein explizites Modell des Plattenlaufwerks, das vorhersagt, wie sich die Position eines Lesekopfes im Ansprechen auf eine Anlegung einer bestimmten Spannung an ein Stellglied ändert. Das Plattenlaufwerk-Steuersystem bestimmt, wie der Kopf des Plattenlaufwerks zu bestimmen ist, indem unter Verwendung eines Modells des Plattenlaufwerks und des Ansprechverhaltens des Stellglieds vorhergesagt, d.h. berechnet wird, wie viel Spannung an das Stellglied angelegt werden sollte, um den Kopf an seine gewünschte Position zu bewegen. Das Modell verwendet den Zustand des Plattenlaufwerks, wie beispielsweise die gegenwärtige Position des Kopfs, sowie Aspekte der Geschichte des Plattenlaufwerks, und empfängt Eingangsdaten über die Änderungen, die an dem Plattenlaufwerk durchgeführt werden sollen. Aus dieser Information sagt das Modell innerhalb des Steuersystems des Plattenlaufwerks das Systemverhalten vorher.

[0077] Diese Diskussion bezieht sich auf Abschätzer, die den zukünftigen oder gegenwärtigen Zustand eines Systems auf Grundlage eines Modells des gegenwärtigen oder zukünftigen Systemverhaltens vorhersagen oder abschätzen können. Es ist zweckdienlich, einen Abschätzer so zu betrachten, dass er einen Zustand eines Systems auf Grundlage eines Modells des Systems, der Geschichte des Systems und der Eingänge an das System abschätzt oder vorhersagt, aber Veränderungen von diesem Rahmenwerk sind möglich. In dem technischen Gebiet wird bei dieser Diskussion genauer auf Zustandsabschätzer Bezug genommen, dahingehend dass der Abschätzer verschiedene Charakteristiken eines Systems vorhersagt, die zusammengenommen genau ein System beschreiben. Durchschnittsfachleute in dem technischen Gebiet der Regelungstechnik werden erkennen, dass der Ausdruck „Beobachter“ („Observer“) manchmal austauschbar mit dem Ausdruck Abschätzer verwendet wird. Die folgende Beschreibung beschreibt die Steuerlogik, die zwei geringfügig andere Abschätzer verwendet. Zum leichteren Verständnis kann angenommen werden, dass jeder Abschätzer das gleiche Modell des Systems, die gleichen Eingangsdaten, die das beobachtete Systemverhalten darstellen, und größtenteils die gleiche frühere Geschichte des Systems verwendet. Die zwei Abschätzer umfassen jeweils geringfügig andere Annahmen darüber, was passiert ist und was in dem System, welches sich unter einer Steuerung befindet, passiert. Durch Vergleichen der Abschätzungen des Systemverhaltens, das durch diese zwei Abschätzer dargestellt wird, mit dem tatsächlich beobachteten Verhalten des Systems, kann die Steuerlogik bestimmen, welcher der zwei Abschätzer die genauere Beschreibung des Systems enthalten hat. Das Steuersystem kann dann Systemcharakteristiken auf Grundlage der abgeschätzten Vorzeichen- und Verschiebeinformation einstellen.

[0078] Aspekte der Erfindung werden nun mittels eines Beispiels dargestellt, bei dem die zu steuernde Variable die Verschiebung eines Objekts von dessen nomineller Zielposition ist und die beobachtbare Variable ein Positionsfehlersignal darstellt. Verschiebungen können positiv oder negativ in Bezug auf die nominelle Zielposition sein und das Positionsfehlersignal weist das gleiche Vorzeichen für positive und negative Verschiebungen auf. Ein ausreichend großer beobachteter Wert des Positionsfehlersignals zeigt eine zu korrigierende Verschiebung an, könnte aber eine positive Verschiebung oder eine negative Verschiebung darstellen. Mit anderen Worten, das Positionsfehlersignal weist als eine Funktion der Verschiebung eine Absolutwertcharakteristik auf. Das Positionsfehlersignal kann eine asymmetrische, nicht lineare Beziehung zu der Verschiebung haben, oder kann eine einfachere Beziehung haben. Somit entspricht irgendein beobachtetes Positionsfehlersignal zwei unterschiedlichen möglichen Verschiebungen, wobei die zwei Verschiebungen unterschiedliche Vorzeichen aufweisen und unterschiedliche Größen haben könnten. Systeme mit noch komplizierteren Abbildungen sind möglich und können in einer ähnlichen Weise verarbeitet werden, typischerweise durch Verwendung von zusätzlichen Abschätzern.

[0079] In Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Erfindung kann dieses beispielhafte System auf Grundlage des beobachteten Positionsfehlersignals unter Verwendung einer Kenntnis der Abbildung zwischen dem Positionsfehlersignal und der Verschiebung, in Verbindung mit einem Modell des Systems, gesteuert werden. Das Positionsfehlersignal wird bei einem ersten Zeitintervall beobachtet. Das erste Positionsfehlersignal

könnte einer positiven Verschiebung $+D1$ oder einer negativen Verschiebung $-D2$ des Objekts in Bezug auf dessen nominelle Position entsprechen, so dass eine Mehrdeutigkeit darüber vorhanden ist, in welche Richtung das Objekt zu bewegen ist, um das Objekt an seiner nominellen Zielposition zu platzieren. Die Steuerlogik initiiert ein Paar von Abschätzern, wobei einer annimmt, dass die positive Verschiebung $+D1$ genau ist, wobei der andere annimmt, dass die negative Verschiebung $-D2$ genau ist. Je zwei Abschätzer sagen die nächste Position des Objekts bei dem nächsten Zeitintervall vorher. Die Abschätzer sagen auch Werte des Positionsfehlersignals entsprechend zu den vorhergesagten Verschiebungen vorher. Bei dem nächsten Zeitintervall wird das hinsichtlich des Absolutwerts beobachtete Positionsfehlersignal erfasst und dann mit dem Absolutwert der entsprechenden Positionsfehlersignale, die durch die Abschätzer vorhergesagt werden, verglichen. Der Vergleich der Absolutwerte der Positionsfehlersignale, die durch die Abschätzer vorhergesagt werden, mit dem beobachteten Positionsfehlersignal identifiziert vorzugsweise den Abschätzer mit dem richtig angenommenen Vorzeichen oder der richtig angenommenen Richtung der Verschiebung. Steueroperationen werden dann unter Verwendung sowohl der abgebildeten Größe als auch des abgeschätzten Vorzeichens vorgenommen. Vorzugsweise setzt das System den Zustand des anderen Abschätzers zurück, nachdem das Vorzeichen abgeschätzt ist.

[0080] Somit beobachtet das Steuersystem ein anfängliches Positionsfehlersignal entsprechend zu einer Verschiebung. Die Steuerlogik verfolgt, wo das Objekt sein würde, wenn die anfängliche Verschiebung positiv war (Abschätzer 1) und verfolgt, wo das Objekt sein würde, wenn die anfängliche Verschiebung negativ war (Abschätzer 2). Die Abschätzer sagen die Verschiebung des Objekts unter den unterschiedlichen Annahmen hinsichtlich des Vorzeichens der anfänglichen Verschiebung voraus und sagen das Positionsfehlersignal voraus, welches für jede der unterschiedlichen anfänglichen Vorzeichenannahmen beobachtet werden würde, nachdem sich das System entwickelt, so dass das Objekt bei einer neuen Verschiebung sein würde. Der Absolutwert des Positionsfehlersignals wird später für das Objekt beobachtet und mit den entsprechenden Absolutwerten, des Positionsfehlersignals, das durch die zwei Abschätzer vorhergesagt wird, verglichen. Der Zustandsabschätzer mit dem Positionsfehlersignal, welches näher zu dem gemessenen Absolutwert-Positionsfehlersignal im absoluten Wert ist, wird als der Abschätzer mit dem richtigen Vorzeichen oder der richtigen anfänglichen Verschiebung identifiziert. Der Vergleich kann wiederholt bei nachfolgenden Zeitintervallen durchgeführt werden, bis klar ist, welche der zwei Abschätzer die richtige Annahme über das Vorzeichen der anfänglichen Verschiebung verwendet. Somit wird nach einer ausreichenden Zeit oder nach einer ausreichenden Anzahl von Zeitintervallen in einem diskreten System einer der Abschätzer ein Positionsfehlersignal vorhersagen, welches ausreichend unterschiedlich im Absolutwert von dem beobachteten Positionsfehlersignal ist, das der richtige Abschätzer mit Vertrauen gewählt werden kann. Dies versieht das Steuersystem mit ausreichender Information, um die Position des Objekt einzustellen und das System auf Grundlage einer hinsichtlich des Absolutwerts beobachtbaren Variable zu steuern.

[0081] Eine schematische Darstellung eines Prozessablaufs in Übereinstimmung mit dem eben beschriebenen Verfahren wird als Referenz in den [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) bereit gestellt. Eine Anwendung dieses Steuerverfahrens auf ein optisches Plattensystem, wie dasjenige, das in den [Fig. 1](#) & [Fig. 5–Fig. 6](#) dargestellt, welches ein derartiges ist, dass eine beobachtbare Variable bereitstellt, die eine funktionelle Absolutwert-Beziehung mit der zu steuernden Variablen aufweist, ist leicht ersichtlich. Die Erläuterung von Aspekten der Erfindung diesbezüglich ist in relativ allgemeiner Hinsicht vorgenommen worden, mit Ausnahme davon, dass eine Positionssteuerung eines Objekts angenommen wurde und Aspekte eines zweidimensionalen Systems ebenfalls angenommen wurden. Die Erfindung könnte in anderen Ausführungsformen angewendet werden, einschließlich in einigen, bei denen die gesteuerte Variable nicht eine Position ist und sich nicht direkt auf eine Position bezieht.

[0082] Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung ziehen in Erwägung, dass das Steuerverfahren, das System und die Vorrichtung, die hier beschrieben werden, in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet werden könnten. Trotzdem wurden das Steuerverfahren, das System und die Vorrichtung, die hier beschrieben werden, tatsächlich für bestimmte Vorteile entwickelt und weisen bestimmte Vorteile auf, wenn sie in einem Magnetplatten-Laufwerkssystem angewendet werden. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können in vorteilhafter Weise verwendet werden, um die Position eines Lese- und Schreibkopfs in Bezug auf eine vorgegebene Position oder in Bezug auf eine Spur oder andere Sätze von Datenspeicherstellen zu steuern. Weiter vorzugsweise führen diese Ausführungsformen Steuerfunktionen wenigstens teilweise unter Verwendung eines beobachtbaren Maßes des zu steuernden Systems, einem Signal, das aus Randbedingungen oder einer Fehlerinformationscharakteristik von auf dem Festplattenlaufwerk gespeicherten Daten abgeleitet wird, aus. Aspekte der vorliegenden Erfindung werden unter besonderer Bezugnahme auf diese beabsichtigten und besonders vorteilhaften Umgebungen beschrieben.

[0083] Es sollte darauf hingewiesen werden, dass die Umgebung des beabsichtigten Magnetplattenlaufwerks sich von den herkömmlichen Magnetplattenlaufwerkssystemen unterscheiden, die eine Kopfposition hauptsächlich auf Grundlage von Servoinformation steuern, wie diejenigen, die in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) dargestellt sind. Die bevorzugte Ausführungsform des Magnetplattenlaufwerks stellt ein herkömmliches, mit Vorzeichen versehenes und lineares Positionsfehlersignal bereit, welches aus der Servoinformation abgeleitet wird, die in den Sektorservoteilen gespeichert ist, die in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) dargestellt sind. Steuerfunktionen können auf Grundlagen von Positionsfehlersignalen, die aus der beobachtbaren Information abgeleitet werden, die in Servoteilen wie denjenigen gespeichert sind, die bei A, B, C, D in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) dargestellt sind, ausgeführt werden. Steuerfunktionen werden vorzugsweise auf Grundlage einer beobachtbaren Information ausgeführt, die bei einer Rate verfügbar ist, die wesentlich größer als die Rate ist, bei der die Servoteilinformation verfügbar ist.

[0084] Die bevorzugte Betriebsumgebung leitet Positionsfehlersignale in einer kontinuierlicheren Weise ab, als dies in einem Plattenlaufwerk herkömmlich ist, das eine Servoinformation verwendet, die nur aus Servoburstmustern besteht. Servoburstmuster des dargestellten Typs stellen Information nicht öfters als einmal pro Datenblock und typischerweise bei jeden drei bis fünf Datenblöcken bereit. Vorzugsweise stellt ein geeignetes Plattenlaufwerkssystem, welches die Aspekte der Erfindung umsetzt, eine beobachtbare Information über Positionsfehlersignale häufiger als einmal pro Datenblock bereit. In besonders bevorzugten Ausführungsformen könnte das beobachtbare Positionsfehlersignal aus den Daten, die in einem Block gespeichert sind, oder aus den Signalen, die diese Daten darstellen, abgeleitet werden und das Positionsfehlersignal wird wenigstens mehrere Male während der Zeit verfügbar, in der ein Datenblock aus der Platte gelesen wird. Am meisten bevorzugt wird, dass die zusätzliche Positionsfehlerinformation aus einer Beobachtung verfügbar ist, wenn die Daten aus der Oberfläche der Platte gelesen werden, so dass die Position des Kopfs während Leseoperationen gesteuert werden kann.

[0085] Besonders bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung leiten ein Positionsfehlersignal aus den auf der Platte gespeicherten Daten ab, z.B. durch Auswerten von Fehlern in den Daten oder Abweichungen von Randbedingungen, die in den Daten enthalten sind. Derartige Randbedingungen, die Ableitung von Fehlersignalen auf Daten auf Grundlage von Randbedingungen und andere Aspekte einer geeigneten und gegenwärtig bevorzugten Betriebsumgebung werden in der gleichzeitig anhängigen Anmeldung mit der Seriennummer 09/187770, von Alwin M. Despain et al., „Apparatus for developing a dynamic servo signal from data in a magnetic disc drive and method“, eingereicht am 06. November 1998 und im gemeinsamen Besitz der Anmelder, beschrieben. Despain Anmeldung beschreibt ein Steuersystem, welches in der Lage ist, Steuerfunktionen auf Grundlage von Fehler- oder Randbedingungsinformation auszuführen, die aus Datensignalen des Typs abgeleitet wird, die auf der Speicher Oberfläche einer Platte gespeichert werden könnten.

[0086] Die Despain Anmeldung beschreibt Positionssteuerfunktionen, die wenigstens teilweise unter Verwendung eines Positionsfehlersignals ausgeführt werden, das Fehler darstellt, die aus Daten abgeleitet werden, die von der Platte gelesen werden. Zwei unterschiedliche Positionsfehlersignale, konsistent mit den Lehren der Anmeldung von Despain, die jeweils potentiell in der Lage sind, als eine beobachtbare Variable zum Steuern der Position eines Kopfs des Plattenlaufwerks verwendet zu werden, sind in [Fig. 13](#) gezeigt. Es sei darauf hingewiesen, dass die dargestellten Kurven höchst idealisiert sind. Zum Beispiel werden die dargestellten Kurven als nur geringfügig asymmetrisch in Bezug auf die nominelle Spurmitte dargestellt. Empirische und theoretische Daten legen nahe, dass die Kurven nicht allgemein symmetrisch sind und beträchtlich weniger symmetrisch sein könnten, als dies dargestellt ist. Die dargestellten Kurven sind auch als monoton dargestellt. Empirische Daten bis zum heutigen Tag haben nicht gezeigt, dass die Kurven strikt monoton sind, da Rauschsignale signifikant genug sein können, um die Daten in der in [Fig. 14](#) dargestellten Weise zu modulieren. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung und die Erfinder, die auf der Despain Anmeldung aufgelistet sind, sind trotzdem in der Lage gewesen, sowohl modellierte als auch tatsächliche Plattenlaufwerke auf Grundlage der nicht-idealisierten Fehlerinformation, die der Art von Daten entspricht, die in [Fig. 14](#) dargestellt sind, zu steuern.

[0087] Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Anmeldung von Despain Ausführungsformen eines Plattenlaufwerks beschreibt, dass zwei Leselemente verwendet, die zusammen sowohl eine Größe als auch einen Gradienten eines Positionsfehlersignals erfassen. Im Endeffekt erfassen die zwei Leselemente zwei unterschiedliche Positionsfehlersignale, die zwei geringfügig unterschiedlichen Verschiebungen entsprechen, was eine direkte Bestimmung des Vorzeichens eines Kopfs zu der Spurverschiebung und eine Kenntnis der Richtung, in der der Kopf bewegt werden muss, um eine Korrektur für die Verschiebung vorzunehmen, erlaubt. Weil die zwei Leselemente einen Gradienten des Positionsfehlersignals bereit stellen, das das Vorzeichen oder die Richtung für eine Korrektur anzeigen kann, ist das hier beschriebene Steuerverfahren für den Betrieb von derartigen zwei Leselementköpfen nicht notwendig, obwohl Aspekte des gegenwärtigen Steuerverfahrens trotz-

dem nützlich sind. Aspekte der vorliegenden Erfindung weisen den größeren Vorteil auf, wenn z.B. eine Gradienteninformation nicht verfügbar ist. Ein derartige Situation tritt auf wenn der Kopf des Plattenlaufwerks ein einzelnes Leseelement aufweist und die beobachtbare Variable eine funktionale Beziehung, wie diejenige, die allgemein in [Fig. 13](#) dargestellt ist, aufweist.

[0088] Die äußerste Kurve, die in [Fig. 13](#) mit „BER“ identifiziert wird, zeigt eine Bitfehlerrate (Bit Error Rate; „BER“) als eine Funktion der Verschiebung von einer nominellen Spurmitte oder einer optimalen Leseposition auf der Spur. Die dargestellte Bitfehlerrate ist ein Positionsfehlersignal, welches im wesentlichen kontinuierlich während Datenleseoperationen beobachtet werden kann und aus den Daten, die aus der Platte ausreichend schnell zurück gewonnen werden können, um von einem Steuersystem zum Steuern der relativen Position des Kopfs in Bezug auf eine Datenspur verwendet zu werden, abgeleitet werden. Es sei darauf hingewiesen, dass es eine Anzahl von unterschiedlichen möglichen Maßen von Bitfehlerraten gibt und andere funktionale Beziehungen beobachtet werden könnten. Die Figur zeigt, dass sich die Bitfehlerrate als eine Absolutwert-Funktion für positive und negative Kopfverschiebungen von der nominellen Spurleseposition verändert. Die Figur zeigt auch, dass die Bitfehlerrate zu klein ist, um für kleine Verschiebungen gezeigt zu werden und so gegenwärtig nicht nützlich als eine beobachtbare Variable für ein Steuersystem sein könnte. Für große Verschiebungen ist jedoch die Bitfehlerrate eine starke Funktion der Verschiebung und kann für diese großen Verschiebungen verwendet werden, um die Kopfposition zu steuern.

[0089] Ein Studium der Graphen der [Fig. 13](#) schlägt vor, dass der Lesekopf an einer nominellen bevorzugten Leseposition in Bezug auf eine Spur zum Lesen von Daten aus der Spur mit minimalen Fehlern gehalten werden sollte. Die Asymmetrie der Graphen, sowie die typischen Spurränder, die sogar für eine gut beschriebene Spur zugelassen werden (gezeigt in [Fig. 11](#)), machen klar, dass die bevorzugte Spurleseposition nicht die Mitte einer Spur sein muss. Es ist trotzdem zweckdienlich, die bevorzugte Leseposition so diskutieren, dass sie die Mitte der Spur ist, das diese Konvention häufig in dem technischen Gebiet verwendet wird. Eine gewünschte Position zum Lesen von Daten aus einer Spur könnte hier als eine nominelle Position bezeichnet werden oder manchmal als entlang der Mittellinie der Spur auftretend. Diese Verwendung ist dafür vorgesehen, um auf eine minimale Fehlerposition in Bezug auf die Spur Bezug zu nehmen, was sich natürlich aus der praktischen Umsetzung von bestimmten Aspekten der vorliegenden Erfindung ergibt. Es sei auch [Fig. 8](#) und den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) darauf hingewiesen, dass die nominelle Kopfposition zum Lesen von Daten sich der nominellen Kopfposition zum Schreiben von Daten an eine Spur unterscheidet.

[0090] Die innere Kurve, die als ein „Fehlermaß“ in [Fig. 13](#) bezeichnet ist, wird vorzugsweise in einem Steuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung bevorzugt, und zwar weil noch kleinere Verschiebungen dx zu beobachtbaren Veränderungen de in dem Fehlermaß führen. Das dargestellte Fehlermaß könnte z.B. einen Fehler reflektieren, der aus mehreren Maßen der Signalqualität, der Kanalqualität oder der Decodiergenauigkeit, erzeugt innerhalb eines Viterbi oder anderen Trellis-Typ Decoders, der eine Decodierungsfunktion mit einer Teilantwort-Maximalwahrscheinlichkeit (Partial Response Maximum Likelihood; PRML) implementiert, abgeleitet wird. Eine Ableitung dieses besonders vorteilhaften Typs eines Positionsfehlersignals wird nachstehend mit näheren Einzelheiten diskutiert. [Fig. 14](#) stellt einen realistischeren Satz von Fehlerbeobachtungen als die idealisierten Graphen der [Fig. 13](#) dar. Die vertikale Achse zeigt einen durchschnittlichen Fehler über eintausend Datenpunkten als eine Funktion der Spurposition in Mikroinch dar. Der Ursprung der Spurpositionsachse wird beliebig auf einer Seite eingestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass Beobachtungen von dem dargestellten Datensatz als ein Eingang zu dem Steuersystem verwendet werden könnten, so lange wie die Rauschsignale geeignet durch das Steuersystem beim Durchführen von Entscheidungen berücksichtigt werden, obwohl der dargestellte Graph nicht einfach ist.

[0091] Die Bitfehlerrate, wie diejenige, die in der äußeren BER Kurve der [Fig. 13](#) dargestellt ist, kann als ein beobachtbares Positionsfehlersignal für ein Steuersystem verwendet werden, um die Position des Kopfs in Bezug auf eine Datenspur zu steuern. Die anderen zwei Fehlersignale, die in den [Fig. 13](#) & [Fig. 14](#) gezeigt sind, können in der gleichen Weise verwendet werden. Die dargestellten Positionsfehlersignale weisen eine verallgemeinerte funktionale Absolutwert-Beziehung zu der Verschiebung des Kopfs von dessen nomineller Position auf. An sich kann eine Erfassung eines gegebenen Werts der Bitfehlerrate eine positive oder negative Verschiebung des Kopfs in Bezug auf dessen nomineller optimaler Spurleseposition anzeigen. Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwenden das Absolutwert-Steuerverfahren zum Unterscheiden zwischen anfänglichen positiven und negativen Kopfverschiebungen für diejenigen Situationen, in denen das Vorzeichen einer Verschiebung entsprechend zu einem beobachteten Positionsfehlersignal mehrdeutig ist.

[0092] Es gibt eine Vielzahl von Kopf-zu-Spur Positionierungsoperationen, die in einem typischen Plattenlaufwerk gesteuert werden müssen, einschließlich von Spur-Suchoperationen und einer Spurnachfolgeoperation

und während sowohl Lese- als auch Schreiboperationen. Eine Spur-Suchoperation beinhaltet das Bewegen des Kopfs von einer nominellen Lese- oder Schreibposition in Bezug auf eine Spur an eine nominelle Lese- oder Schreibposition in Bezug auf eine andere Spur. Typischerweise ist eine Spur-Suchoperation ein relativ langsamer Betrieb, bei dem der Kopf über eine Anzahl von Spuren bewegt wird, um die Zielspur zu erreichen. Wegen der Vorgehensweise, mit der Spur-Suchoperationen gegenwärtig praktisch umgesetzt sind, werden die großen Verschiebungsabschnitte der Spur-Suchoperationen in geeigneter Weise gesteuert und durch die Servoinformation ermöglicht, die in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) dargestellt ist. Andererseits ist das Absolutwert-Steuerungsverfahren typischerweise wichtig beim Steuern der letzteren Stufen der Spur-Suchoperationen für praktische Konstruktionen von Plattenlaufwerken. Das Absolutwert-Steuerungsverfahren wird beobachtet, um Beruhigungszeiten, wie in [Fig. 23](#) dargestellt, signifikant zu verbessern.

[0093] Das Absolutwert-Steuerungsverfahren findet eine Anwendung bei Spurfolgeoperationen und insbesondere bei der Spurverfolgung für Leseoperationen. Eine Spurverfolgung für eine Leseoperation beinhaltet die Beibehaltung des Kopfs über der Spur, die gerade gelesen wird, und vorzugsweise das Halten des Kopfs an oder in der Nähe einer bestimmten Position in Bezug auf eine nominelle Leseoperation. Herkömmlicherweise ist dies durchgeführt worden durch Einstellen der radialen Position eines Kopfs aus der Sektorservoinformation und dann Versuchend den Kopf an dieser radialen Position zu halten, während Daten aus den drei bis fünf Blöcken, die typischerweise zwischen Servokeilen positioniert sind, gelesen werden. Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung leiten eine Fehler- oder andere Information aus den Daten, die auf der Platte gespeichert sind, ab und verwenden diese Information, um die Position des Kopfs während der Leseoperation zu steuern.

[0094] In Übereinstimmung mit besonders bevorzugten Implementierungen der vorliegenden Erfindung erzeugt ein bevorzugtes Steuersystem Positionsfehlersignale (PES) aus Daten, die auf der Oberfläche einer Platte gespeichert sind, bei einer signifikant höheren Rate als der Rate, bei der herkömmliche Sektorservoinformation verfügbar ist. In bestimmten gegenwärtig kommerziell erhältlichen Systemen ist eine Sektorservoinformation bei einer Rate von ungefähr 15 kHz verfügbar. In einer bevorzugten Implementierung könnte das Positionsfehlersignal auf Grundlage einer Fehler- oder Beschränkungsinformations-Charakteristik der Daten bei Sequenzen so hoch wie 300 kHz erzeugt werden. Natürlich könnten zukünftige Systeme erwartet werden, um charakteristische Servomuster und Daten-abgeleitete Servomuster bei unterschiedlichen Raten als hier diskutiert darzustellen. Insbesondere wird diese Positionsfehlerinformation mit hoher Frequenz zusammen mit der Sektorservo-PES-Information, erzeugt aus Sektorservokeilen bei einer viel geringeren Frequenz als 15 kHz, verwendet, um ein Positionsfehlersignal zu erzeugen. Um dies zu tun ist das Steuersystem vorzugsweise dafür ausgelegt, um auf Positionsfehlersignale niedriger Frequenz, die eine Vorzeichen- oder Richtungsinformation tragen, und Positionsfehlersignale einer höheren Frequenz, die eine Absolutwert-Charakteristik aufweisen, die keine Vorzeichen- oder Richtungsinformation bereitstellen, anzusprechen. Ein derartiges System könnte verwendet werden, um das Festplattenlaufwerkssystem bei einer Frequenz von Positionsfehlersignalen zwischen der unteren Frequenz und der oberen Frequenz, die beispielsweise 60 kHz, zu steuern.

[0095] Die Verfügbarkeit von Positionsfehlersignalen bei beträchtlich höheren Frequenzen als herkömmlicherweise abgeleitete Positionsfehlersignale ermöglicht ein Servosteuersystem, welches genauere Stellglied-Eingänge erzeugt, die zu einem schnelleren Ansprechverhalten, einer kleineren Beruhigungszeit und besseren Störungsabweisungseigenschaften als diejenigen herkömmlichen Steuersysteme, die nur die Sektorservoinformation mit niedriger Frequenz verwenden, die aus Sektorservokeilen abgeleitet wird, die Information bei einer herkömmlichen niedrigen Rate wie 15 kHz bereitstellen, führen.

[0096] Die Absolutwert-Aspekte des Steuerungsverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung müssen nicht zu allen Zeiten aktiv sein, während Daten aus einer Platte zurückgewonnen werden. Mit anderen Worten, es gibt Fälle, bei denen das Steuersystem mit guter Sicherheit das Vorzeichen einer Verschiebung kennen kann, die ein beobachtetes Positionsfehlersignal erzeugt. Zum Beispiel gibt es viele Fälle, wenn die vergangene Geschichte der Kopfposition und der Kopfbewegungen eine genaue Anzeige über das gegenwärtige Vorzeichen oder die Richtung der Verschiebung bereitstellt. Genau dann, wenn das Vorzeichen der Verschiebung sowohl benötigt als auch mehrdeutig ist, sind die Absolutwert-Aspekte der vorliegenden Erfindung besonders nützlich. Die höhere Rate, bei der Positionsfehlersignale in Übereinstimmung mit Aspekten dieser Erfindung verfügbar sind, ist wünschenswert unabhängig davon, ob das Vorzeichen oder die Richtung der Verschiebung bekannt ist oder nicht.

[0097] Wie das Festplattenlaufwerk-Steuersystem eine genaue Information über die Richtung einer Verschiebung eines Lesekopfes haben kann, ist in [Fig. 15](#) dargestellt, die schematisch den Pfad eines Kopfs darstellt, der über die nominelle Zielposition innerhalb der Zielspur in eine Position bewegt wird. Die nominelle Zielposi-

tion kann dem Minimum des „Phasenmaß“ Positionsfehlersignal-Graphs entsprechen, der in [Fig. 13](#) gezeigt ist und von dem angenommen wird, dass der die optimale Position innerhalb einer Spur zum Lesen von Daten ist. In der Figur wird der Kopfpfad als eine dicke schwarze Linie angezeigt, die Ziel- oder nominelle Kopfposition wird als die Zielposition auf die y-Achse angedeutet, und Verschiebungen von der nominellen Kopfposition werden entlang der y-Achse angezeigt. Zum Beispiel wird eine Verschiebung von ϵ in der positiven Richtung entlang der y-Achse angezeigt. Negative Verschiebungen sind ebenfalls für den Kopf als eine Funktion der Zeit gezeigt. Weil die einzige Kopfbewegung, die relevant ist, entlang der radialen Richtung ist, ist dies das einzige, was dargestellt ist; radiale Positionen werden als Funktion der Zeit angedeutet, die sich entlang der x-Achse erstreckt.

[0098] Bei der Darstellung der [Fig. 15](#) wird der Kopf so dargestellt, wie er in Richtung auf die Zielspurposition von einer großen positiven Abweichung bzw. Verschiebung bewegt wird. Bis zu dem Zeitpunkt, bei dem der Kopf innerhalb eines Abstands von ϵ , versetzt von der Zielposition, kommt, kann das Steuersystem sicher annehmen, dass der Kopf nicht weit genug in das nächste Zeitintervall zum Überqueren der Ziel-(z.B. Mittellinien-)Position auf der Zielspur translatorisch bewegt wird. Sobald der Kopf innerhalb eines Abstands ϵ des Ziels ist (d.h. innerhalb von $\pm\epsilon$ des Ziels), beginnt die Steuerlogik die Position vorherzusagen, wo der Kopf bei dem nächsten Zeitintervall sein sollte. Alternativ könnte die Steuerlogik die Position des Kopfs über anderen Zeitintervallen vorhersagen, wie beispielsweise konstant. Wie nachstehend diskutiert kann diese Vorhersage durch eine ähnliche Logik durchgeführt werden, wie für den Absolutwert und andere Aspekte des Steuersystems verwendet wird. ϵ ist ein Konstruktionsparameter für das Steuersystem und das Festplattenlaufwerkssystem.

[0099] Das Steuersystem setzt eine Vorhersage der Kopfposition bei sukzessiven Zeitintervallen fort. Die Steuerlogik überwacht die Vorhersagen der Kopfposition, wenn der Kopf innerhalb des Bands von Verschiebungen ist, die sich um $\pm\epsilon$ um das Ziel herum erstrecken, um zu bestimmen, ob erwartet wird, dass der Kopf die Zielposition überquert. Solange wie der Kopf nicht die nominelle Spurposition des Ziels überquert, kann das Steuersystem weitermachen unter Verwendung des historisch richtigen positiven Vorzeichens für die Verschiebung. Wenn vorhergesagt wird, dass der Kopf die Zielposition durchquert, nimmt das Steuersystem an, dass das Vorzeichen des Absolutwert-Positionsfehlersignals (wie dem Fehlermaß der [Fig. 13](#)) mehrdeutig wird. Das Steuersystem aktiviert einen ersten und zweiten Abschätzer, sobald das Vorzeichen der Verschiebung mehrdeutig wird, um das zukünftige Vorzeichen oder die Richtung der Verschiebung des Kopfs vorherzusagen.

[0100] Jeder der Abschätzer verkörpert ein Modell des Festplattenlaufwerk-Systems, das die zukünftige Kopfposition auf Grundlage des früheren Zustands des Plattenlaufwerks und von Eingangsdaten entsprechend zu einer Annahme des Vorzeichens oder der Richtung der Verschiebung des Kopfs einem nächsten Zeitintervall vorhersagt. In der Darstellung enthält der Abschätzer 2 die richtige Annahme des Vorzeichens oder die Richtung des Kopfs bei einem nächsten Intervall und sagt so genau den tatsächlichen Pfad des Kopfs voraus. Der Abschätzer 1 sagt eine unrichtige Position voraus, die schließlich durch das Steuersystem definitiv als unrichtig identifizierbar ist. Nachdem das Steuersystem entscheidet, dass der Abschätzer 1 unrichtig war, wird der Zustand des Abschätzers 1 zurückgesetzt. Der Prozess zum Überwachen der Position wird fortgesetzt, wobei der Kopf über die Zielposition bewegt wird und der Abschätzer, der richtig ist, jedes Mal wechselt, wenn der Kopf die nominelle Zielleseposition durchquert.

[0101] Die dynamischen Vorgänge der Abschätzer sind auf genaue Modelle der Systemdynamik gestützt und sind derart, dass dann, wenn das tatsächliche Signal bei der gleichen Abtastrate wie das Absolutsignal verfügbar, wie genaue Abschätzungen des PES und der Systemzustände erzeugen würden. Unterschiedliche Abschätzer werden in Abhängigkeit von dem verfügbaren Systemmodell und von deren Zweck verwendet. Zum Beispiel können lineare Beobachter, nicht lineare Beobachter, Kalman Filter, Eingangs/Ausgangs-Vorhersagemodelle wie ARMA (Auto-regressiver sich bewegender Durchschnitt; auto-regressive moving average) Modelle, neuronale Netze, Systeme mit einer Fuzzy-Logik, und dergleichen verwendet werden. Abschätzer können in Software implementiert werden, unabhängig davon ob in einem Allzweck-Prozessor oder in einem mehr spezialisierten Digitalsignalprozessor, in Hardware, oder in Kombination von Software und Hardware. Es wird erwartet, dass unterschiedliche Abschätzer am geeignetsten sind für unterschiedliche zu steuernde Systeme sind.

[0102] Eine Steuerung der Kopfposition während einer Spurverfolgung und anderer Kopfpositionierungsoperationen wird durch die Steuerlogik innerhalb eines geeigneten Steuersystems erreicht. Zusammenfassend führt die Steuerlogik die folgenden Aktionen bei der translatorischen Bewegung eines Kopfs an eine Spur und in einigen Fällen beim Veranlassen des Kopfes einer Spur zu folgen, aus:

- Wenn der Wert des Absolutwert-PES größer als ein bestimmter Pegel in Verbindung mit einer Verschiebung von ϵ entlang eine früheren Pfads ist, nimmt das Steuersystem an, dass sich das Vorzeichen der Ver-

schiebung nicht geändert hat seit dem letzten Zeitintervall. Steuerfunktionen werden von dem Steuersystem in Übereinstimmung mit der Verschiebung, die aus dem beobachteten Positionsfehlersignal abgeleitet wird, und dem Vorzeichen der Verschiebung bei dem früheren Zeitintervall ausgeführt.

- Wenn der Absolutwert-PES kleiner als oder gleich wie ein bestimmter Pegel in Verbindung mit einer Verschiebung mit ϵ entlang des früheren Pfads ist und wenn die vorhergesagte Verschiebung des nächsten Schritts gleiche Vorzeichen wie die Verschiebung des vorangehenden Schritts aufweist, dann nimmt das Steuersystem an, dass das Vorzeichen der Verschiebung sich nicht geändert hat. Die vorhergesagte nächste Verschiebung kann unter Verwendung einer linearen oder nicht linearen Interpolation zwischen den letzten Signalabschätzungen erzeugt werden. Andere, mehr oder weniger komplizierte Verfahren, einschließlich von statistischen Verfahren, können verwendet werden, um die nächste Verschiebung vorherzusagen. Steuerfunktionen werden wiederum durch das Steuersystem in Übereinstimmung mit der Verschiebung, die aus beobachteten Positionsfehlersignalen abgeleitet wird, und dem Vorzeichen der Verschiebung bei den früheren Zeitintervall ausgeführt.

- Wenn der Wert des Absolutwert-PES kleiner also oder gleich wie ein bestimmter Pegel in Verbindung mit einer Verschiebung von ϵ entlang des früheren Pfads ist und wenn der vorhergesagte Wert der Verschiebung des nächsten Schritts ein entgegengesetztes Vorzeichen zu der Verschiebung des voranstehenden Schritts aufweist, dann wird das Vorzeichen einer nachfolgenden Verschiebung in der folgenden Weise abgeschätzt. Die Steuerlogik beobachtet ein Absolutwert-Positionsfehlersignal, welches auf erste und zweite mögliche Kopfverschiebungen abgebildet ist. Die Logik initiiert bzw. aktiviert einen ersten und zweiten Abschätzer, die als Anfangsbedingungen die ersten und zweiten möglichen Werte der Verschiebung nehmen. Verschiebungen und entsprechende Positionsfehlersignale werden vorhergesagt. Die Steuerlogik vergleicht die Positionsfehlersignale, die durch die Abschätzer vorhergesagt werden, mit dem gemessenen Positionsfehlersignal, um zu identifizieren, welcher Abschätzer das richtige Vorzeichen der Verschiebung einschließt. Sobald das richtige Vorzeichen abgeschätzt ist, wird das Vorzeichen mit der Verschiebung verwendet, um Steuerfunktionen auszuführen. Der Zustand des unrichtigen Abschätzers wird auf demjenigen des richtigen Abschätzers zurückgesetzt.

[0103] Sobald das Vorzeichen der Verschiebung abgeschätzt worden ist, ist die Abschätzung des Signals im wesentlichen gleich zu entweder dem Ausgang des Abschätzers, der dem abgeschätzten Vorzeichen entspricht, oder zu dem Eingang des Abschätzers. Immer dann, wenn eine Abschätzung des Signals durchgeführt wird, wird der Zustand des Abschätzers, der den Gegenteil des abgeschätzten Vorzeichens entspricht, zurückgesetzt oder, mit anderen Worten, gleich zu dem Zustand des Abschätzers, der dem abgeschätzten Vorzeichen entspricht, gesetzt.

[0104] Eine ausführlichere Beschreibung von Aspekten einer Ausführungsform des Festplattenlaufwerks der vorliegenden Erfindung wird nun dargeboten. Die bestimmten Ausführungsformen werden aufgeführt, um weitere Implementierungen von spezifischen Aspekten der vorliegenden Erfindung darzustellen.

[0105] Zahlreiche Veränderungen von den grundlegenden Ausführungsformen sind bekannt und könnten in Übereinstimmung mit bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung implementiert werden. Zum Beispiel verwenden die verschiedenen Ausführungsformen nicht Zonen und stellen Sektorservoinformation mit einmal bei jeden drei bis fünf Datenblöcken bereit. Wie in dem Hintergrund diskutiert und wie in dem technischen Gebiet bekannt sind Abänderungen von derartigen Ausführungsformen bekannt, einschließlich von Plattenlaufwerken, die Zonen und sich verändernde Dichten von Sektorservoinformation bei unterschiedlichen Radii verwenden.

[0106] [Fig. 16](#) ist ein einfaches Blockdiagramm eines Festplattenlaufwerks, das ein Steuersystem **110** gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet. Das Servosteuersystem **110** wird in dem Kontext eines Festplattenlaufwerk-(HDD)-Systems mit wenigstens einer drehbaren Magnetplatte **112**, auf der Daten über ein in Übereinstimmung mit herkömmlicher Plattenansteuertechnologie gespeichert werden, einschließt. Die Platte **112** weist eine Vielzahl von sich im wesentlichen konzentrisch erstreckenden Spuren **114** auf, wobei nur eine der Spuren **114** in [Fig. 16](#) zur Vereinfachung gezeigt ist. Die Spur **114** ist durch einen Lese- und Schreibmagnetkopf **116**, der an dem Ende eines Kopfladearm-Aufbaus **118** angebracht ist, adressierbar. Der Arm **118** bewegt den Kopf lateral relativ zu der Oberfläche der Platte **112**, wobei er den Kopf entlang eines radialen Pfads stark bewegt, und einstellbar durch ein Einstellelement oder Einstellglied **120** positioniert wird.

[0107] Die Platte **112** weist eine Vielzahl von sich radial erstreckenden Sektorservokeilen **122** auf, die in einer winkligen Beziehung mit gleichen Abständen über der Speicheroberfläche der Platte **112** angeordnet sind. Jeder der Sektorservokeile **122** stellt eine Servoinformation bereit, wie diejenige, die in den [Fig. 9A](#) & [Fig. 9B](#) dargestellt und voranstehend beschrieben wurde. Wenn sich die Platte relativ zu dem Kopf **116** dreht, dann

liest der Kopf **116** die Sektorservoinformation heraus, wenn die Keile **122** vorübergehen. Der Kopf- und Lesekanal der Plattenlaufwerk-Schaltungsanordnung leiten ein Positionsfehlersignal aus der Sektorservoinformation ab, die sich linear mit Verschiebungen von einer nominellen Spur verändert. Das sich ergebende Positionsfehlersignal stellt sowohl eine Größe als auch ein Vorzeichen oder eine Richtung der Einstellung, die durchgeführt werden soll, um eine Korrektur für die erfasste Verschiebung vorzunehmen, bereit. Zwischen benachbarten Paaren von Servokeilen **122** liest der Kopf **116** Daten, die entlang der Spur **114** aufgezeichnet sind. Demzufolge erfassen die Signale, die durch den Kopf **116** erfasst oder gelesen werden, sowohl die Servoinformation der Servokeile **122** als auch die Daten, die entlang der Spur **114** zwischen den Sektorkeilen **122** aufgezeichnet werden. Der allgemeine Aufbau der Datenblöcke, die zwischen den Sektorservokeilen gespeichert werden, wird voranstehend in den **Fig. 9** & **Fig. 10** dargestellt und voranstehend unter Bezugnahme auf diese Figuren beschrieben.

[0108] Die Signale, die durch den Kopf **116** erfasst werden, werden an eine Phasenriegelschleife **124** geführt, die das Taktsignal zum Abtasten der Signale von der Platte bei der geeigneten Taktrate erfasst und einrichtet. Der Ausgang der Phasenriegelschleife **124** wird auf einen Detektor **126** angewendet, der ebenfalls einen Detektor einschließen kann. Der Detektor **126** decodiert die Datensignale, die aus der Spur **114** gelesen werden, und stellt die decodierten Daten als ein Ausgang **128** bereit. Der Detektor **126** verarbeitet auch die Signale, die aus der Spur **114** gelesen werden, um ein Fehlersignal an einer Positionsfehlersignal-Abschätzungsschaltung **130** bereitzustellen. Das Fehlersignal kann eine Charakteristik wie diejenige, die in den **Fig. 13** und **Fig. 14** dargestellt ist, aufweisen und kann wie in der Anmeldung von Despain beschrieben wird, die voranstehend angegeben und durch Bezugnahme Teil der vorliegenden Anmeldung ist, erzeugt. Der Ausgang der Positionsfehlersignal-Abschätzungsschaltung **130** ist vorzugsweise ein Steuersignal wie eine analoge Spannung, die geeignet ist, um die Position des Lesekopfs einzustellen. Der Ausgang der Schaltung **130** wird an das Einstellelement **120** angelegt, um den Kopf/Ladearm **118** und den enthaltenen Kopf **116** je nach Notwendigkeit neu zu positionieren, so dass der Kopf **116** genau die Spur **114** nachverfolgt.

[0109] Die Magnetplatte **112**, sowie der Arm **118**, der Kopf **116**, das Einstellelement **120** und die Phasenriegelschleife **124** können von einer herkömmlichen Konstruktion sein. Am meisten bevorzugt beinhaltet der Detektor **126** Modifikationen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, um die Verwendung von diesem Detektor innerhalb von bevorzugten Implementierungen eines Steuersystems zu ermöglichen. Ein akzeptabler Detektor wird in der Despain Anmeldung beschrieben und wird mit mehreren Einzelheiten nachstehend beschrieben. In Übereinstimmung mit der Erfindung arbeitet der Detektor **126** und die Positionsfehlersignal-Abschätzungsschaltung **130** zum Abschätzen des Positionsfehlers des Kopfs **116** mit einer Rate die wesentlich größer ist als diejenige, die für Festplattenlaufwerk-Steuersysteme herkömmlich ist. Er tut dies durch Bestimmen des tatsächlichen linearen Positionsfehlers jedes Mal, wenn der Servoburst innerhalb einer der Servokeile **122** durch den Kopf **116** erfasst wird. Zwischen den Servokeilen **122** und wenn der Kopf **116** die Daten entlang der Spur **114** liest, werden Werte der Positionsfehlersignal abgeleitet und verarbeitet und werden verwendet, um Werte der Verschiebung, die durch das Steuersystem korrigiert werden soll, verwendet.

[0110] Typischerweise werden die entlang der Spur **114** aufgezeichneten Daten in einem bestimmten Format codiert, dass eine Randbedingung den Daten auferlegt, die von dem System gespeichert werden. In dem vorliegenden Beispiel werden die Daten unter Verwendung von PRML codiert (partial response maximum likelihood), das besonders relevant für heutige Plattenlaufwerksindustrie ist. Der Detektor **126** umfasst einen Algorithmus zum Decodieren der Daten. Die Daten, so wie auf der Platte aufgezeichnet werden, weisen ein sich wiederholendes Timingmuster auf, das durch die Phasenriegelschleife **124** verwendet wird, um einen Referenztakt einzurichten. Dieser Decodierungs- und Fehlersignal-Erzeugungsprozess ist ähnlich wie derjenige, der in der Despain Anmeldung beschrieben wird, oder wie derjenige, der unter mit Bezugnahme auf **Fig. 24** beschrieben wird.

[0111] In dem gegenwärtigen Beispiel sind die Drehgeschwindigkeit der Platte **112** und der Abstand der Servokeile **122** derart, dass die Servobursts der Keile **122** veranlasst werden, an dem Kopf **116** bei einer Frequenz von 15 kHz vorbeizugehen. Natürlich werden andere Raten für andere Systemkonstruktionen charakteristisch sein. Jedes Mal, wenn die Servokeile **122** an dem Kopf **116** vorübergehen, wird ein lineares Signal des tatsächlichen Positionsfehlers erzeugt. Sowohl die Größe als auch das Vorzeichen eines derartigen Signals sind bekannt wegen der Art, der Servobursts die innerhalb der Servokeile **122** aufgezeichnet werden.

[0112] Zwischen den Servokeilen **122** tastet der Kopf **116** Nachverfolgungsfehlerdaten bei einer Rate ab, die viel höher als die Rate des Auftretens der Servokeilen **122** an dem Kopf **116** ist. In dem gegenwärtigen Beispiel könnte die Datenrate 240 kHz sein und könnte sogar größer sein, wie beispielsweise bei einer Rate von 300 kHz, wenn gewünscht und wie durch die Anforderungen des Systems vorgegeben. Das Timing ist derart, dass

ein Positionsfehlersignal aus den Daten innerhalb der Spur **114** bei einer Rate erzeugt wird, die um mehrere Faktoren höher als die Rate des Auftretens der Positionsfehlersignale ist, die durch das Erfassen der Servobursts innerhalb der Servokeile **122** erzeugt werden. Somit wird für jede Kette von vier Positionsfehlersignalen eines durch einen Sektor **122** erzeugt und die anderen drei könnten durch die Daten erzeugt werden, die entlang der Spur **114** aufgezeichnet sind. Demzufolge arbeitet das Positionsfehlersteuerungssystem bei einer Rate von 60 kHz in dem gegenwärtigen Beispiel. Dies ist ein Vierfaches der Abtastrate, die durch die Sektorservokeile **122** allein genommen verwendet wird.

[0113] In Übereinstimmung mit der Erfindung wird durch eine Positionsfehlerabschätzung unter Verwendung des Absolutwert-Typs des Positionsfehlers, der aus den entlang der Spur **114** aufgezeichneten Datensignalen abgeleitet werden kann, eine sehr viel höhere Abtastrate möglich. Aspekte des Betriebs der Positionsfehlersignal-Abschätzungsschaltung **130** werden mit näheren Einzelheiten nachstehend in Verbindung mit dem Blockdiagramm der [Fig. 17](#) beschrieben. [Fig. 17](#) illustriert schematisch Aspekte der logischen Operationen, die durch das Servosteuerungs-system **110** der [Fig. 16](#) und insbesondere der Positionsfehlersignal-Abschätzungsschaltung **130** ausgeführt werden. [Fig. 17](#) illustriert auch Aspekte der Modelle, die der Steuerlogik und dem Plattenlaufwerk zugrunde liegen. Die Diskussion der [Fig. 17](#) ist in vielerlei Aspekten allgemeiner als die Darstellung in [Fig. 16](#), die die Tatsache reflektiert, dass Aspekte des Steuerverfahrens für andere Systeme als Festplattenlaufwerke nützlich sind. In der Darstellung der [Fig. 17](#) stellt der Servomechanismus **140** und die nicht lineare Karte **142** das Festplattenlaufwerk außer der Positionsfehlersignal-Abschätzungsschaltung **130** dar. Die nicht lineare Karte **142** verbindet das beobachtete Fehlersignal mit der Verschiebung des Kopfes aus dessen nomineller Position. Der Ausgang von der Logikschaltung **154** der [Fig. 17](#) könnte an dem Einstellelement **120** ([Fig. 16](#)) bereitgestellt werden oder könnte allgemeiner umgewandelt werden, bevor er an dem Einstellelement **120** bereitgestellt wird.

[0114] Die Steuerlogikanordnung der [Fig. 17](#) empfängt als Eingänge von dem Festplattenlaufwerk die Messungen von dessen abgetasteten Ausgangssignalen, einschließlich sowohl der herkömmlichen, linearen Servoinformation, die aus den Sektorservokeilen abgeleitet wird, als auch der Absolutwert-Servoinformation, die aus einer Fehler- oder Beschränkungsinformationscharakteristik der auf der Festplatte gespeicherten Daten abgeleitet werden könnte. Unabhängig von der Quelle der Absolutwert-Servoinformation stellt das dargestellte Beispiel die lineare Servoinformation bei einer relativ niedrigen Rate und die absolute Servoinformation bei einer sehr viel höheren Rate bereit. Somit wird die lineare Servoinformation bei einer Frequenz von X_s kHz bereitgestellt und die Absolutwert-Servoinformation wird bei einer sehr viel höheren Frequenz X_f kHz bereitgestellt. Das Steuersystem arbeitet bei einer Frequenz von X_c kHz, die höher als X_s ist, aber allgemein niedriger als X_f kHz sein kann. Im gegenwärtigen Beispiel können die Frequenzen $X_s = 15$ kHz, $X_f = 240$ kHz und $X_c = 60$ kHz sein, aber diese Werte sind nur beispielhaft.

[0115] Für das Festplattenlaufwerk (Hard Disk Drive; HDD) des Beispiels ist y die Verschiebung bzw. Abweichung und $f(y)$ ist das beobachtbare PES entsprechend zu der Verschiebung und erzeugt aus einem Lesen der Datenspur. $f(y)$ wird als ein kontinuierliches Signal dargestellt und in der Praxis kann $f(y)$ bei Abtastfrequenzen wie 200 MHz verfügbar sein. Das Servosteuerungs-system ist dafür ausgelegt mit einer signifikant höheren Frequenz als die lineare Servoinformationsfrequenz zu arbeiten, weil der Betrieb mit der höheren Frequenz die bessere Spurnachverfolgung und Beruhigungseigenschaften von bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erlaubt.

[0116] Es ist nicht notwendig bei der höheren Frequenz der Absolutwert-Servoinformation zu arbeiten, um ein verbessertes Betriebsverhalten zu erhalten. In bestimmten Umständen wird nicht bevorzugt bei der höchsten Frequenz zu arbeiten, weil die benötigte Schaltungsanordnung komplexer ist und das sich ergebende System nicht so stabil sein kann, wie dies gewünscht ist. Es sollte erwähnt werden, dass ein optimales Steuersystem für eine Systemabtastinformation bei einer Rate von 15 kHz relativ unterschiedlich von einer optimalen Steuersystem-Abtastinformation bei 60 kHz ist. Ferner wird nicht erwartet, dass ein Steuersystem, welches geeignet ist zum Durchführen von Korrekturen unter der Verwendung einer Information, die bei einer Rate von 60 kHz abgetastet ist, optimal für ein System ist, welches bei einer Rate von 240 kHz arbeitet. Demzufolge könnten unterschiedliche mögliche Modelle der Systemdynamik bei unterschiedlichen Fällen in der Steuerlogik, die in [Fig. 17](#) dargestellt ist, verwendet werden. Das nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 20](#) beschriebene Steuersystem wird teilweise gewählt, um bei einer Frequenz von 60 kHz zu arbeiten, wobei bestimmte der Servoinformations-Abtastwerte (einer von 4) eine lineare Servoinformation mit einer beobachteten Größe und einem Vorzeichen darstellt und andere der Servoinformations-Abtastwerte, (3 von 4) eine Absolutwert-Servoinformation darstellen, die bei einer höheren Frequenz erhältlich ist, aber mit einem abgeschätzten Vorzeichen. Die Absolutwert-Servoinformations-Abtastwerte sind selbst das Ergebnis von mehreren Beobachtungen des Positionsfehlersignals.

[0117] Die Anordnung der [Fig. 17](#) umfasst einen Servomechanismus **140**, der eine Kopf-zu-Spur Verschiebung y bei Intervallen während eines normalen Betriebs erzeugt. In dem Servosteuerungssystem-Modell der [Fig. 17](#) stellt der Servomechanismus **140** die dynamischen Eigenschaften des Servomechanismus und das Ansprechverhalten davon in einer größtenteils herkömmlichen Weise dar. Die dargestellte Steuerlogik verwendet ein Zeit-invariantes Modell für die dynamischen Eigenschaften des Servomechanismus, beschrieben mit den folgenden Gleichungen:

$$\begin{aligned} X &= AX + Bu, X(0) = X_0 \\ y &= CX \end{aligned} \quad (1)$$

wobei X der Zustandsvektor ist, y der skalare Ausgang ist und u der skalare Eingang ist. Die Matrizen A , B , C weisen jeweils geeignete Dimensionen mit konstanten Koeffizienten auf. Dieses Modell ist eine Approximation eines komplexeren Modells der dynamischen Servoeigenschaften, das in einigen Fällen bevorzugt ist und nachstehend diskutiert wird. Ein einfaches Modell, welches die dominanten Charakteristiken der dynamischen Eigenschaften einfängt, wird in anderen Fällen bevorzugt, weil ein einfaches Modell zu einem einfacheren und hinsichtlich der Berechnungen weniger aufwendigen Algorithmus und einem weniger aufwendigen Steuerungsdesign führt.

[0118] Der Ausgang y des Servomechanismus **140** ist ein Eingang zu einer nicht linearen Karte **142** von y . Hierbei ist y die Verschiebung der gesteuerten Variablen, die nicht direkt beobachtbar ist, und die nicht lineare Karte erzeugt das Positionsfehlersignal, welches beobachtbar ist. Ein Beispiel der Karte **142** ist in [Fig. 18](#) gezeigt und entsprechend allgemein den Fehlerinformationsgraphen, der in den [Fig. 13](#) & [Fig. 14](#) dargestellt sind. Der Ausgang y wird in eine nicht lineare Funktion $f(y)$ umgewandelt, die die Fehlerrate darstellt. Ein gegebener Wert von $f(y)$ könnte durch zwei mögliche Werte von y , die y^+ und y^- sind, erzeugt werden. Die Karte **142** stellt dar, was in dem Plattenlaufwerk passiert, um das Positionsfehlersignal $f(y)$ zu erzeugen. An sich reflektiert diese Karte nicht eine logische Schaltungsanordnung, sondern illustriert anstelle davon, wie das Plattenlaufwerk die beobachtbare Variable erzeugt, die als eine Anzeige der Verschiebung verwendet werden kann.

[0119] Der Block **144** in der Anordnung der [Fig. 17](#) ist eine Abtast- und Halte-(S/H)Einrichtung, die den Wert von $f(y)$ bei einer Abtastfrequenz von X_f kHz abtastet und hält. Die S/H Einrichtung wird typischerweise als ein Haltevorgang, der nullten Ordnung (Zero Order Hold; ZOH) implementiert und kann in Hardware oder Software implementiert werden. In dem gegenwärtigen Beispiel ist $X_f = 240$ kHz, was bedeutet, dass Abtastwerte von $f(y)$ bei jedem $T_{240} = 10^{-3}/240$ Sekunden verfügbar sind. Der Ausgang der S/H Einrichtung **144** ist

$$f(y)_j = f(jT_{240})$$

was eine Sequenz von Schritten mit Werten $f(y)_j$ zu Zeiten $t = jT_{240}$, $j = 1, 2, \dots$ ist, mit anderen Worten $f(y)_j = f(y(t))$ für $jT_{240} \leq t < (j+1)T_{240}$.

[0120] Ein Block **146** gegenüberliegend zu dem Block **144** ist eine Abtast- und Halte-(S/H)-Einrichtung, die den Wert von y bei einer Abtastfrequenz von X_s kHz abtastet und hält. In dem vorliegenden Beispiel ist $X_s = 15$ kHz. Dies bedeutet, dass eine lineare Servoinformationskomponente bei niedriger Frequenz von y bei jedem $T_{15} = 10^{-3}/15$ Sekunden verfügbar. Der Ausgang der S/H Einrichtung ist eine Sequenz von Schritten mit Werten $y_k^- = y(kT_{15})$ zu der Zeit $t = kT_{15}$, $k = 1, 2, \dots$, d.h. $y_k^- = y(t)$ für $kT_{15} \leq t < (k+1)T_{15}$.

[0121] Die Abtast- und Halte-Einrichtung **144** ist mit einer inversen Karte **148** gekoppelt. Die inverse Karte **148** stellt die Invertierung der Funktion, die durch die nicht lineare Karte **142** bereitgestellt wird und die Invertierung der Funktion, die in [Fig. 18](#) geplottet ist, bereit. Wohingegen die nicht lineare Karte **142** die Fehlerrate $f(y)$ für den skalaren Wert y bereitstellt, stellt die inverse Karte **148** die skalaren Verschiebungswerte y_j^+ und y_j^- im Ansprechen auf die Fehlerrate $f(y)_j$ bereit. Insbesondere verwendet die inverse Karte **148** die abgetasteten Werte von $f(y)_j$ und die nicht lineare Abbildung, um die entsprechenden Sätze von möglichen Werten von y zu Zeitintervallen $t = jT_{240}$ zu ermitteln. Wie in [Fig. 18](#) gezeigt werden diese Werte mit y_j^- , y_j^+ bezeichnet. Für einen gegebenen Wert von $f(y)_j$ gibt es zwei mögliche Werte von y bei $t = jT_{240}$, d.h.

$$y_j^- = y^-(jT_{240}),$$

$$y_j^+ = y^+(jT_{240}).$$

[0122] Ein Ausgang der inversen Karte **148** und der Ausgang der Abtast- und Halte-Einrichtung **146** werden

an einen ersten Abschätzer **150** (Abschätzer 1) gekoppelt. Als eine praktische Vorgehensweise sind die inverse Karte **148** und die Abschätzer als Software implementiert, obwohl Aspekte in Hardware implementiert werden könnten. Der Abschätzer 1 wird durch die folgende Gleichungen beschrieben, in denen die Buchstaben A, B, C diskrete Formen der voranstehend diskutierten Matrizen anzeigen:

$$\hat{x}_{1,j+1} = A_{240}\hat{x}_{1,j} + B_{240}u_k + K_{240}(C_{240}\hat{x}_{1,j} - \bar{y}_j^+),$$

$$\hat{x}_1(jT_{240}) = IC_1$$

$$\hat{y}_{1,j} = C_{240}\hat{x}_{1,j}$$

mit

- $\hat{x}_{1,j} = \hat{x}_1(jT_{240})$ der Wert des Zustands \hat{x}_1 zu der Zeit $t = jT_{240}$

$$\bar{y}_j^+ = \begin{cases} y_k^+, j = 16\bar{k} \\ y_j^+, \text{ andernfalls} \end{cases}$$

[0123] Idealerweise sollte \bar{y}_j^+ gleich zu $y_j = y(jT_{240})$ sein. In diesem Fall kann eingerichtet werden, dass $\hat{x}_{1,j} \rightarrow x_j$, $\hat{y}_{1,j} \rightarrow y_j$; da $j \rightarrow \infty$ geht, wobei $x_j = x(jT_{240})$ ist. Mit anderen Worten, der Zustand des Abschätzers konvergiert auf den tatsächlichen Zustand des Systems. Da y_j nicht verfügbar ist, das heißt, es kann nicht beobachtet werden, wird der abgeschätzte Wert $y_k = y(kT_{15})$ verwendet. Dies ist die tatsächliche Messung von y bei $t = kT_{15}$ (diejenigen Intervalle, bei denen die lineare Servoinformation verfügbar ist) und für die Zeiten, zu denen y_k nicht verfügbar ist, wird die positive Verschiebung, die aus beobachteten PES erzeugt wird, unter Verwendung der inversen Karte **148** y_j^+ verwendet. Wegen der Konvention der Notation ist y_j^+ der Wert von $y_j = y(jT_{240})$, wenn y_j positiv ist oder y_j^- , wenn y_j negativ ist. Da aus der Messung $f(y_j)$ zwei mögliche Werte y_j^+ , y_j^- erhalten werden, schätzt der Abschätzer 1 die Werte von y_j^+ ab und ein zweiter Abschätzer nimmt den Wert von y_j^- an. Der zweite Abschätzer (Abschätzer 2) ist mit einem Block **152** in [Fig. 17](#) dargestellt.

- A_{240} , B_{240} , C_{240} sind die entsprechenden Matrizen, die durch Diskretisierung des Servomechanismus **140** mit einer Abtastperiode $T_{240} = 10^{-3}/240$ Sekunden erhalten wird. Sie werden mit den folgenden Beziehungen gegeben:

$$A_{240} = e^{AT_{240}}, \quad B_{240} = \int_0^{T_{240}} e^{A(T_{240}-\tau)} B d\tau$$

$$C_{240} = C$$

- $u_k = u(kT_{60})$ ist der Stellglied-Eingang zu dem Servomechanismus **140** bei $t = kT_{60}$, $k = 1, 2, \dots$ durch den Controller zu erzeugen, wobei $T_{60} = 10^{-3}/60$ Sekunden die von der Regelschleife verwendete Abtastperiode ist.

- K_{240} ist eine Designmatrix, die so gewählt ist, dass die Matrix $A_{240} + K_{240}C$ Eigenwerte mit einer Größe kleiner als eins und nahe zu Null aufweist. Der Ort der Eigenwerte beeinflusst die Geschwindigkeit des Ansprechverhaltens des Abschätzers dahingehend, dass das System schneller ist, wenn sie nahe zu Null sind.

- $\hat{x}_1(jT_{240}) = IC_1$ zeigt die Initialisierung der Sequenz zur Zeit $t = jT_{240}$, für irgendeine ganze Zahl j bis IC_1 , erzeugt durch den nicht linearen Logikblock **154**, der mit den Ausgängen der Abschätzer **150** und **152** gekoppelt ist.

- $\hat{y}_{1,j} = \hat{y}_1(jT_{240})$ ist der Ausgang des Abschätzers 1.

[0124] Es sei darauf hingewiesen, dass dann, wenn für jedes j , y_j positiv ist, was bedeutet, dass y_j^+ der Wert von y ist, der $f(y_j)$ erzeugt hat, dann der Abschätzer 1 annimmt, dass $\hat{y}_j \rightarrow y_j$ ist, wenn $j \rightarrow \infty$ geht.

[0125] Der Abschätzer 2, der der Block **152** in [Fig. 17](#) ist, wird mit den folgenden Gleichungen beschrieben:

$$\hat{x}_{2,j+1} = A_{240}\hat{x}_{2,j} + B_{240}u_k + K_{240}(C_{240}\hat{x}_{2,j} - \bar{y}_j^-),$$

$$\hat{x}_2(jT_{240}) = IC_2$$

$$\hat{y}_{2,j} = C_{240}\hat{x}_{2,j}$$

mit

$$\bar{y}_j^+ = \begin{cases} y_{\bar{k}}, j = 16\bar{k} \\ y_j^+, \text{ andernfalls} \end{cases}$$

- $A_{240}, B_{240}, K_{240}, C_{240}, u_k$ sind wie beim Abschätzer 1 definiert.
- $\hat{x}_2(jT_{240}) = IC_2$ zeigt die Initialisierung der Sequenz $\hat{x}_{2,j}$ zur Zeit $t = jT_{240}$ auf den Wert IC_2 , der durch die nicht lineare Logik **154** erzeugt wird.
- Der Ausgang des Abschätzers 2 ist $\hat{y}_{2,j} = \hat{y}_2(jT_{240})$ zur Zeit $t = jT_{240}$.

[0126] Der Abschätzer 2 nimmt an, dass der Wert von y bei der inversen Abbildung von $f(y)$ negativ ist und verwendet y_j^- für den möglichen Korrekturwert von y bei $t = jT_{240}$ mit der Ausnahme von Fällen der Zeit, bei der $j = 16\bar{k}$ ist, d.h. die lineare Servoinformation verfügbar ist, wobei in diesem Fall der gemessene Wert von y , $y_{\bar{k}} = y(kT_{15})$ verwendet wird.

[0127] Die Eingänge zu dem nicht linearen logischen Block **154** sind $\hat{y}_{1,j} = \hat{y}_1(jT_{240}), \hat{y}_{2,j} = \hat{y}_2(jT_{240}), y_{\bar{k}} = y(kT_{15})$ und y_j^+, y_j^- , wobei j, k die Zeitindices sind, die den Abtastfrequenzen 240 kHz (Servo mit hoher Frequenz) bzw. 15 kHz (lineare Servo) entsprechen. Der Ausgang des Logikblocks **154** ist die Abschätzung des Signals y bei $t = kT_{60}$ und wird mit $\hat{y}_k = \hat{y}(kT_{60})$ bezeichnet, wobei k der Zeitindex entsprechend zu der Abtastsequenz von 60 kHz ist. Die Beziehung der Indices ist in **Fig. 19** gezeigt.

[0128] Der Index \bar{k} entspricht der Zeit $t = \bar{k}T_{15}$

[0129] Der Index k entspricht der Zeit $t = kT_{60}$

[0130] Der Index j entspricht der Zeit $t = jT_{240}$

[0131] \hat{s}_k ist die Abschätzung des Vorzeichens s_k von $y_k = y(kT_{60})$. Die Funktionen der nicht linearen Logikschaltung **154** werden wie folgt beschrieben:

1. Wenn $j = 16\bar{k}$ ist, dann ist $\hat{s}_k = \text{sgn}(y_{\bar{k}})$, mit anderen Worten, wenn $j = 16\bar{k}$ ist, bedeutet dies, dass der Zeitpunkt $t = \bar{k}T_{60}$ ist. Da der Wert der linearen Servoinformation $y_{\bar{k}} = y(kT_{60})$ zu diesem Zeitpunkt verfügbar ist, ist das Vorzeichen von $y_{\bar{k}}$ bekannt und wird zur Verwendung durch das Steuersystem ausgegeben.
2. Wenn y_j^+ oder $f(y_j)$ bei $j = 4k$ größer als $\varepsilon\%$ der Spurbreite ist, d.h., der Kopf wird ausreichend weit weg von der nominellen Zielspurposition verschoben, dann gilt $\hat{s}_k = \hat{s}_{k-1}$. Der Anfangswert der Vorzeichenabschätzung wird so gewählt, dass er das tatsächliche Signal bei dem letzten Abtastintervall ist. Mit anderen Worten, wenn der Wert von y_j^+ oder $f(y_j) > \varepsilon\%$ ist, wobei $\varepsilon > 0$ eine Zahl ist, die den Rauschpegel anzeigt, wird keine Vorzeichenänderung von dem vorangehenden Schritt angenommen und deshalb bleibt das Vorzeichen das gleiche. Der Wert von ε wird z.B. so gewählt, dass er geringfügig höher als der Rauschpegel an dem Ausgang y ist.
3. Wenn y_j^+ oder $f(y_j)$ bei $j = 4k$ kleiner als $\varepsilon\%$ ist, dann gibt es zwei Fälle:
 - 3a. Fall I Der Wert von y_{pk} von y_k wird unter Verwendung des Filters

$$\hat{y}_{pk} = 2\hat{y}_k - \hat{y}_{k-1}$$

vorhergesagt, das unter Verwendung einer linearen Interpolation zwischen \hat{y}_{k-1} und \hat{y}_{k-2} entwickelt wird. Wenn

$$\text{sgn}(\hat{y}_{pk}) = \text{sgn}(\hat{y}_{k-1})$$

ist, dann gilt: $\hat{s}_k = \hat{s}_{k-1}$.

Mit anderen Worten, wenn das Vorzeichen des interpolierten nächsten Schrittwerts von y_k so vorhergesagt wird, dass es das Vorzeichen der Abschätzung \hat{y}_{k-1} in dem vorangehenden Schritt ist, dann wird keine Vorzeichenänderung erwartet und deshalb ist $\hat{s}_k = \hat{s}_{k-1}$.

3b. Fall II Wenn $\text{sgn}(\hat{y}_{pk}) \neq \text{sgn}(\hat{y}_{k-1})$ ist, dann gilt:

$$\hat{s}_k = \begin{cases} 1, & \text{if } (\hat{y}_{1,j}^2 - y_j^{+2})^2 < (\hat{y}_{2,j}^2 - y_j^{-2})^2, \quad j = 4k \\ -1, & \text{ansonsten} \end{cases}$$

und

$$IC_1 = \hat{x}_{2,j} \text{ wenn } \hat{s}_k = -1 \text{ und } j = 4k$$

$$IC_2 = \hat{x}_{1,j} \text{ wenn } \hat{s}_k = +1 \text{ und } j = 4k$$

[0132] Mit anderen Worten, wenn das Vorzeichen des vorhergesagten Werts von y_k sich von dem Vorzeichen der Abschätzung \hat{y}_{k-1} in dem vorangehenden Schritt unterscheidet, dann wird erwartet, dass sich das Vorzeichen von y_k sich in diesen Zeitintervallen ändert. In diesem Fall wird der voranstehend diskutierte Vergleich durchgeführt, um zu bestimmen, wie nahe die Ausgänge der Abschätzer zu den angenommenen richtigen Werten von y_j^+ , y_j^- sind. Wenn z.B. y_j positiv war, dann war y_j^+ der richtige Wert, und wenn y_j negativ war, dann war y_j^- der richtige Wert. Deshalb wird der Abschätzer, der den richtigen Wert verwendet hat, einen abgeschätzten Ausgang haben, der näher zu dem richtigen Wert ist. Wenn z.B.

$$(\hat{y}_{1,j}^2 - y_j^{+2})^2 < (\hat{y}_{2,j}^2 - y_j^{-2})^2$$

bei $j = 4k$ erfüllt ist, dann bedeutet dies, dass der Abschätzer 1 derjenige ist, der den richtigen Wert verwendet hat, was wiederum impliziert, dass y_j erwartungsgemäß positiv ist, mit anderen Worten, $\hat{s}_k = 1$. Wenn die obige Ungleichung nicht erfüllt ist, dann würde dies implizieren, dass der Abschätzer 2 der richtige ist und $\hat{s}_k = -1$ ist. Der unrichtige Abschätzer muss seinen Zustand neu initialisiert auf denjenigen des richtigen Abschätzers haben, um zu verhindern, dass sich die vorangehenden Abschätzungsfehler ausbreiten. Deshalb werden die Anfangsbedingungen IC_1 , IC_2 für die Abschätzer wie oben angedeutet gewählt.

1. Abschätzen von \hat{y}_k

[0133] Die Abschätzung von \hat{y}_k wird wie folgt gebildet:

$$\hat{y}_k = \begin{cases} y_{\bar{k}} & \text{wenn } k = 4\bar{k} \\ \hat{y}_{1,j} & \text{wenn } \hat{s}_k = +1 \text{ und } j = 4k \text{ aber } k \neq 4\bar{k} \\ \hat{y}_{2,j} & \text{wenn } \hat{s}_k = -1 \text{ und } j = 4k \text{ aber } k \neq 4\bar{k} \end{cases}$$

[0134] Mit anderen Worten, die Abschätzung $\hat{y}_k = \hat{y}(kT_{60})$ ist die Operation bei dem Zeitpunkt ($k = 4\bar{k}$), wobei $y_{\bar{k}}$, der tatsächliche abgetastete Wert von y verfügbar ist und verwendet wird, weil die lineare Servoinformation sowohl die Größe als auch das Vorzeichen für die Verschiebung bereitstellt. Wenn nicht, dann wird der Ausgang des Abschätzers zu allen anderen Zeitintervallen verwendet, in Abhängigkeit von dem Wert von \hat{s}_k . Wenn $\hat{s}_k = 1$ ist, dann wird der Ausgang des Abschätzers 1 verwendet, und wenn $\hat{s}_k = -1$ ist, dann wird der Ausgang des Abschätzers 2 verwendet.

[0135] Der abgeschätzte Wert von \hat{y}_k von y bei $t = kT_{60}$ wird verwendet, um einen Controller zu konstruieren, um bei einer Frequenz von 60 kHz zu arbeiten. Die Konstruktion eines geeigneten Servosystems ist herkömmlich und kann z.B. in Übereinstimmung mit den allgemeinen Lehren des Kapitels 14 von Franklin et al., Digital Control of Dynamic Systems, 649–687 (1998) konstruiert werden, wobei dieses Kapitel das sogenannte Workman Modell beschreibt. Das Blockdiagramm des Controllers zusammen mit den Blöcken zum Erzeugen von y_k sind in [Fig. 20](#) gezeigt. Das dargestellte Steuersystem, einschließlich der Abschätzer, der nicht linearen Logik und des Controllers, wird vorzugsweise unter Verwendung von Software implementiert, z.B. innerhalb eines digitalen Signalprozessors, wie gegenwärtig herkömmlich in dem technischen Gebiet ist.

[0136] Die Anordnung der [Fig. 20](#) umfasst einen Controller-Beobachter **160**, der den Beobachter darstellt, der den abgeschätzten Wert von y verwendet, um eine Abschätzung des Zustands x des Modells des Servomechanismus zu Zeitpunkten $t = kT_{60}$ zu erzeugen, wobei $T_{60} = 10^{-3}/60$ Sekunden ist. Der Controller **160** wird mit den folgenden Gleichungen beschrieben

$$\hat{x}_{k+1} = A_{60}\hat{x}_k + B_{60}u_k + G_{60}[C_{60}\hat{x}_k - \hat{y}_k]$$

mit:

- A_{60} , B_{60} , C_{60} die diskreten Zeitmatrizen des dynamischen Modells (1) des Servomechanismus abgetastet bei 60 kHz sind, mit anderen Worten:

$$A_{60} = e^{AT_{60}}, B_{60} = \int_0^{T_{60}} e^{A(T_{60}-\tau)} B d\tau$$

$$C_{60} = C$$

• G_{60} eine Matrix ist, die so gewählt ist, dass die Eigenwerte von $A_{60} + G_{60}C_{60}$ eine Größe kleiner als Eins und nahezu Null haben.

[0137] Die Anordnung der [Fig. 20](#) umfasst den Block **162**, der ein Steuersignal u_k im Ansprechen auf den Eingang einer Abschätzung der Variablen x ausgibt. Das Ausgangssteuersignal wird folgendermaßen gegeben:

$$u_k = -K_{60} \hat{x}_k$$

mit:

- K_{60} eine Controller-Verstärkungsmatrix ist, die so konstruiert ist, dass die Größen der Eigenwerte der Matrix $A_{60} - B_{60}K_{60}$ kleiner als Eins sind und in anderen Bereichen, um die Steuerziele zu erfüllen. Der Wert von K_{60} kann unter Verwendung eines H_∞ Frequenzdomänen-Ansatz oder anderen geeigneten Verfahren gewählt werden. Für den Fall eines Festplattenlaufwerks (HDD) ist y die Verschiebung und die Controllerverstärkung K_{60} wird vorzugsweise dafür ausgelegt, um die folgenden Ziele zu erfüllen:
- Erreichen einer Spursuche in weniger als 1,5 Millisekunden. Eine Spursuche wird als vollständig angenommen, wenn die Verschiebung weniger als 3% der Spurbreite ist.
- Die Systembandbreite der geschlossenen Schleife sollte nicht 1,5 kHz überschreiten, um eine Anregung der Hochfrequenzmoden des Systems zu vermeiden.
- Die maximale Spitze der komplementären Empfindlichkeit und der Empfindlichkeitsfunktionen sollte 3–4 dB nicht überschreiten, um eine Verstärkung von Störungen zu vermeiden, und ausreichende Systemberuhigungszeit und Systemrobustheit zu ermöglichen. Die Funktionen der komplementären Empfindlichkeit H_{cs} und der Empfindlichkeit H_s werden jeweils wie folgt definiert:

$$H_{cs} = \frac{K(s)H(s)}{1 + K(s)H(s)}, H_s = \frac{1}{1 + K(s)H(s)}$$

wobei $K(s)$ die Controller-Übertragungsfunktion bezeichnet und $H(s)$ die Übertragungsfunktion der dynamischen Eigenschaften des Festplattenlaufwerks bezeichnet. Es sei darauf hingewiesen, dass das bestimmte Servosteuerungsmodell für jedes Plattenlaufwerk angepasst werden wird und im allgemeinen für jedes bestimmte Laufwerk, um ein optimales Betriebsverhalten zu erhalten.

[0138] In den Simulationen, die in den Graphen mit den [Fig. 21](#) und [Fig. 22](#) dargestellt sind, wurde das folgende Übertragungsfunktionsmodell verwendet, das die dynamischen Eigenschaften des Festplattenlaufwerks beschreibt:

$$Y(s) = \frac{k_v k_y}{s(s + k_f / m)} \sum_{j=1}^4 \frac{b_{2j} \omega_j + b_{2j-1} \omega_j^2}{s^2 + 2\zeta_j \omega_j s + \omega_j^2} U(s)$$

(2)

wobei $Y(s)$, $U(s)$ die Laplace Transformationen der Kopfposition bzw. des Stellgliedeingangs bezeichnen. Die Parameter des Modells sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

TABELLE 1: SYSTEMPARAMETER

Parameter	Beschreibung	Wert	Einheiten
m	sich bewegende Masse des Aktuators	0,2	Kilogramm
K_t	Kraftkonstante	20	Newton/Amp
$k_v = k_t/m$	Normalisierungskonstante	200	
K_y	Positionsmessungs-Verstärkung	10 000	Volts/M
K_f	Konstante der viskosen Reibung	2,51	N-Sek./M
ω_1	Resonanz : VCM Isolator	$2\pi 70$	Rad/Sek.

ω_2	Resonanz : Kopfaufhängung	$2\pi 2200$	Rad/Sek.
ω_3	Resonanz : Aktuatorarm-Träger	$2\pi 4000$	Rad/Sek.
ω_4	Resonanz : Spulenaufbau	$2\pi 9000$	Rad/Sek.
B_1	Erste Resonanzkopplung	-0,00575	-
B_2	Erste Resonanzkopplung	0,0000115	sec ⁻¹
B_3	Zweite Resonanzkopplung	0,0230	-
B_4	Zweite Resonanzkopplung	0	sec ⁻¹
B_5	Dritte Resonanzkopplung	0,8185	-
B_6	Dritte Resonanzkopplung	0	sec ⁻¹
B_7	Vierte Resonanzkopplung	0,1642	-
B_8	Vierte Resonanzkopplung	0,0273	sec ⁻¹
ζ_1	Erste Resonanzdämpfung	0,05	-
ζ_2	Zweite Resonanzdämpfung	0,005	-
ζ_3	Dritte Resonanzdämpfung	0,05	-
ζ_4	Vierte Resonanzdämpfung	0,005	-

[0139] Eine vorsichtige Betrachtung des Übertragungsfunktionsmodells, das durch die Gleichung (2) gegeben wird, die voranstehend für den Servomechanismus **140** der **Fig. 17** angegeben wurde, schlägt vor, dass der Modus entsprechend zu der ersten Resonanzfrequenz von 70 Hz vorzugsweise für Steuerkonstruktionszwecke vernachlässigt wird. Die nächsten Resonanzfrequenzen sind bei 2,2 kHz, 4 kHz und 9 kHz. Wenn die Bandbreite der geschlossenen Schleife kleiner als 1,5 kHz gehalten wird, dann können die Moden entsprechend zu diesen Frequenzen für Steuerzwecke vernachlässigt werden. Diese Erwägungen führen zu der folgenden Approximation:

$$\sum_{j=1}^4 \frac{b_{2j}\omega_j + b_{2j-1}\omega_j^2}{s^2 + 2\zeta_j\omega_j s + \omega_j^2} \approx 1$$

und deshalb können die dynamischen Eigenschaften des Festplattenlaufwerks durch das folgende Übertragungsfunktionsmodell approximiert werden:

$$Y(s) = \frac{10^6}{s(s+10)} U(s)$$

was die Dynamik der reduzierten Ordnung darstellt, die für Steuerzwecke verwenden werden soll und auch mit

Gleichung (2) des Servomechanismus **140** beschrieben wird. Der Servocontroller ist auf Grundlage des Modells der reduzierten Ordnung konstruiert, wird aber unter Verwendung des Systems der vollen Ordnung symbolisiert und analysiert.

[0140] [Fig. 21](#) zeigt Plots der tatsächlichen Verschiebung und deren Abschätzung wie durch die in [Fig. 17](#) gezeigte Anordnung erzeugt. Ein Plot **170** ist von der tatsächlichen Verschiebung, während ein Plot **172** von dessen Abschätzung ist. Wie gezeigt, sind die Plots im wesentlichen identisch und können in dieser Ansicht nicht unterschieden werden, sogar wenn ein Impuls **174** an die Systeme angelegt wird. Dies zeigt einen hohen Grad der Genauigkeit in den vorhergesagten Positionen, so wie für die dynamischen Eigenschaften, für die beschriebene Absolutwert-Steuermethodologie an.

[0141] [Fig. 22](#) zeigt die Kopfverschiebung als eine Funktion der Zeit während und nach einer Störung, die den Kopf verschiebt, und zwar unter Verwendung des Controllers mit der gleichen Struktur wie der voranstehend beschriebene, für zwei unterschiedliche Fälle. In einem Fall, der herkömmliche Systeme darstellt, findet keine Abschätzung der Verschiebung statt und das lineare Servosignal bei 15 kHz wird verwendet. Der Controller arbeitet auch bei der 15 kHz Frequenz. Der obere Plot **176** in [Fig. 22](#) zeigt die Kopfverschiebung als eine Funktion der Zeit für den 15 kHz Fall. Der untere Plot **178** zeigt die Kopfverschiebung als eine Funktion der Zeit, wenn der abgeschätzte Wert des PES bei 240 kHz abgetastet wird und der Controller bei 60 kHz arbeitet, wie in [Fig. 20](#) gezeigt. Wie dargestellt, zeigt das Plattenlaufwerk, das in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Erfindung gesteuert, ein signifikant besseres Ansprechverhalten und eine bessere Stabilität im Vergleich mit herkömmlichen Systemen auf.

[0142] [Fig. 23](#) zeigt die Kopfverschiebung als eine Funktion der Zeit nach einer Spursuche unter Verwendung des voranstehend beschriebenen Controllers für die gleich zwei Fälle, die unter Bezugnahme auf [Fig. 22](#) diskutiert wurden. In einem Fall, der herkömmliche Systeme darstellt, findet keine Abschätzung der Verschiebung statt und das lineare Servosignal bei 15 kHz wird für eine Positionssteuerung verwendet. Der Controller arbeitet bei der 15 kHz Frequenz. Die y-Achs-Verschiebung wird in Einheiten der Spurbreite gemessen und die x-Achsen-Zeit wird in Millisekunden gemessen. Der obere Plot **180** in [Fig. 23](#) zeigt die Kopfverschiebung als eine Funktion der Zeit für den 15 kHz Fall. Der untere Plot **182** zeigt die Kopfverschiebung als eine Funktion der Zeit, wenn der abgeschätzte Wert von PES bei 240 kHz abgetastet wird und der Controller bei 60 kHz arbeitet, wie in [Fig. 20](#) gezeigt. Wie dargestellt, stellt das Plattenlaufwerk, das in Übereinstimmung mit Aspekten der vorliegenden Erfindung gesteuert wird, ein signifikant besseres Ansprechverhalten und eine bessere Stabilität im Vergleich mit herkömmlichen Systemen bereit. Zum Beispiel wird das schnellere Ansprechverhalten und die schnellere Beruhigungszeit dargestellt bei der Erzeugung einer Suchzeitverbesserung in der Größenordnung von einer halben Millisekunde.

[0143] Wie voranstehend diskutiert, ist die bevorzugte Quelle für Positionsfehlersignale (PES) für eine Positionssteuerung eines Kopfs in Bezug auf eine Spur in einem Plattenlaufwerk die Daten innerhalb der Spur selbst. Insbesondere werden die bevorzugten PES Signale aus Information über Fehlercharakteristiken der Daten oder den Datensignalen, die auf der Platte gespeichert sind, abgeleitet. Eine andere diesbezügliche bevorzugte Quelle von PES wird aus Beschränkungsinformationscharakteristiken der Daten oder der Datensignale in Verbindung mit den Daten oder Datensignalen selbst abgeleitet. Die Ableitung dieser Art von Fehler- und Beschränkungsinformation wird in der voranstehend angegebenen und eingebauten Despain Anmeldung beschrieben.

[0144] [Fig. 24](#) illustriert, was allgemein als der Lesekanal eines Festplattenlaufwerks bekannt ist, der typischerweise auf einem einzelnen Chip verkörpert wird, manchmal als eine ASIC (anwendungsspezifische integrierte Schaltung; Application Specific Integrated Circuits), manchmal als ein spezialisierter Chip und manchmal als ein Satz einer Funktionalität innerhalb eines Chips für eine digitale Signalverarbeitung (DSP Chip). Einzelne Schaltungselemente des Lesekanalchips sind Durchschnittsfachleuten in dem technischen Gebiet vertraut und werden in Patenten, wie dem U.S. Patent Nr. 5585975, U.S. Patent Nr. 5754353 und U.S. Patent Nr. 5961658 beschrieben. Jedes von diesen Patenten bezieht sich auf den Aufbau und die Funktion der Schaltungselemente und Ansammlungen von Elementen, die in [Fig. 24](#) dargestellt sind. In den meisten herkömmlichen Plattenlaufwerken wird ein Lesekanalchip, der in vielerlei Weisen ähnlich zu demjenigen sein kann, der in [Fig. 24](#) dargestellt wird, verwendet, um die lineare Servoinformation, die in den Sektorservokeilen von herkömmlichen Plattenlaufwerken bereitgestellt wird, zu empfangen und zu verarbeiten. Zum Beispiel werden Aspekte einer derartigen Verwendung in dem U.S. Patent mit der Nummer 5825579 beschrieben.

[0145] Der in [Fig. 24](#) dargestellte Lesekanal ist speziell ausgelegt für die Umsetzung von Aspekten der vorliegenden Erfindung und der Steuerverfahren und Systeme, die in der Despain Anmeldung beschrieben wer-

den. Mehrere Maße der Qualität oder Äquivalentfehler werden in dem Lesekanalchip der [Fig. 24](#) erzeugt. Am meisten bevorzugt wird wenigstens eines von diesen Fehlermaßen als ein Ausgang, von dem in [Fig. 24](#) dargestellten Chip bereitgestellt. Zum Beispiel könnten ein oder mehrere Fehlermaße an einem entsprechenden einen oder mehreren der Ausgangsanschlüsse oder der Ausgangsstifte des Chips bereitgestellt werden. Ein derartiger Ausgangsanschluss oder Stift ist eine besonders bevorzugte Quelle der Absolutwert-PES-Signale, die in besonders bevorzugten Implementierungen der vorliegenden Erfindung innerhalb Festplattenlaufwerk-Umgebungen verwendet werden.

[0146] Bezug nehmend auf [Fig. 24](#) wird der Lesekopf **200** mit einer Schattierung identifiziert, um anzuzeigen, dass er nicht auf dem Lesekanalchip ist, sondern anstelle davon die Signale bereitstellt, die der Lesekanalchip verarbeitet. Signale, die von dem Lesekopf **200** ausgegeben werden, werden an einem Vorverstärker **202** bereitgestellt, der eine herkömmliche Breitbandverstärkung ausführt. Der Ausgang von dem Vorverstärker **202** wird an dem Verstärker **204** mit variabler Verstärkung bereitgestellt, dessen Verstärkung so eingestellt wird, dass die an dem Rest der Schaltungsanordnung dargebotenen Signale eine Amplitude innerhalb eines Bereichs von akzeptablen Amplituden aufweisen. Die Logik **206** für die automatische Verstärkungssteuerung (Automatic Gain Control; AGC) erfasst Signalpegel und bestimmte andere Signalcharakteristiken aus einer Digitalisierungs- und Ausgleichungs-Schaltungsanordnung innerhalb des Lesekanalchips und leitet von diesen Signalen die Verstärkung für den Verstärker **204** mit variabler Verstärkung ab. Die AGC Logik **206** stellt die Verstärkung an dem Digital-zu-Analog-Wandler **208** bereit, der wiederum die Verstärkung an den Verstärker **204** mit variabler Verstärkung liefert.

[0147] Das Signal, das von dem Verstärker mit variabler Verstärkung ausgegeben wird, ist analog und weist Spitzenspannungen auf, die genauer in dem gewünschten Bereich sind. Der Verstärker mit variabler Verstärkung ist mit einem analogen Equalizer **210** gekoppelt. Der analoge Equalizer **210** stellt den Signalpegel über einem Bereich von empfangenen Frequenzen ein, um einige der frequenzabhängigen Effekte des Lesekopfs und anderer Teile der Lesekanal-Schaltungsanordnung zu entfernen. Nach der Ausgleichung (Equalization) wird das Signal an dem Analog-zu-Digital-Wandler **212** bereitgestellt, der in Übereinstimmung mit einem Taktsignal arbeitet, das durch die Taktrückgewinnungs-Schaltungsanordnung **214** bereitgestellt wird, um die angegebenen analogen Signale zu filtern. Wie in [Fig. 24](#) dargestellt, umfasst die Taktrückgewinnungs-Schaltungsanordnung **214** einen Detektor mit einer Phasenregelschleife (Phase Locked Loop; PLL) zum Identifizieren und Extrahieren der Taktinformation und einen spannungsgesteuerten Oszillator (Voltage Controlled Oscillator; VCO) zum Erzeugen eines Taktsignals, das für den Rest der Schaltungsanordnung in dem Lesekanalchip geeignet ist.

[0148] Der Ausgang des Analog-zu-Digital-Wandlers **212** wird an einen zweiten Equalizer **216** ausgegeben, der verwendet wird, um das Signal weiter auszugleichen. In der dargestellten Schaltung wird die zweite Equalization-Schaltung in der Form eines Filters mit endlicher Impulsantwort (Finite Impulse Response; FIR). Die Ausgleichung bzw. Equalization, die von dem FIR Filter **216** bereitgestellt wird, wird in Übereinstimmung mit den erfassten Signalpegeln eingestellt, um die durch die Schaltung empfangenen Daten aufzunehmen. Dieser adaptive Ausgleichungsprozess wird durch Einstellen der Gewichtung des FIR Filters unter Verwendung von Information, die durch einen Slicer (Abtrenneinheit) **218** bereitgestellt wird, durchgeführt. Der Slicer **218** erzeugt abgeschätzte Abtastwerte durch Vergleichen von individuellen Abtastwerten mit erwarteten Abtastwerten. Zum Beispiel könnte der Slicer jeden Abtastwert, der empfangen wird, mit Werten vergleichen, die für Logiksignale von +1, 0 und -1 gesetzt sind, und jedem Abtastwert das logische Signal zuweisen, welches am engsten mit dessen Wert übereinstimmt. Diese Abschätzungen werden zum Einstellen der Verstärkung, zum Einstellen der Taktrückgewinnungs-Schaltungsanordnung und zum Einstellen des Equalization-Prozesses verwendet.

[0149] Als Teil der Funktionen des Slicers **218** erzeugt der Slicer ein Maß der Kanalqualität durch Vergleichen von jedem der Werte, die durch den Slicer empfangen werden, die durch den Slicer empfangen werden, mit dem Wert, der der Slicer diesem Abtastwert zugewiesen hat. Zum Beispiel kann eine Differenzmessung für jeden Abtastwert berechnet werden. Ein erster Abtastwert, der an dem Slicer bereitgestellt wird, weist eine Spannung VS auf. Der Slicer bestimmt, dass die Spannung VS am nächsten im Wert zu der Spannung V1 ist, die für Abtastwerte erwartet wird, die dem logischen Wert +1 entsprechen. Dem Abtastwert wird vorläufig der logische Wert +1 zugewiesen, und der Slicer kann dann ein Fehlermaß für diesen Abtastwert gleich zu VS - V1 erzeugen. Alternativ könnte das Fehlermaß für diesen Abtastwert dem Absolutwert dieser Differenz oder dem Quadrat dieser Differenz entsprechen. Verschiedene statistische Analysen können für die gesammelten Fehlermaße, die durch Sequenzen von Abtastwerten erzeugt werden, ausgeführt werden. Diese gesammelten Fehlermaße stellen herkömmlicherweise den mittleren quadrierten Fehler (Mean Squared Error; MSN) und das Kanalqualitätsmaß (Channel Quality Measure; CQM) innerhalb des Chips bereit.

[0150] Das von dem Slicer ausgegebene Fehlermaß wird typischerweise auf dem Lesekanalchip akkumuliert, um das Betriebsverhalten des Chips oder des Speichersystems auszuwerten. In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung wird jedoch das durch den Slicer **218** erzeugte Fehlermaß an einem der Ausgangsstifte oder Ausgangsanschlüsse für den Chip bereitgestellt. Dieses Fehlersignal weist Absolutwert-Qualitäten auf und wird bei einer Rate erzeugt, die so hoch wie die Datenrate sein kann. An sich ist das Signal besonders nützlich bei der Umsetzung von Aspekten der vorliegenden Erfindung.

[0151] Bezug nehmend wiederum auf [Fig. 24](#) wird das ausgeglichene Datensignal, das von dem FIR Equalization-Filter **216** ausgegeben wird, von dem Datensequenzdetektor **220** ausgegeben. Der dargestellte Detektor ist vorzugsweise geeignet für das Datenkodierungsverfahren, welches beim Speichern der Daten auf der Oberfläche der Speicherplatte verwendet wird. In bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird ein Viterbi Decoder für den Datensequenzdetektor **220** verwendet. Die Konstruktion und Verwendung von derartigen Detektoren ist altbekannt und wird z.B. in dem voranstehend angegebenen Patent und dem U.S. Patent Nr. 5754353 dargestellt.

[0152] [Fig. 25](#) illustriert Aspekte des Dekodierens innerhalb eines Viterbi Decoders. Der Trelles-ähnliche Graph illustriert die Zeitveränderungen der Signalwerte **222**, die in dem Decoder **220** eingegeben werden. Aus Sequenzen von Abtastwerten bestimmt der Decoder, welche Werte bestimmte Sequenzen von Abtastwerten am wahrscheinlichsten aufweisen. Die Sequenz der wahrscheinlichsten Werte wird auf dem Graph der [Fig. 25](#) mit fetten Punkten **224** angedeutet. Die Anpassung der wahrscheinlichsten Datensequenz zum Identifizieren der Ausgangsdaten stellt die Verwendung einer Randbedingung dar, so wie dieser Term hier und in der voranstehend diskutierten Despain Anmeldung verwendet wird.

[0153] Der Decoder **220** gibt die Sequenz der am besten passenden Datenpunkte **224** als den Datenausgang von der Lesekanal-Schaltungsanordnung aus. Der Decoder **220** erzeugt auch ein Fehlermaß für jeden Abtastwert, der sich auf die Differenz zwischen dem dem Viterbi Decoder zugewiesenen Wert (**224**) und dem tatsächlich empfangenen Wert (**222**) bezieht. Diese Differenz **226** wird in dem Graph als graue Pfeile identifiziert, die zu jedem der Abtastwerte gehören. Bei der normalen Verwendung könnte dieses Fehlermaß **226** innerhalb des Lesekanalchips als ein Maß des Systembetriebsverhaltens oder der Kanalqualität akkumuliert werden. Herkömmlicherweise ist dieses Fehlermaß nicht verfügbar, während Daten von dem Lesekanalchip übertragen werden.

[0154] Bevorzugte Ausführungsformen des Lesekanalchips der [Fig. 24](#) stellen das Lesekanal-Fehlermaß, das von dem Viterbi Decoder abgeleitet wird, direkt an einem Ausgangsanschluss oder einem Stift für den Lesekanalchip bereit. Wie in der Fig. gezeigt, kann das Slicer-Fehlermaß an einem Ausgangsanschluss **230** bereitgestellt werden, das Fehlermaß von dem Datensequenzdetektor **220** könnte von einem Anschluss **232** ausgegeben werden, und der Ausgangsdaten-Bitstrom könnte durch einen Anschluss **234** bereitgestellt werden. Im allgemeinen werden die meisten Systeme nur eines der Fehlermaß-Ausgangssignale **230** und **232** einschließen. Diese Signale könnten an einem Ausgangsanschluss bereitgestellt werden, der zwischen den zwei Fehlermaßsignalen während der Herstellung wählbar ist. Zum Beispiel kann der Wert, der durch einen Ausgangsanschluss geführt wird, während der Herstellung und der Verwendung einer programmierbaren Sicherung wählbar sein.

[0155] Das ausgegebene Fehlermaßsignal ist an den Anschlüssen **230**, **232** bei Raten so hoch wie die Datenrate verfügbar und weist Absolutwert-Charakteristiken auf. In der Tat ist das Fehlermaß **226** ([Fig. 25](#)) funktional dem Fehlermaßgraph, der in [Fig. 13](#) gezeigt ist, sehr ähnlich. Demzufolge wird dieser Ausgang **226** über die Anschlüsse **230** oder **232** ([Fig. 24](#)) besonders nützlich bei der Praxis der vorliegenden Erfindung.

[0156] Es sei darauf hingewiesen, dass das Fehlermaß, das als ein Ausgang von dem Lesekanalchip bereitgestellt wird, nicht kontinuierlich verfügbar sein muss, weil es Gründe gibt, warum der Anschluss auf andere Verwendungen während einer Multiplexierung umgeschaltet wird. Geeignete Fehlermaßsignale sind von dem bevorzugten Lesekanalchip bei einer höheren Datenrate als herkömmliche Servosignale verfügbar und sind verfügbar, während die Daten gelesen werden und wenn Daten gerade von dem Chip ausgegeben werden. Zusätzlich wird bevorzugt, dass der Lesekanalchip die Verarbeitung und Ausgabe von herkömmlicher linearer Servoinformation in der herkömmlichen Weise fortsetzt, so dass sie zur Verwendung in der voranstehend beschriebenen Weise verfügbar ist, wenn die lineare Servoinformation in Kombination mit Absolutwert-Daten verwendet wird. Wenn natürlich sämtliche Servooperationen ohne die lineare Servoinformation ausgeführt werden, würde keine Notwendigkeit bestehen, eine Verarbeitung von Linearservo-Information innerhalb des Lesekanalchips bereitzustellen.

[0157] Obwohl die vorliegende Erfindung ausführlich unter Bezugnahme auf die gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, werden Durchschnittsfachleute in dem technischen Gebiet erkennen, dass verschiedene Modifikationen durchgeführt werden können, ohne von der Erfindung abzuweichen. Während die Offenbarung Servosteuerungs-systeme gemäß der Erfindung im Hinblick auf Festplattenlaufwerk-(HDD)-Anwendungen beschrieben hat, sind Systeme gemäß der Erfindung z.B. auf andere Servosteuerungsanwendungen genau so anwendbar. Ferner ist die vorliegende Erfindung im Hinblick auf ein Festplattenlaufwerk beschrieben worden, bei dem sowohl die lineare Servo- als auch Absolutwert-Information beim Nachfolgen einer Spur verwendet werden. Diese Notwendigkeit muss nicht erfüllt sein. Zum Beispiel können sämtliche Operationen ohne Verwendung der Linearservooperationen ausgeführt werden. Es ist weiter vorstellbar, dass keine herkömmliche Servoinformation auf wenigstens Teilen einer Platte innerhalb eines Plattenlaufwerks, das Aspekte der vorliegenden Erfindung umsetzt, gespeichert würden. Demzufolge wird die Erfindung durch die folgenden Ansprüche definiert und ist nicht auf die hier beschriebenen besonders bevorzugten Ausführungsformen beschränkt.

Patentansprüche

1. Steuersystem zu Verwendung bei einer Einstellung einer gesteuerten Variablen, die ein zu steuerndes System darstellt, wobei die gesteuerte Variable innerhalb einer beobachtbaren Variablen dargestellt wird und wenigstens zwei Werte der gesteuerten Variablen einem einzelnen Wert der beobachtbaren Variablen entsprechen, wobei das Steuersystem umfasst:

eine Signalquelle (**126, 142**), die einen ersten und zweiten Wert der beobachtbaren Variablen bereitstellt, den zweiten Wert der beobachtbaren Variablen zeitlich nach dem ersten Wert der beobachtbaren Variablen; und eine Abbildungslogik (**148**), wobei die Abbildungslogik den ersten Wert der beobachtbaren Variablen empfängt und einen ersten und einen zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen ausgibt;

dadurch gekennzeichnet, dass das Steuersystem ferner einen ersten Abschätzer (**150**), der in der Lage ist einen zukünftigen Zustand des zu steuernden Systems abzuschätzen, wobei der erste Abschätzer als einen Eingang den ersten möglichen Wert der gesteuerten Variablen nimmt und eine erste Ausgangsvariable, die einen ersten vorhergesagten Wert der beobachtbaren Variablen darstellt, im Ansprechen auf den ersten möglichen Wert der gesteuerten Variablen erzeugt;

einen zweiten Abschätzer (**152**), der in der Lage ist einen zukünftigen Zustand des zu steuernden Systems abzuschätzen, wobei der zweite Abschätzer als einen Eingang den zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen nimmt und eine zweite Ausgangsvariable, die einen zweiten vorhergesagten Wert der beobachtbaren Variablen darstellt, im Ansprechen auf den zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen erzeugt; und eine Bestimmungslogik (**154**), die bestimmt, welcher der ersten und zweiten vorhergesagten Werte der beobachtbaren Variablen genauer dem zweiten Wert der beobachtbaren Variablen entspricht, umfasst.

2. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die Bestimmungslogik (**154**) einen absoluten Wert des ersten vorhergesagten Werts mit dem zweiten Wert der beobachtbaren Variablen vergleicht und einen absoluten Wert des zweiten vorhergesagten Werts mit dem zweiten Wert der beobachtbaren Variablen vergleicht, um zu bestimmen, welcher der ersten und zweiten vorhergesagten Werten der beobachtbaren Variablen dem zweiten Wert der beobachtbaren Variablen entspricht.

3. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei das Steuersystem die gesteuerte Variable nahe zu einem nominellen Wert aufrechterhält und der nominelle Wert zwischen den ersten und zweiten möglichen Werten der gesteuerten Variablen ist.

4. Steuersystem nach Anspruch 3, wobei das Steuersystem in Übereinstimmung mit diskreten Zeitintervallen arbeitet und wobei der erste und zweite Abschätzer (**150, 152**) den ersten und zweiten möglichen Wert der gesteuerten Variablen nur nachdem das Steuersystem bestimmt, dass die gesteuerte Variable Werte über und unter dem nominellen Wert annehmen wird, empfängt.

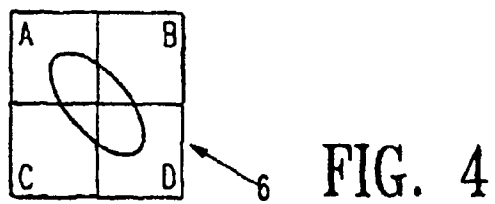
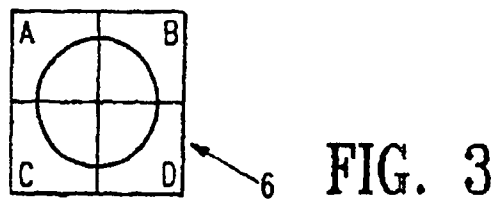
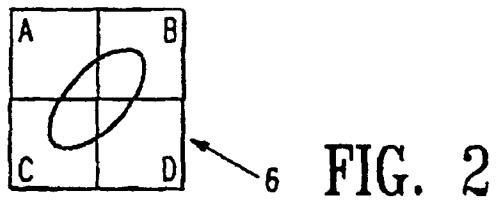
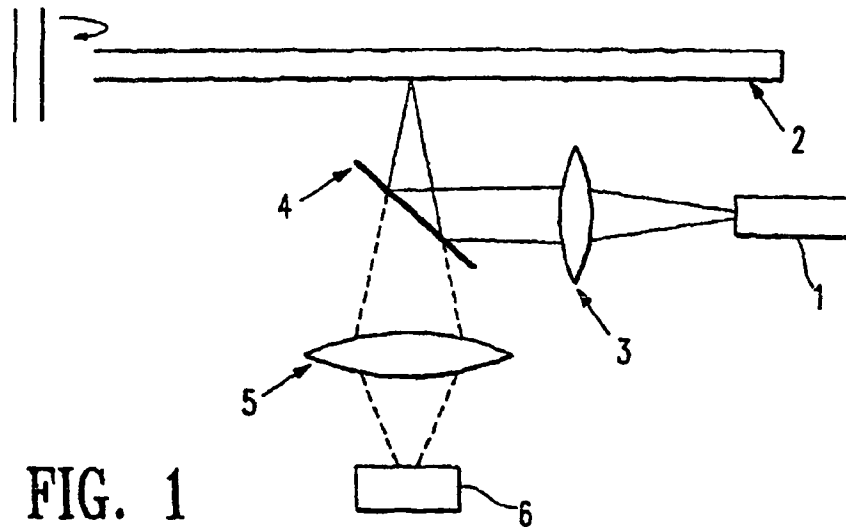
5. Steuersystem nach Anspruch 1, vorgesehen innerhalb eines magnetischen Datenspeichersystems und mit einem Servosystem zum Positionieren eines magnetischen Kopfs (**116**) relativ zu einer Spur (**114**), die relativ zu dem Kopf bewegbar ist, wobei die Spur (**114**) eine Folge von Bursts von Servosignalen (**40**) dort entlang und Datensignale (**46**) zwischen den Bursts von Servosignalen (**40**) aufweist, umfassend die Kombination von: einer Einrichtung (**126**), die auf das Vorbeilaufen der Bursts von Servosignalen an dem magnetischen Kopf anspricht, zum Erzeugen eines ersten Satzes von Fehlersignalen; einer Einrichtung (**158**), die auf das Vorbeilaufen der Datensignale an dem magnetischen Kopf (**116**) anspricht, zum Erzeugen eines zweiten Satzes von Fehlersignalen; und eine Einrichtung (**162, 140**), die auf den ersten und zweiten Satz von Fehlersignalen anspricht, zum Anwenden

DE 600 25 753 T2 2006.10.26

der Positionsfehlersignale von dem ersten und zweiten Satz, um die Position des magnetischen Kopfs (**116**) relativ zu der Spur (**114**) zu korrigieren.

Es folgen 21 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



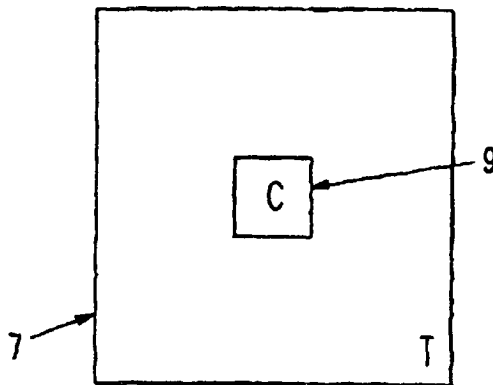


FIG. 5

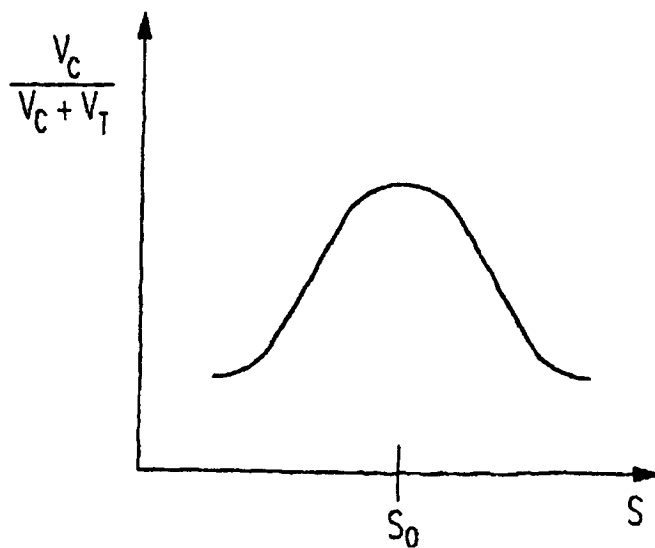


FIG. 6

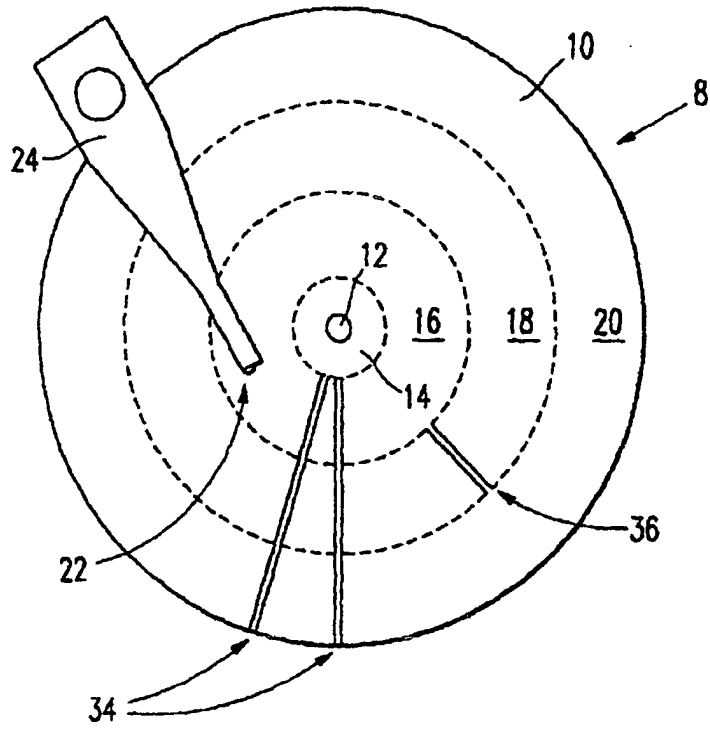


FIG. 7

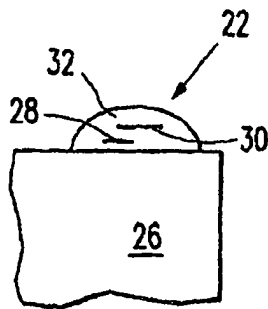


FIG. 8

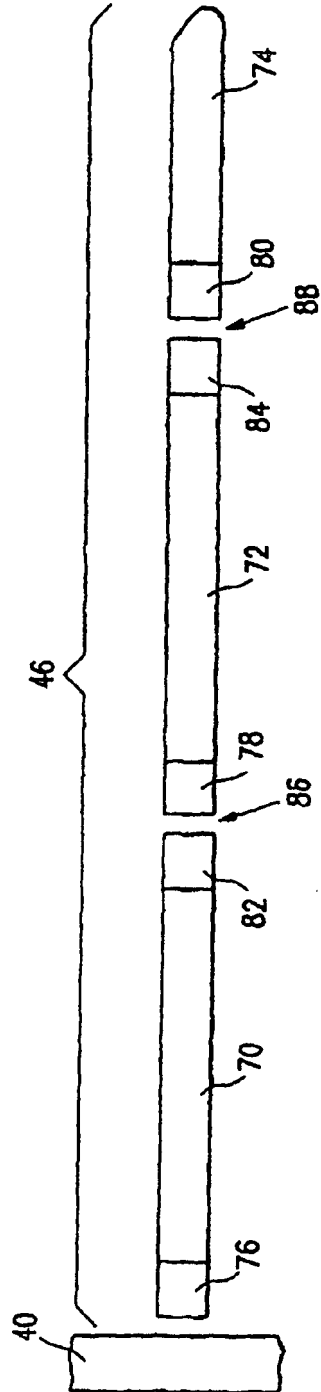


FIG. 10

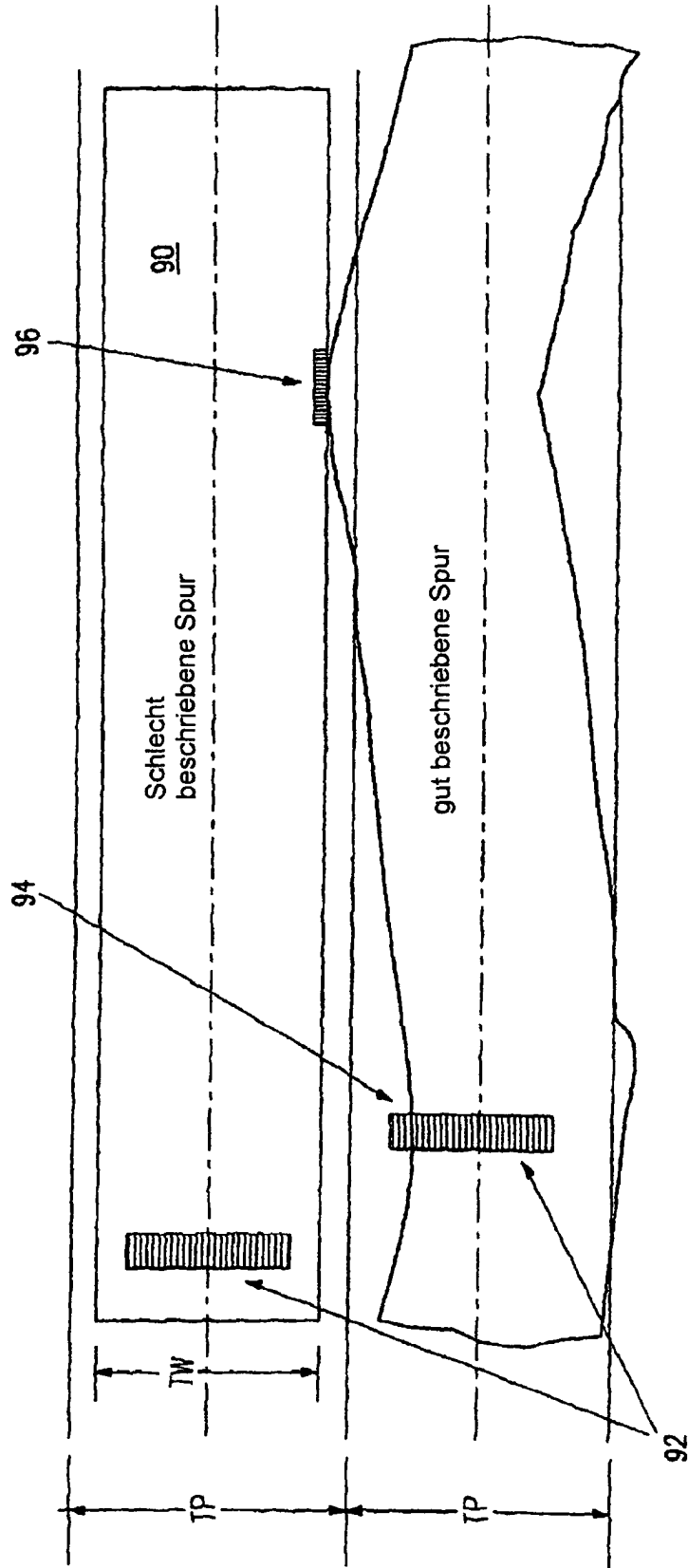


FIG. 11

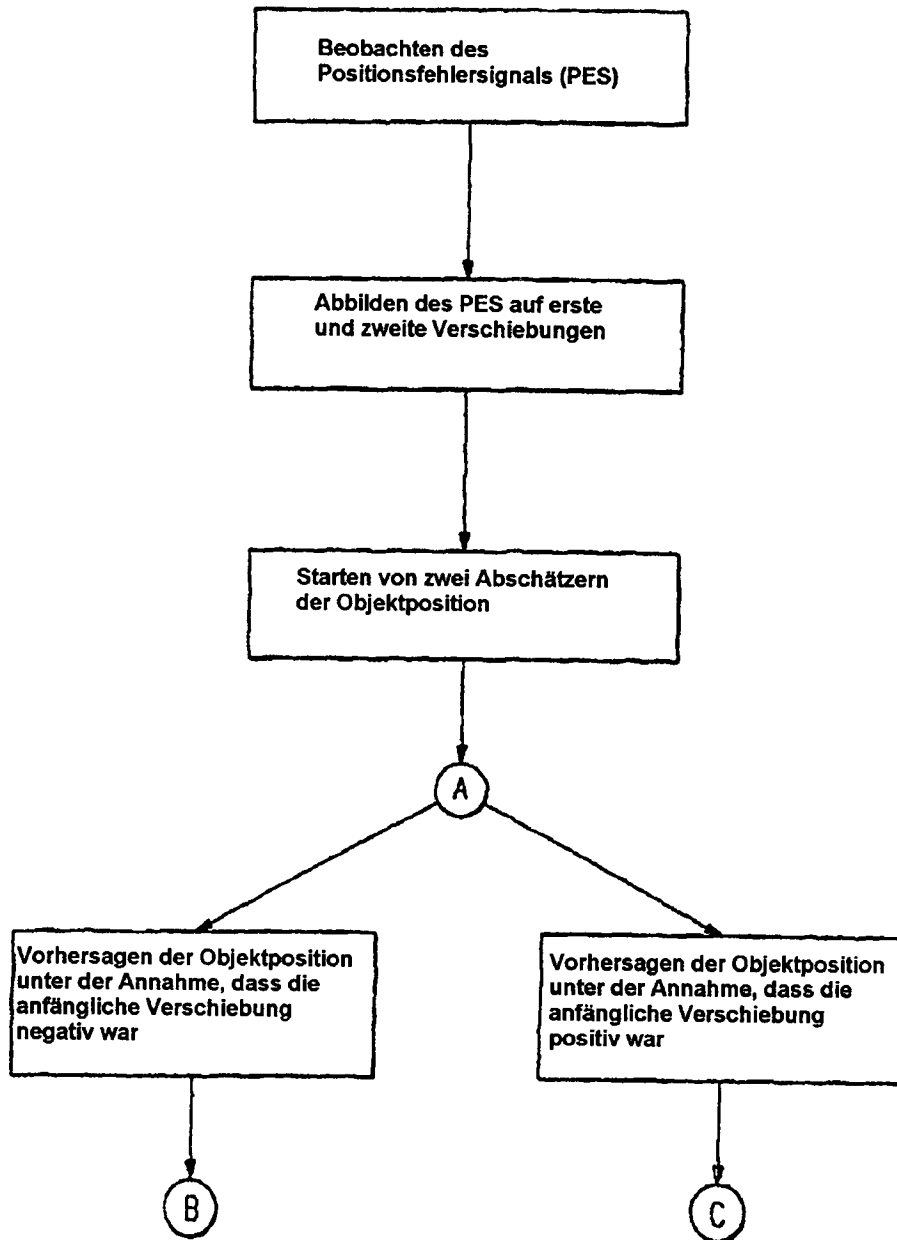


FIG. 12A

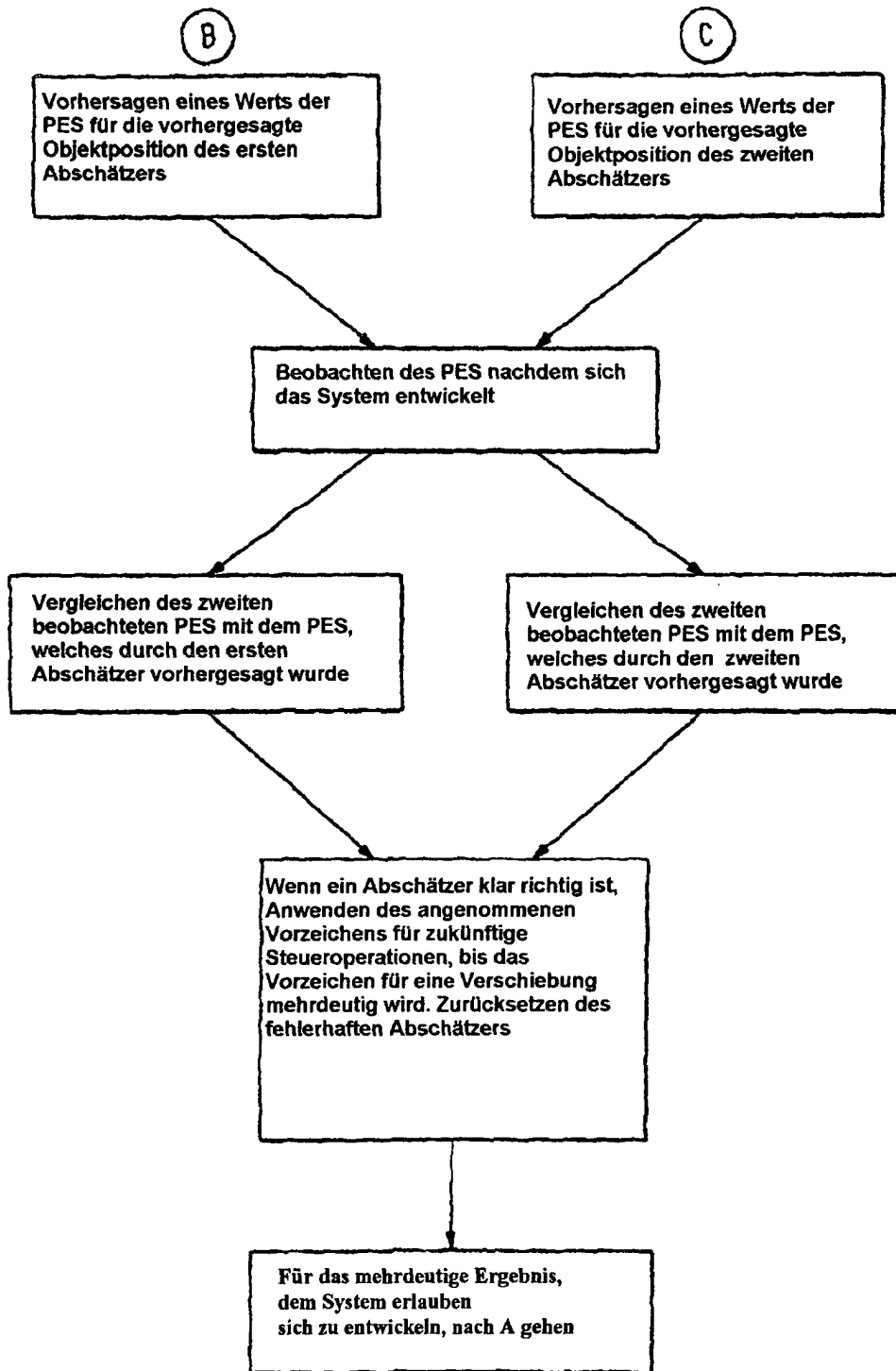


FIG. 12B

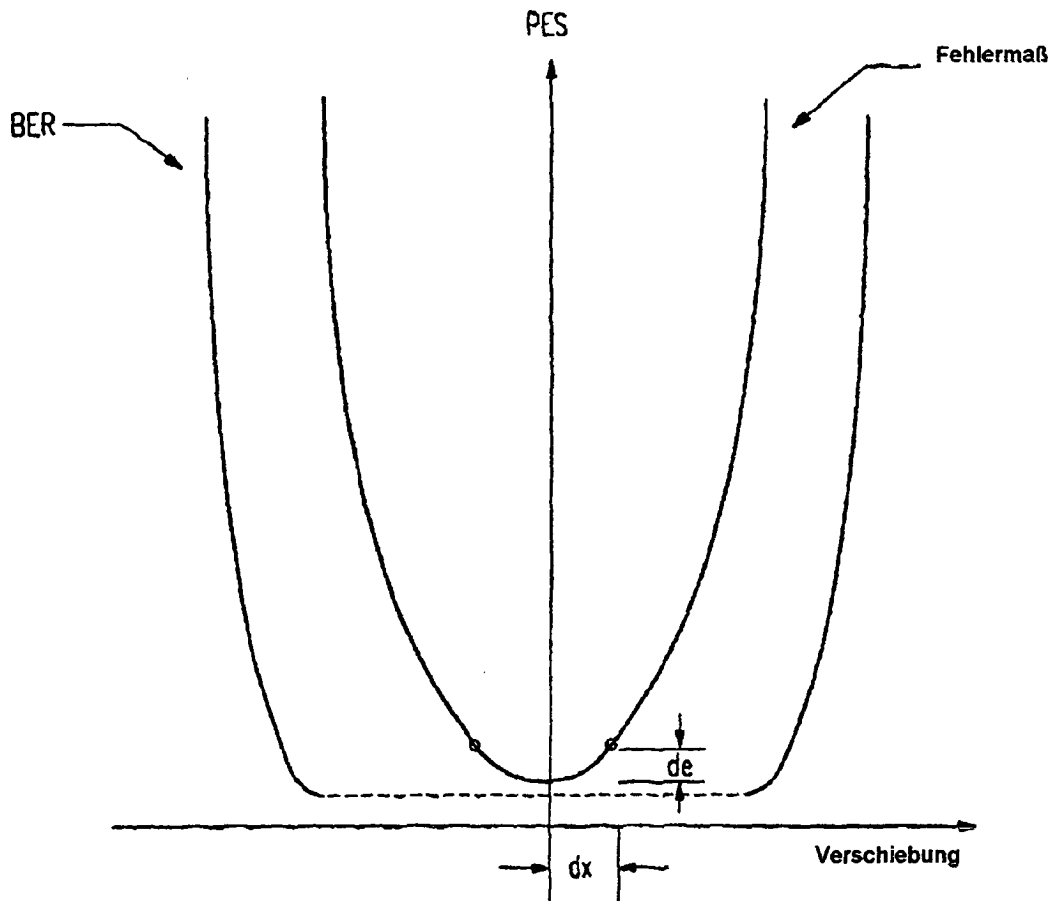


FIG. 13

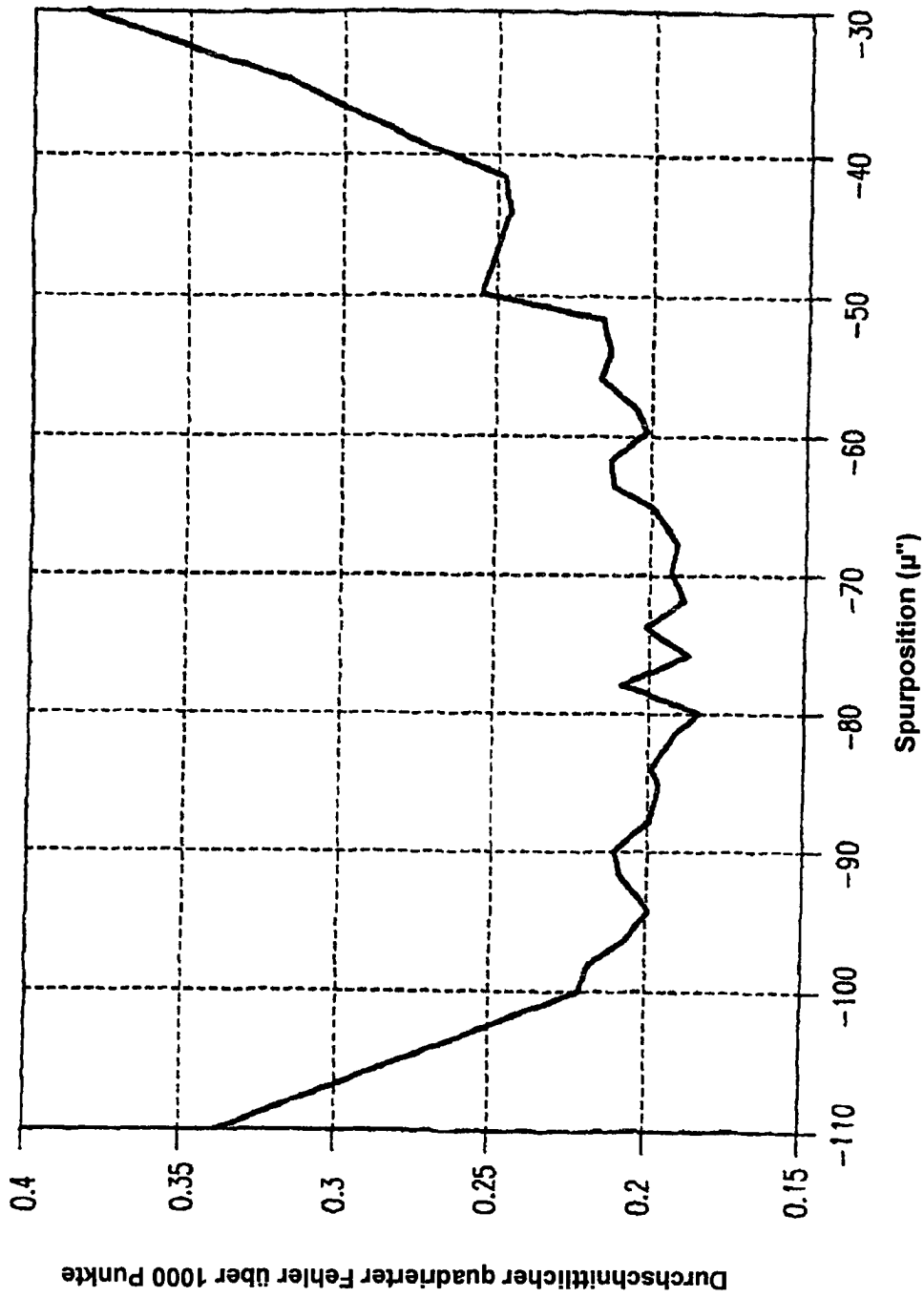


FIG. 14

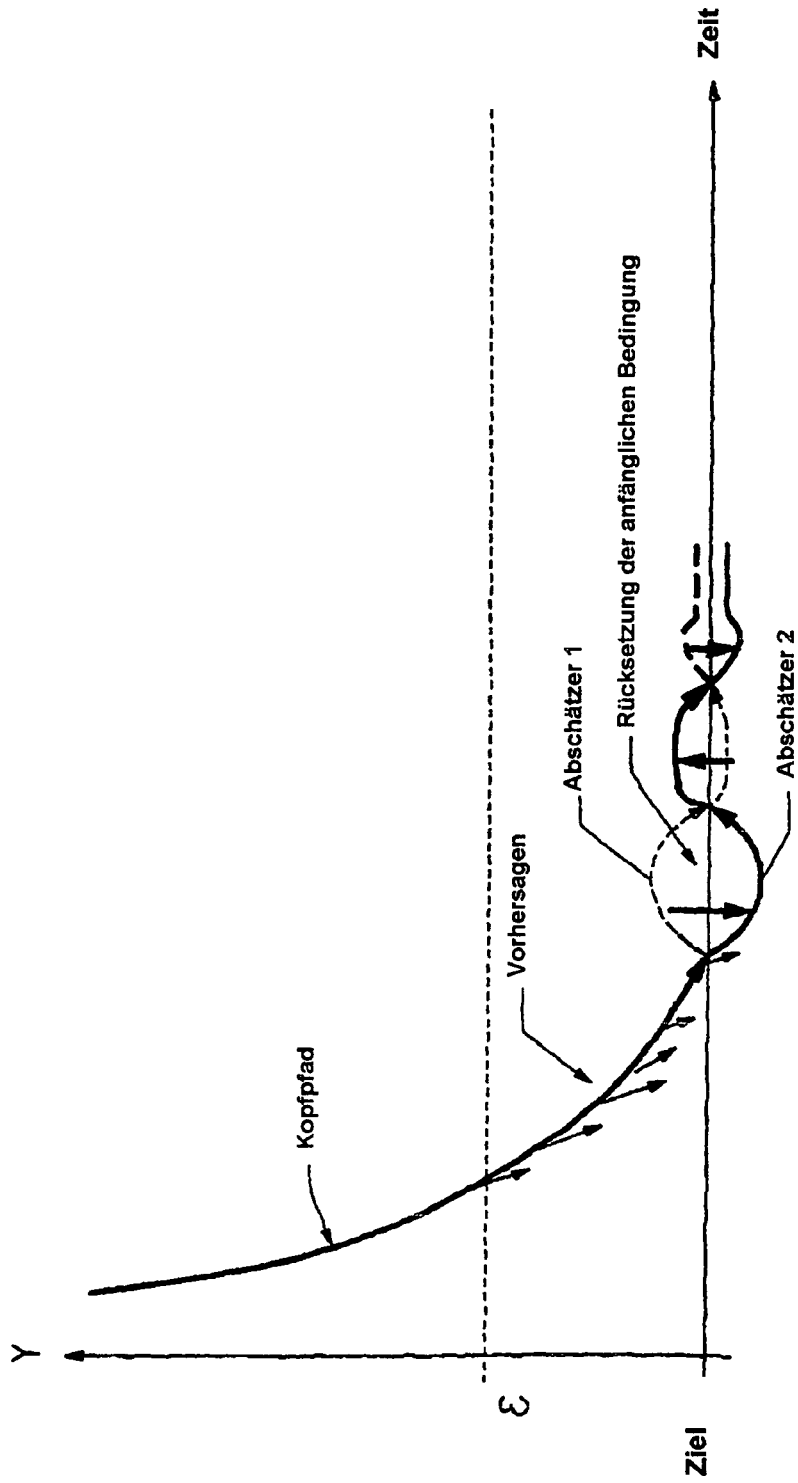


FIG. 15

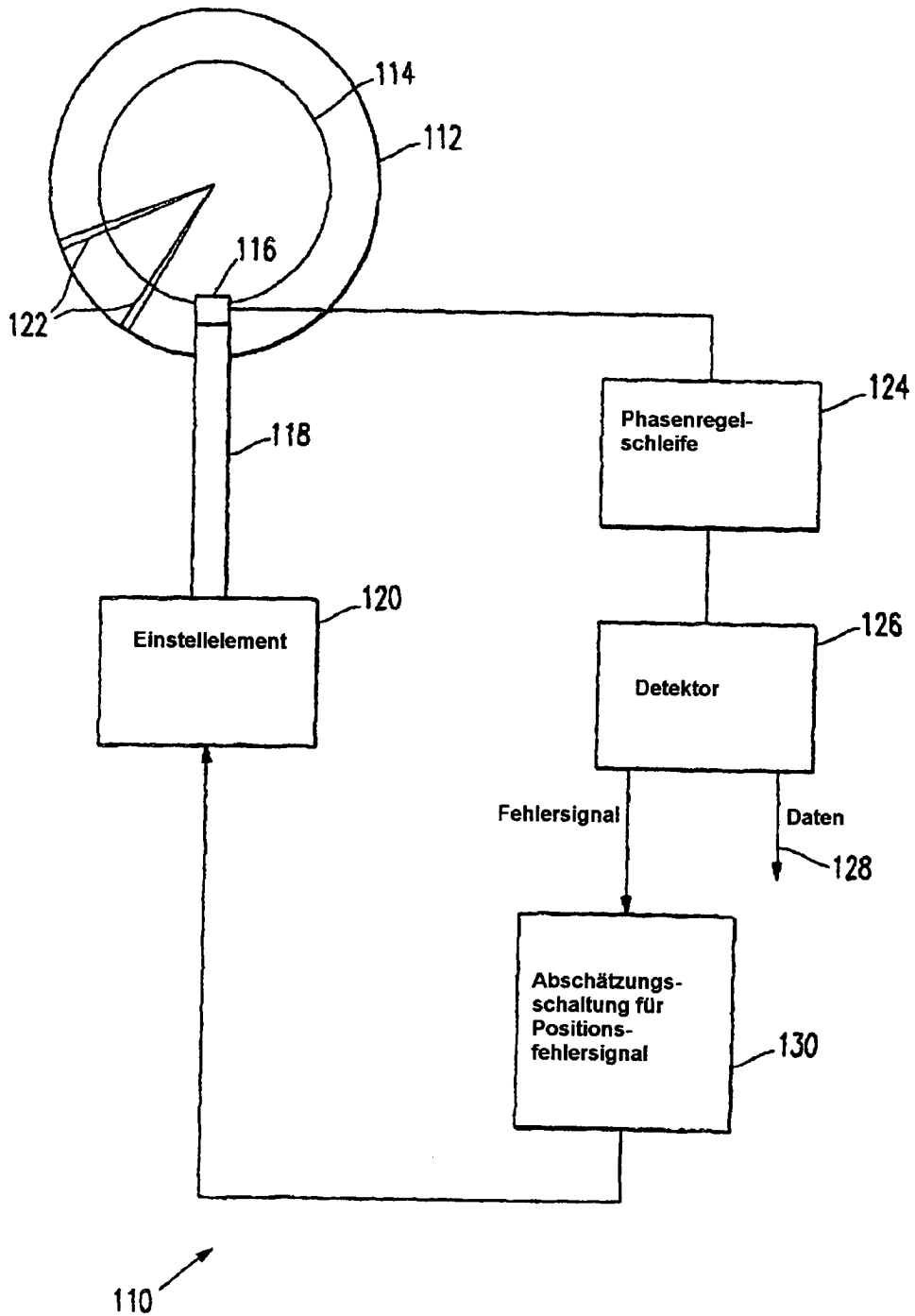


FIG. 16

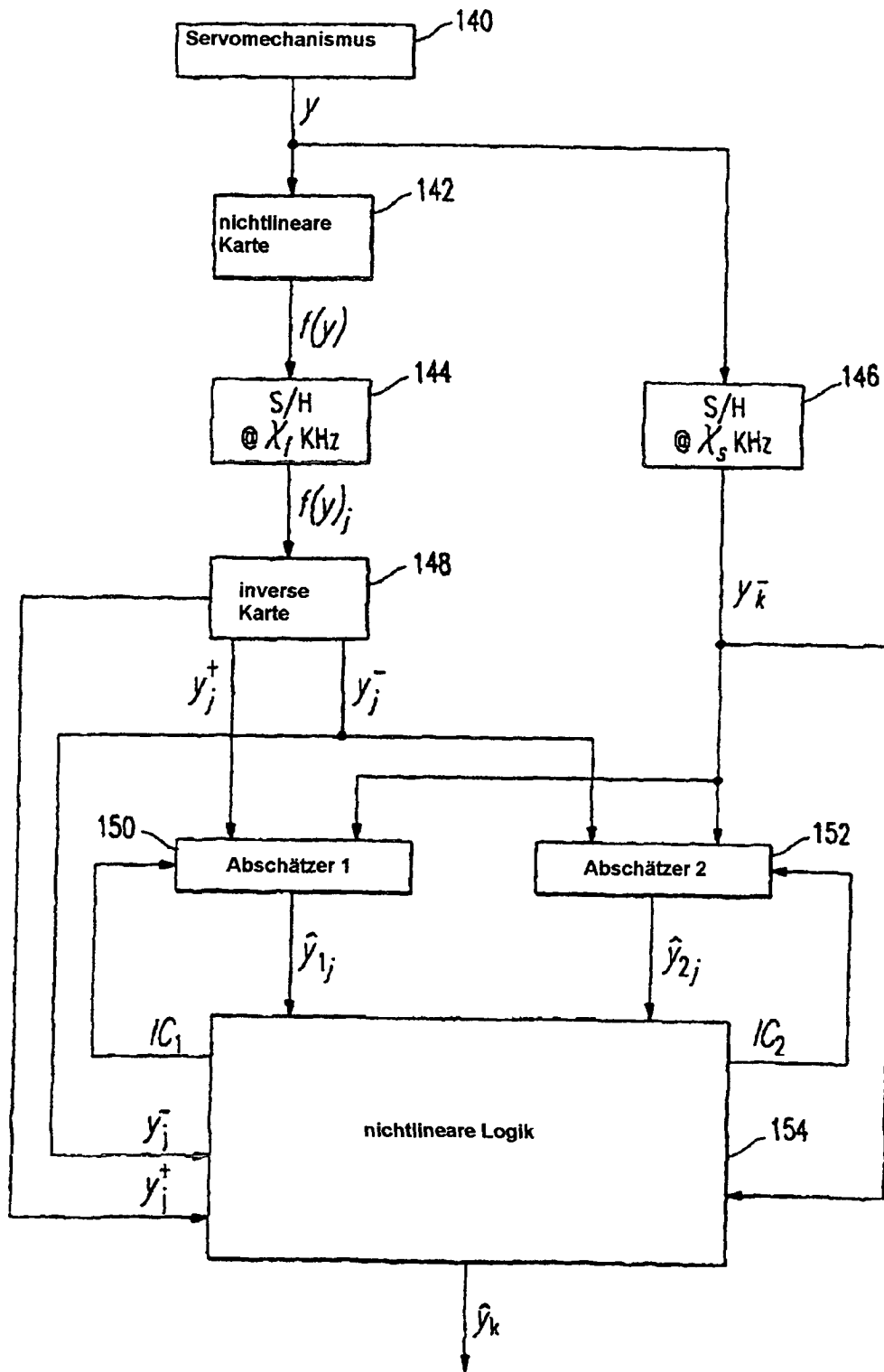


FIG. 17

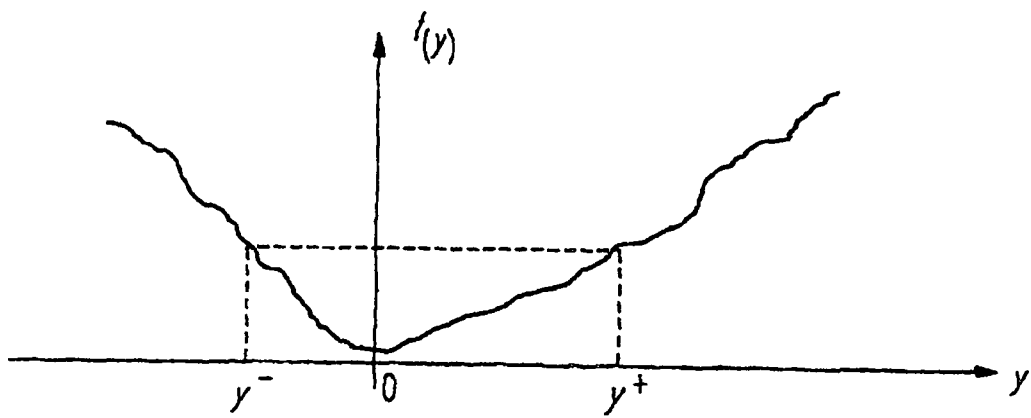


FIG. 18

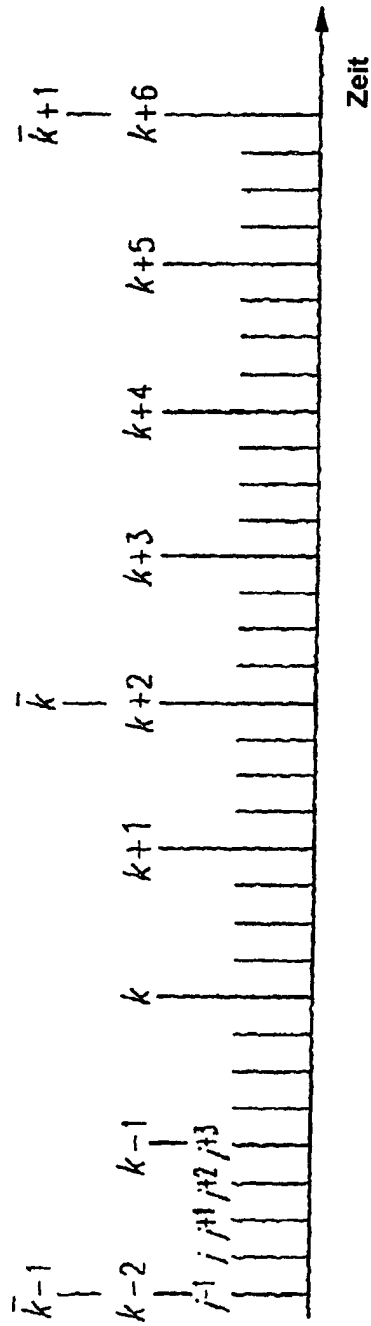


FIG. 19

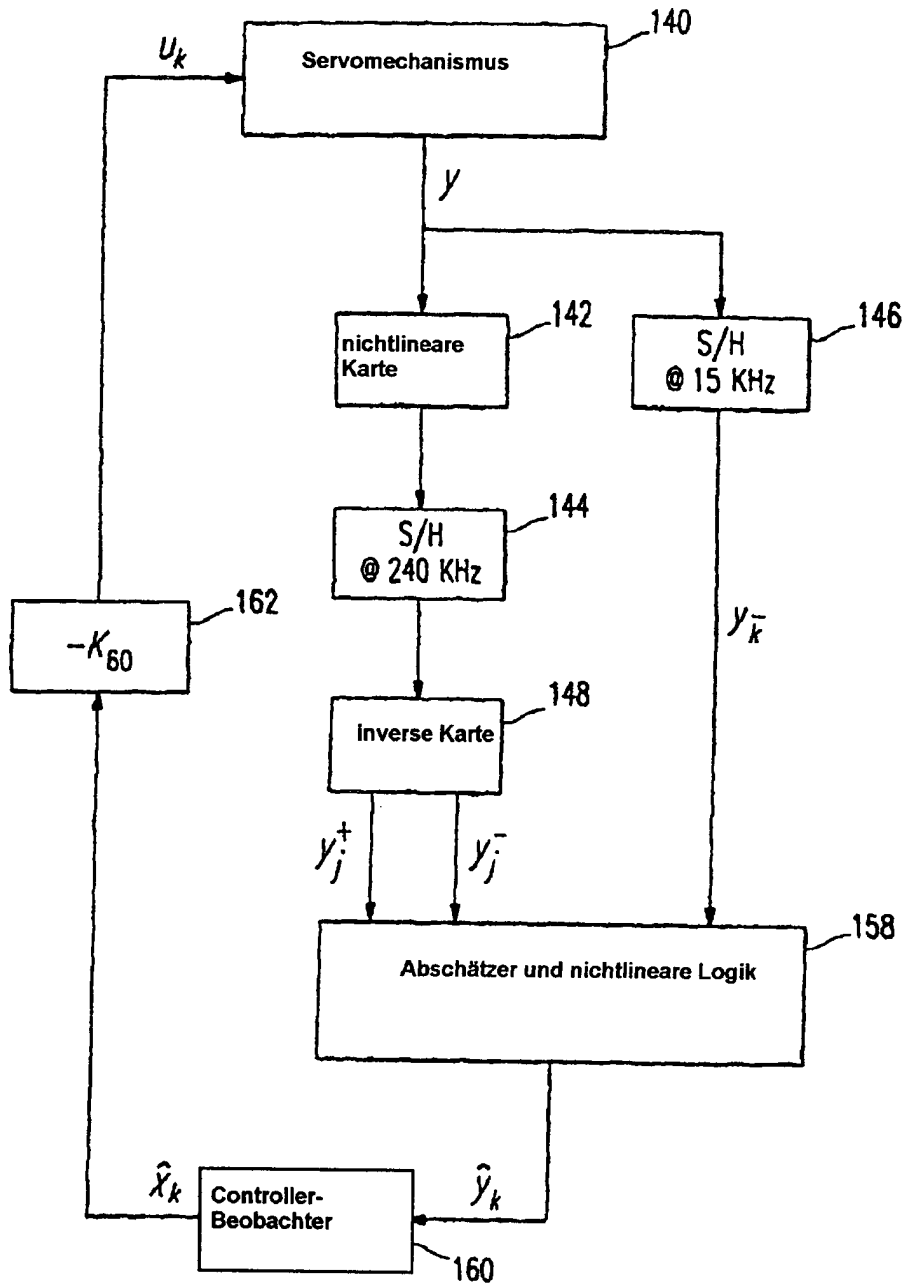


FIG. 20

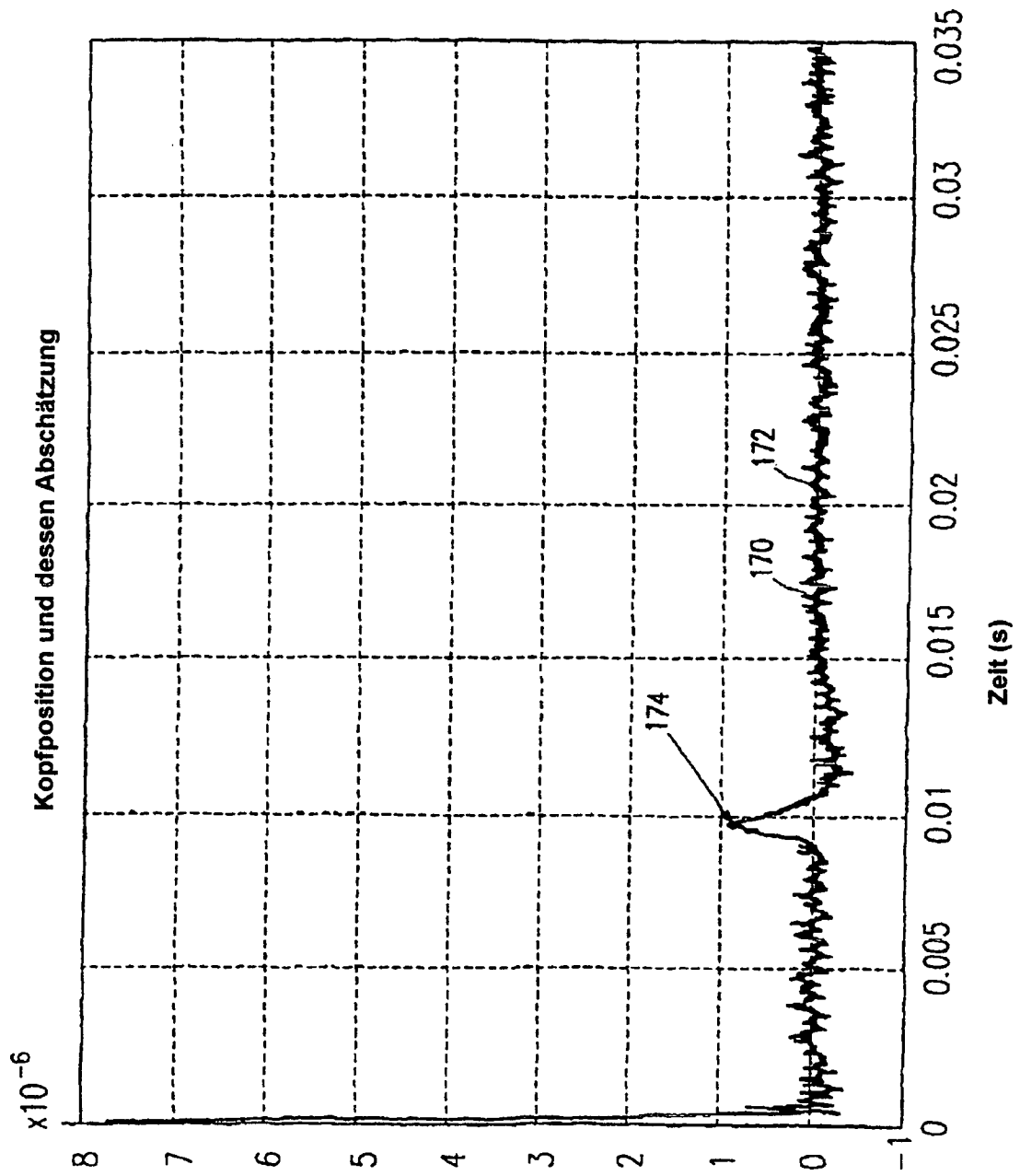


FIG. 21

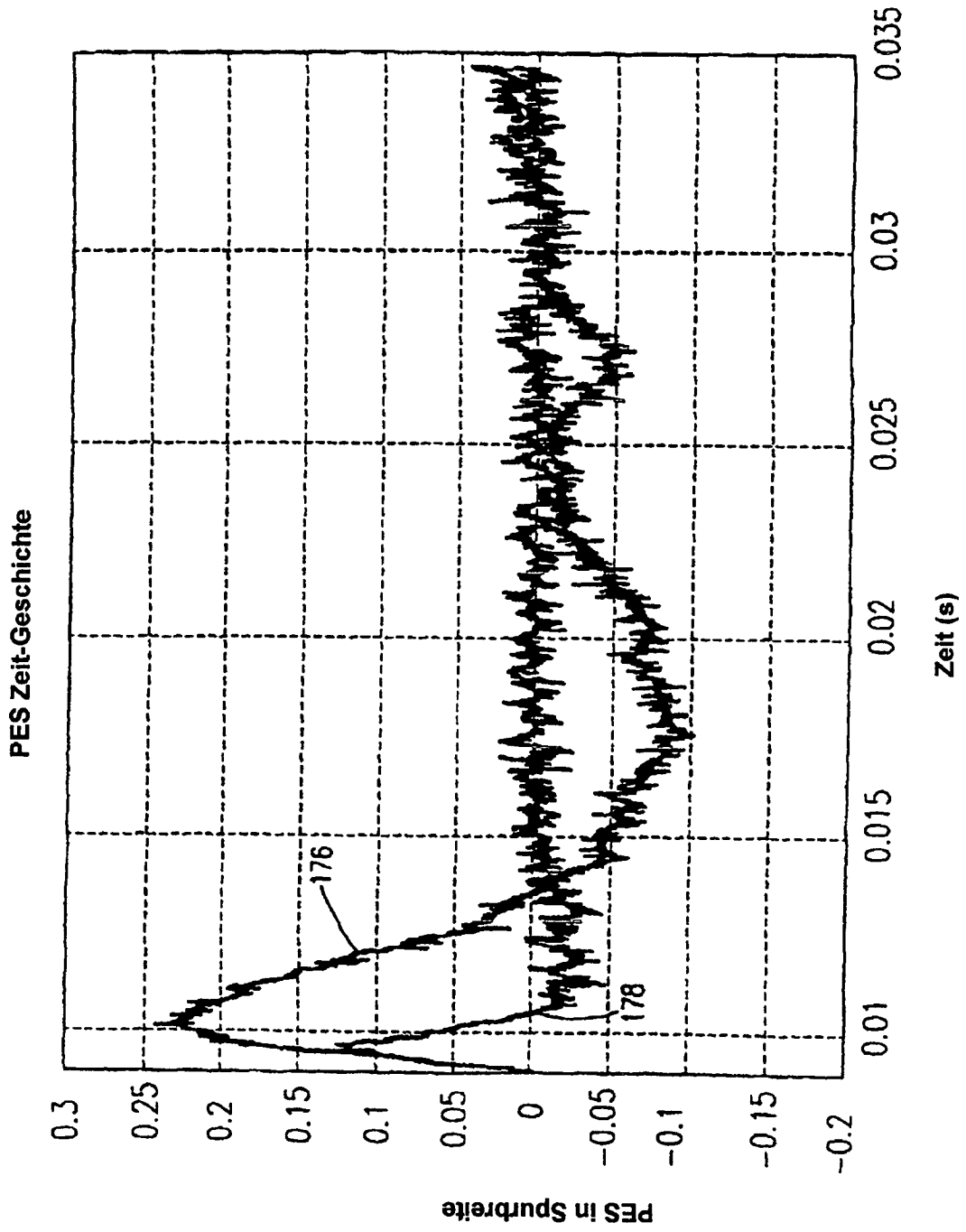


FIG. 22

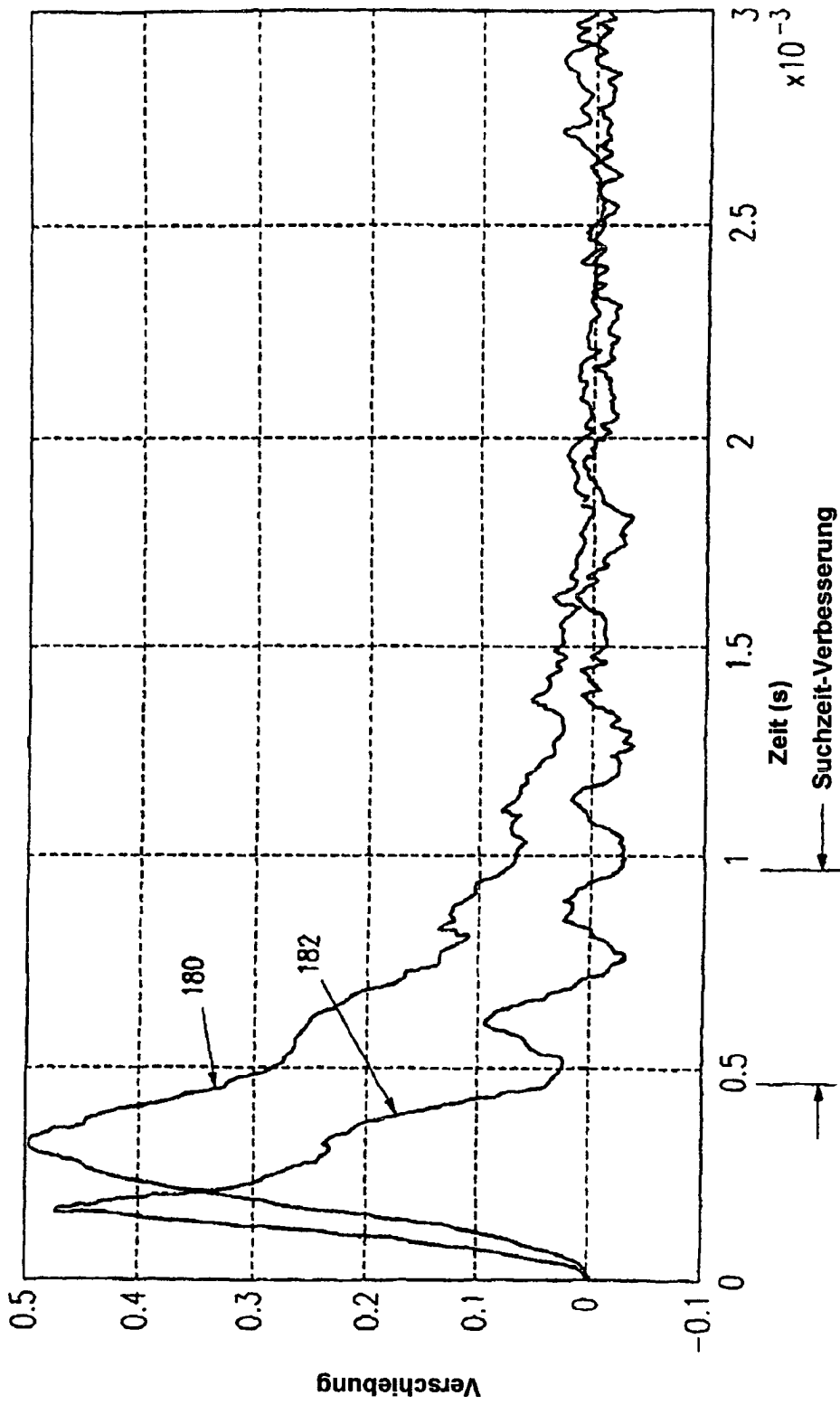


FIG. 23

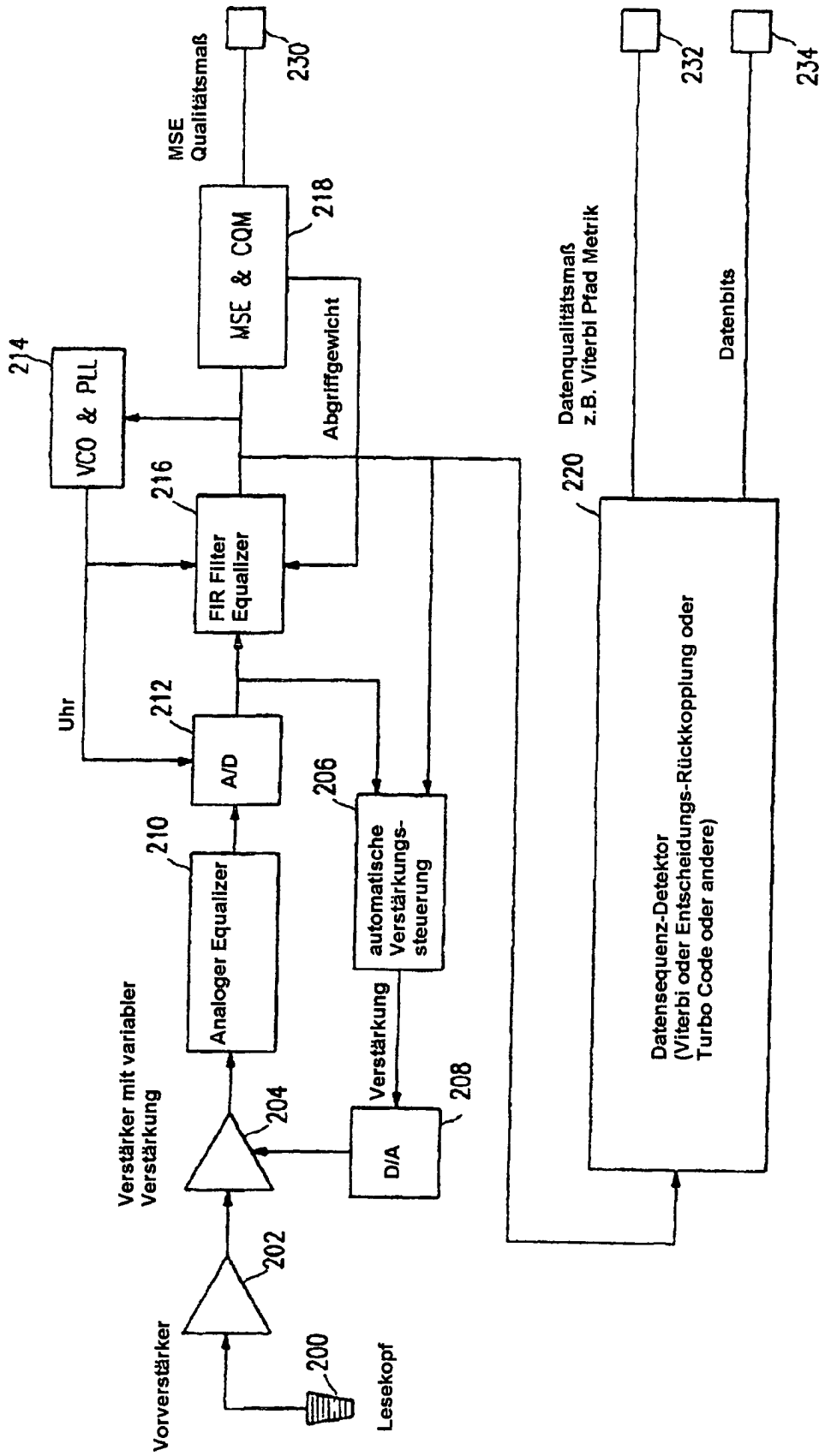


FIG. 24

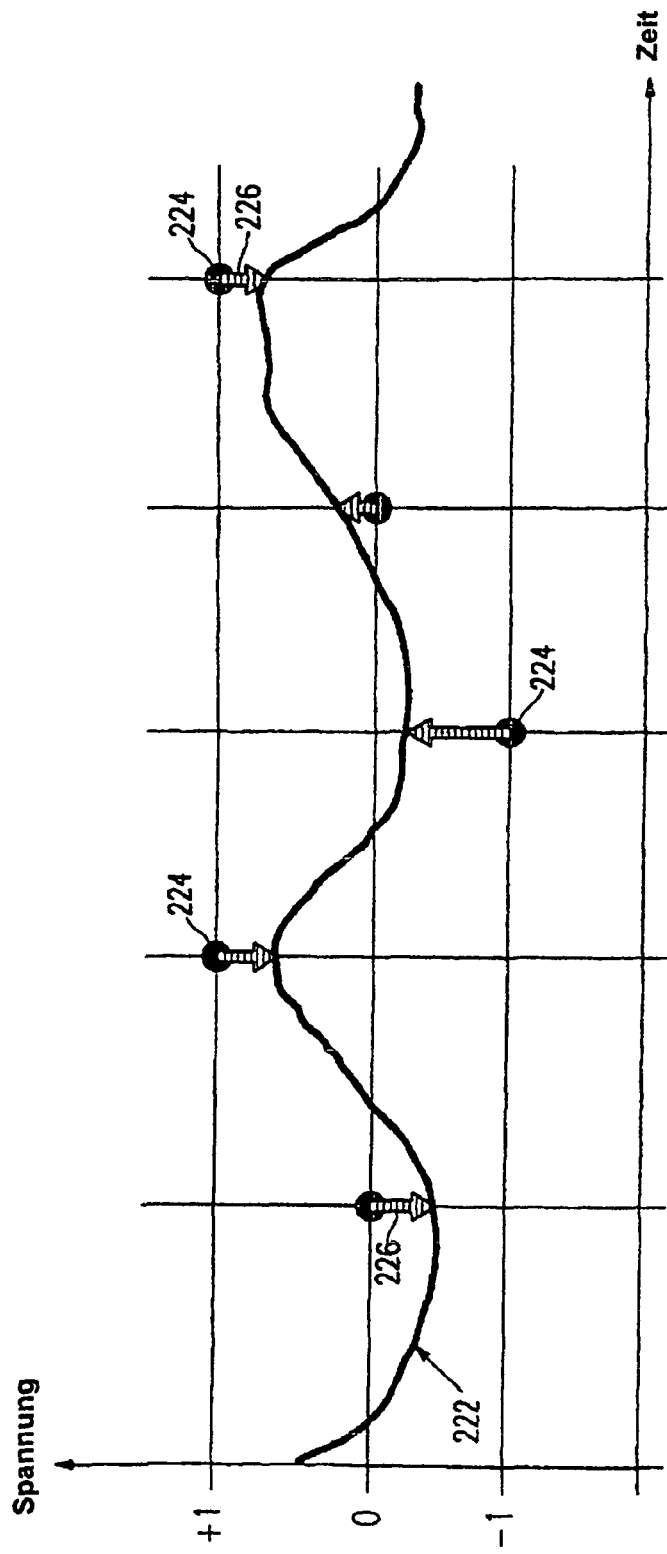


FIG. 25