



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 056 T2** 2005.07.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 048 006 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G06K 19/06**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 056.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB99/00081**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 900 575.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/035610**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.01.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **16.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.07.2005**

(30) Unionspriorität:

9800479	12.01.1998	GB
9801842	29.01.1998	GB
9816642	31.07.1998	GB
9828238	22.12.1998	GB

(73) Patentinhaber:

Sentec Ltd., Cambridge, GB

(74) Vertreter:

**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE

(72) Erfinder:

**DAMES, Nicholas, Andrew, Cambridge CB4 1HU,
GB; ENGLAND, James Mark Carson, Milton,
Cambridge CB4 6DG, GB**

(54) Bezeichnung: **MAGNETISCHE DATENMARKIERUNG**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft Leser für magnetische Datenmarken und ein Verfahren zum Abfragen einer magnetischen Datenmarke.

Hintergrund

[0002] Verschiedene Arten von Warenidentifizierungen oder -markierungen sind hinreichend bekannt. Zu diesen gehören optische Strichcodes, RFID (Radiofrequenz-Identifikation), EAS (elektronische Artikelsicherung), Magnetdatenaufzeichnung und Magnetensoren.

[0003] Optische Strichcodes werden häufig verwendet und bieten den Vorteil, dass sie durch Nutzung von Standarddrucktechniken billig sind und leicht hergestellt werden können. Ein Strichcodelesersystem benötigt jedoch einen direkten optischen Weg zwischen dem Leser und dem Strichcode auf einer Artikelmarke.

[0004] RFID ist eine relativ teure Technik, obwohl sie kommerziell für viele Anwendungen einschließlich Tiermarkierung und Gepäcketikettierung an Flughäfen breiten Einsatz findet. Die Technologie basiert auf einem mit einer induktiven (magnetischen Wechselstrom-) Antenne verbundenen Siliziumchip. Der Siliziumchip enthält einen einfachen Empfänger und Sender sowie einen Prozessor und Datenspeicher. Eine RFID-Marke wird von einem externen magnetischen Wechselfeld abgefragt, das zusätzlich zur Leistungsversorgung der Einrichtung verwendet werden kann. Es gibt viele Hersteller von RFID-Einrichtungen und Systemen, wie z.B. GEM Plus, Texas Instruments und Philips.

[0005] EAS (elektronische Artikelsicherung) betrifft die Anwendung einer Marke oder eines Etiketts, die bzw. das zu Sicherungszwecken an Einzelhandelsartikel angebracht wird. Das Vorhandensein der Marke kann durch ein Abfragesystem erkannt werden und löst bei Erkennung einen Alarm aus. Das Abfragesystem ist im Allgemeinen in der Nähe der Ausgänge von Läden und Warenhäusern platziert, um Ladendiebstahl zu verhindern und davon abzuschrecken. Die meisten EAS-Systeme verwenden magnetische Wechselfelder (Induktion), und die Marken enthalten magnetische Spezialmaterialien, die eine Einrichtung bereitstellen, die entweder aktiv oder deaktiviert ist.

[0006] Das Konzept hinter magnetischen EAS-Systemen ist ein Verfahren zur Erkennung eines magnetischen Kennzeichens. Es gibt drei Hauptformen von bei EAS-Systemen verwendetem magnetischem Material: Bänder aus Spinnschmelzmaterialien, Dünnschichtmaterialien und amorphe Drähte. Zur Erkennung

des Magnelements werden drei physikalische Haupteigenschaften genutzt. Zum Ersten wird die magnetostriktive Eigenschaft eines Materials (Länge ändert sich mit dem Niveau des angelegten Magnetfelds) genutzt. Ein abfragendes magnetisches Abfragechselfeld wird zum Erregen des Magnelements auf seiner mechanisch resonanten Eigenfrequenz verwendet. Das Element wird durch das Magnetfeld, das es aussendet, während es mechanisch schwingt, erkannt. Dies kann als akustomagnetisches Erkennungsmittel beschrieben werden. Die US-A-5,420,569 beschreibt z.B. eine mechanisch resonante magnetische Datenmarke.

[0007] Der zweite genutzte Effekt ist die nichtlineare Hysteresisschleifen-Kennlinie des magnetischen Materials. Ein räumlich einheitliches magnetisches (Vormagnetisierungs-) Gleichfeld wird an die Abfragezone angelegt. Dieses wird mit der Zeit (langsam) verändert. Ein magnetisches Wechselfeld, typischerweise mit einigen kHz, wird gleichzeitig angelegt. Wenn die Marke durch das Gleichfeld auf dem richtigen Niveau vormagnetisiert ist, generiert sie Harmonische des angelegten Wechselfelds, die von einem Empfänger erkannt werden. Alternativ wird eine einzelne Frequenz, typischerweise um 200 Hz, an die Marke angelegt, und hohe Harmonische werden erkannt. Diese Verfahren können als Verfahren zur "Erkennung von Harmonischen" oder "EM"-Verfahren beschrieben werden.

[0008] Das dritte Erkennungsverfahren nutzt den "Barkhausen"-Effekt. Ein Gleichstromvormagnetisierungsfeld wird an das Magnelement angelegt, und dieses wird mit der Zeit langsam verändert. Das magnetische Material hat die Eigenschaft, dass sich die Nettomagnetisierung (M) im Material äußerst nicht linear ändert. Eine kleine Veränderung des angelegten Magnetfelds (H) verursacht eine große (sprunghafte) Veränderung der Magnetisierung (M). Es sei beachtet, dass sich die Magnetisierung M auf ein Magnelement bezieht und der magnetische Fluss B für das Material gilt. Die große und rasche Änderung der Nettomagnetisierung M des Elements kann mit einer externen Spule erkannt werden, die eine durch die schnelle Fußänderungsrate in der Spule verursachte EMK (einen "Blip") erkennt. Dieses Verfahren wurde als "Barkhausen"-Effekt bezeichnet, und die "besten" Materialien haben eine rechteckige Hysteresisschleife. Das Magnelement ändert sich beim Generieren eines "Blips" effektiv von positiver zu negativer Sättigung. Die US-A-4,660,025 beschreibt z.B. ein auf einem einzigen Draht oder Band aus magnetischem Material basierendes magnetisches EAS-Kennzeichen, das den Barkhauseneffekt veranschaulicht.

[0009] Nunmehr werden weitere Beispiele für verschiedene Typen bekannter EAS-Kennzeichen kurz beschrieben. Die US-A-4,960,651 beschreibt ein EAS-Kennzeichen, das magnetische Dünnschichtmate-

rialien nutzt. Die US-A-5,083,112 beschreibt ein magnetisches EAS-Kennzeichen, das eine geschichteten Laminierung aus Dünnschichtmaterialien aufweist. Das Ziel der geschichteten Struktur ist die Erzeugung eines Kennzeichens, bei dem die magnetischen Vorzugsrichtungen aller Schichten ausgerichtet sind, so dass sich alle Dünnschichten als eine einzige Entität umkehren und deshalb eine heftige, leicht unterscheidbare Reaktion erzeugen. Dieses Patent offenbart auch ein bidirektionales Kennzeichen, bei dem die Schichten so laminiert sind, dass die Vorzugsrichtungen im Winkel von 90° zueinander angeordnet sind. Dies gewährleistet, dass eine Reaktion für alle Abfragefeldrichtungen erreicht wird. Die US-A-5,605,768 beschreibt ein alternatives magnetisches EAS-Kennzeichen, bei dem Daten durch eine Anordnung paralleler Drahtelemente auf einem ebenen Element gespeichert werden können, dessen Vorzugsrichtung in einem bestimmten Winkel zu derjenigen der Drahtelemente angeordnet ist, um einen großen "Barkhausen"-Effekt zu erzeugen. Die US-A-5,005,001 beschreibt ein EAS-System, das ein magnetisches Drehfeld zum Abfragen eines ferromagnetischen Kennzeichens verwendet.

[0010] Im Vergleich mit den Marken zur Verwendung in EAS-Systemen erfordern Daten- oder Identifizierungsmarken die Fähigkeit, zwischen mehreren getrennten Magnelementen, deren Anordnung die Daten codiert, zu unterscheiden. In der US-A-5,204,526 werden die Magnelemente beispielsweise durch ihre unterschiedlichen Koerzitivfeldstärken unterschieden. Als weiteres Beispiel beschreibt die US-A-5,594,229 eine magnetische Marke mit einer großen Anzahl zufällig verteilter bistabiler Magnelemente, die bei Abfrage mit einem linearen Magnetfeldgradienten eine besondere Signatur erzeugen und daher zur Erkennung gefälschter Artikel verwendet werden können. Die PCT-Veröffentlichung WO 96/31790 offenbart eine magnetische Datenmarke in der Form von dünnen Streifen oder linearen Gruppierungen magnetisch aktiver Regionen, die mit einem linearen Magnetfeldgradienten abgefragt werden, der in einer linearen räumlichen Richtung darübergestrichen wird. Die PCT-Veröffentlichung WO 98/26312 beschreibt magnetische Datenmarken, die aus Bändern eines magnetischen Materials aufgebaut sind, die als lineare Gruppierung paralleler Elemente oder in einer "durchschneidenden" Anordnung, bei der die Bänder als die Durchmesser eines Kreises oder einer Kugel angeordnet sind, angeordnet sind. Zu einem Nachteil dieser Markentypen gehören ihre relativ große Größe und relativ niedrigen Datendichten.

[0011] Die EP 0,623,237 beschreibt ein Verfahren zum Fernfühlen von Objekten durch Kennzeichnen der Objekte mit Schwingkreise aufweisenden Etiketten und Erkennen der Resonanzfrequenz der Schwingkreise, wenn sie angeregt werden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Erfindungsgemäß bereitgestellt ist ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 5.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Nunmehr werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beispielhaft beschrieben; es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) eine Veranschaulichung der die Erfindung aufweisenden physischen Artikel,

[0015] [Fig. 2](#) eine Veranschaulichung der Hauptkomponenten und Baugruppen der Erfindung,

[0016] [Fig. 3](#) eine Veranschaulichung der Anordnung von in der "2D"-Ausführungsform benutzten elektrischer Spulen,

[0017] [Fig. 4](#) die Anordnung von Abfragespulen in der "2D"-Ausführungsform,

[0018] [Fig. 5](#) einen Empfängerspulensatz,

[0019] [Fig. 6](#) eine Veranschaulichung der durch die Erfindung erzeugten Magnetfeldmuster,

[0020] [Fig. 7](#) ein einzelnes Magnelement und seine Wechselwirkung mit dem Abfragemagnetfeld,

[0021] [Fig. 8](#) die Hysteresisschleifen-Kennlinie des ein Magnelement aufweisenden magnetischen Materials,

[0022] [Fig. 9](#) eine Veranschaulichung des erkannten Signals von einem Magnelement,

[0023] [Fig. 10](#) eine Veranschaulichung einer magnetischen Datenmarke,

[0024] [Fig. 11](#) Ausgangssignale von einer magnetischen Prototyp-Datenmarke,

[0025] [Fig. 12](#) eine Veranschaulichung der erkannten Empfängersignale von einer magnetischen Datenmarke,

[0026] [Fig. 13](#) einen Schaltplan der elektronischen Empfängerschaltung,

[0027] [Fig. 14](#) den Ausgang von einer Kalibriermarke,

[0028] [Fig. 15](#) einen Schaltplan der elektronischen "Sende"-Schaltung,

[0029] [Fig. 16](#) ein Schaubild einer magnetischen

Zwei-Ziffern-Datenmarke,

[0030] [Fig. 17](#) eine Tabelle von Herstellungstoleranzen für Orientierungswinkel von Magnelementen,

[0031] [Fig. 18](#) eine Tabelle mit in den Marken für Codes 00-50 verwendeten absoluten Orientierungswinkeln,

[0032] [Fig. 19](#) eine Tabelle mit in den Marken für Codes 51-99 verwendeten absoluten Orientierungswinkeln,

[0033] [Fig. 20](#) ein Verfahren zur Serienherstellung der magnetischen Datenmarken,

[0034] [Fig. 21](#) ein schematisches Blockdiagramm des einseitigen Lesers,

[0035] [Fig. 22](#) eine Darstellung einer einseitigen Antennenbaugruppe,

[0036] [Fig. 23](#) Details der in der Baugruppe von [Fig. 22](#) verwendeten Empfängerspulen der gedruckten Schaltung,

[0037] [Fig. 24](#) das analoge Ausgangssignal von einer siebenschichtigen Marke,

[0038] [Fig. 25](#) ein Schaubild einer von einem Leser verwendeten "konischen" Abtastung,

[0039] [Fig. 26](#) ein Flussdiagramm des Verarbeitungsalgorithmus des einseitigen Lesers,

[0040] [Fig. 27](#) ein Flussdiagramm des Datenerfassungsabschnitts des Verarbeitungsalgorithmus,

[0041] [Fig. 28](#) ein Flussdiagramm zur Umwandlung von Daten in Orientierungswinkel,

[0042] [Fig. 29](#) ein Flussdiagramm des Algorithmus, der die Zwei-Ziffern-Marke decodiert,

[0043] [Fig. 30](#) ein Flussdiagramm des Algorithmus, der die Vier-Ziffern-Marke decodiert,

[0044] [Fig. 31](#) ein Flussdiagramm des Algorithmus, der Daten mit variabler Länge decodiert,

[0045] [Fig. 32](#) eine Veranschaulichung einer programmierbaren Marke,

[0046] [Fig. 33](#) eine Veranschaulichung der dem Lesen der programmierbaren Marke zugeordneten magnetischen Vektorfelder,

[0047] [Fig. 34](#) eine Veranschaulichung der erkannten Signale von der programmierbaren Marke,

[0048] [Fig. 35](#) ein Flussdiagramm zum Decodieren der Daten der programmierbaren Marke,

[0049] [Fig. 36](#) eine weitere Anordnung einer programmierbaren Marke,

[0050] [Fig. 37](#) die Anordnung von Empfängerspulen in einer 3D-Leser-Ausführungsform,

[0051] [Fig. 38](#) eine Veranschaulichung der physischen Anordnung der Empfängerspulen,

[0052] [Fig. 39](#) die Anordnung von Sendespulen in einer 3D-Leser-Ausführungsform,

[0053] [Fig. 40](#) die physische Anordnung der Sendespulen,

[0054] [Fig. 41](#) die physische Anordnung aller Spulen,

[0055] [Fig. 42](#) ein schematisches Blockdiagramm eines "3D"-Lesersystems,

[0056] [Fig. 43](#) die Abfrageantriebswellenformen und Empfangssignale,

[0057] [Fig. 44](#) die bei der Verarbeitung verwendete Faltungsfunktion,

[0058] [Fig. 45](#) ein Flussdiagramm höchster Ebene des 3D-Decodierungsalgorithmus,

[0059] [Fig. 46](#) ein Flussdiagramm für den Datenerfassungsalgorithmus,

[0060] [Fig. 47](#) ein Flussdiagramm für den Feldrichtungsalgorithmus,

[0061] [Fig. 48](#) ein Flussdiagramm für "Blip"-Erkennungsalgorithmus,

[0062] [Fig. 49](#) ein Flussdiagramm für den Minimierungsalgorithmus,

[0063] [Fig. 50](#) ein Flussdiagramm zur optimalen Bestimmung von Lückenwinkeln,

[0064] [Fig. 51](#) ein alternatives Magnetfeld-Generierungsmittel für einen Leser,

[0065] [Fig. 52](#) eine alternative Anordnung der magnetischen Datenmarke.

Detaillierte Beschreibung

[0066] Wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich ist, weist ein magnetisches Markenlesesystem eine magnetische Datenmarke **1**, eine Abfrageeinheit **2** und eine durch ein Kabel **4** mit der Abfrageeinheit verbundene Verarbei-

tungselektronik 3 auf. [Fig. 2](#) dient zur Veranschaulichung der von den Erfindern im folgenden Text verwendeten Hauptelemente und Terminologie. Die Marke 1, wird an einem Artikel 5, der etikettiert oder markiert wird, angebracht und in einem Abfragevolumen 6 platziert. Der Aufbau der Marke 1 ist unten beschrieben. Die Marke 1 wird durch ein durch eine "Sende"-Spule 8 generiertes Magnetfeld 7 abgefragt. Als Reaktion auf das Abfrage- (oder Sende-) Magnetfeld 7 generiert die Marke 1 eine erkennbare Magnetfeldreaktion 9. Die Magnetfeldreaktion 9 wird von "Empfangs"-Spulen 10 erkannt. Die Sendespulen 8 und Empfangsspulen 10 bilden eine als die Antenne 11 bezeichnete Baugruppe. Das Abfragevolumen 6 und die Antenne 11 bilden die Abfrageeinheit 2. Die erzeugten Signale werden durch elektronische Verarbeitung 3 verarbeitet, und die auf der Marke gespeicherten Daten stehen am Ausgang 12 zur Verfügung. Die Einheit wird durch einen elektrischen Eingang 13 mit Leistung versorgt.

2D-Öffnungs-Leser

[0067] [Fig. 3](#) veranschaulicht das Konzept eines "2D-Abtastabfragesystems". Ein solches System kann eine Marke im Abfragevolumen 6, dessen Orientierung im Wesentlichen in einer Ebene verläuft, abfragen. Dieser Systemtyp ist die einfache Form und wird anfangs verwendet, um den Betrieb des Abfragesystems zu erklären. Die Marke 1 wird durch ein durch 2 Paare "Sende"-Spulen 15 und 16, 17 und 18 erzeugtes Magnetfeld abgefragt. Das Sendespulenpaar 15 und 16 erzeugt ein H-Feld H_y 19. Dieses Magnetfeld wird über die Leseöffnung hinweg im Wesentlichen einheitlich sein. Die Bezeichnung "einheitlich" wird zur Beschreibung eines Vektorfelds verwendet, das über einem räumlichen Volumen im Wesentlichen die gleiche Amplitude und Richtung hat. Spulen 18 und 19 erzeugen ein Magnetfeld in der Richtung H_x 20. Die Empfangsspulen 21 und 22 sind beide so angeordnet, dass ihre magnetische Achse (definiert als der Vektor, dem entlang ein auftretender Magnetfeldvektor maximale elektromotorische Kraft, EMK, erzeugt) nach der Richtung H_y bzw. H_x ausgerichtet ist.

[0068] Jede Empfangsspule 21 oder 22 weist zwei kurze Elektromagnetspulen mit unterschiedlichem Durchmesser auf. Diese zwei Elektromagnete sind in [Fig. 5](#) als 26 und 27 gezeigt. Bei der beschriebenen Beispielausführungsform hat die Spule 26 einen Durchmesser von 119 mm, eine Länge von 25 mm und 60 Windungen Kupferlackdraht (KLD), der einen Durchmesser von 0,355 mm aufweist. Die Spule 27 hat einen Durchmesser von 86 mm, eine Länge von 25 mm und 110 Windungen KLD, der einen Durchmesser von 0,355 mm aufweist. Die zwei Spulen 26 und 27 sind in Reihe geschaltet, um die kombinierte Empfangsspule 22 zu ergeben. Die Empfangsspule 22 hat ungefähr eine Induktivität von 1 mH und einen

Widerstand von 8 Ohm. Die Spule 21 ist ähnlich, obgleich der Durchmesser geringfügig verringert ist, damit die Spulen orthogonal um denselben Mittelpunkt angeordnet sein können, wobei die Spule 21 in die Spule 22 passt.

[0069] Nunmehr wird der Betrieb der Empfangsspulen beschrieben. Das die Spulen 26 und 27 umfassende Empfangsspulenpaar 21 ist so ausgelegt, dass bei Vorhandensein des Sendemagnetfelds 20 die von den Spulen 26 und 27 erzeugten elektromotorischen Kräfte gleich und entgegengesetzt sind. Eine solche Anordnung wird als "ausgeglichen" beschrieben und wird durch mehrere Techniken erreicht, die für Fachleute offensichtlich sind. Die Verfahren umfassen Verändern des Windungsverhältnisses zwischen den Spulen, geringfügige Verformungen der eingeschlossenen Spulenfläche oder sehr kleine Orientierungsänderungen. Wenn eine Marke oder ein anderes magnetisches Material in der Spule 27 platziert wird, veranlasst ihre Permeabilitätseigenschaft die Feldlinien des Magnetfelds, sich mit dem Material zu verbinden. Dadurch wird veranlasst, dass in der Spule 27 mehr Fluss fließt als dies ohne magnetischem Material der Fall wäre. Die Ausgangs-EMK der Spule 21 ist proportional zur Änderungsrate des verbundenen Flusses, und bei Verwendung von magnetischen Wechselfeldern wird eine Nettoausgangsspannung aus dem Paar der Spulen 26 und 27 beobachtet, wenn magnetisches Material mit Permeabilität in die Spule 27 gesetzt wird. Dieses Merkmal ist Stand der Technik und wird von Magnetometern, Instrumente, die zur Charakterisierung von Eigenschaften magnetischer Materialien verwendet werden, genutzt. Das Merkmal der bei der Erfindung verwendeten Empfangsspulen 21 oder 22 besteht darin, dass sie Permeabilitätsänderungen des Markenmaterials erkennen, während sie gegen die Sendemagnetfelder unempfindlich sind. Während die Empfangsspule 21 gegen das Sendemagnetfeld 20 durch "Ausgeglichenheit" unempfindlich ist, ist sie auch gegen das Sendefeld 19 unempfindlich, weil ihre magnetische Achse zum Feld 19 orthogonal angeordnet ist.

[0070] Nunmehr wird der Betrieb der Sendespulen in Bezug auf [Fig. 4](#) beschrieben. Die Sendespulen sind paarweise angeordnet, wobei jedes Paar ein orthogonales Magnetfeld erzeugt. Ein Paar Spulen 15 und 16 sind elektrisch in Reihe geschaltet. Bei der Beispielausführung weist die Spule 15 90 Windungen auf, die über 3 Schichten mit KLD von 1 mm Durchmesser gewickelt sind, und ist ein kurzer Elektromagnet mit 30 mm Länge und 150 mm Durchmesser. Die kombinierte Induktivität des Spulenpaars 15 und 16 beträgt 3,3 mH. Das Paar Spulen 15 und 16 ist entlang ihrer magnetischen Achsen 110 mm weit auseinander. Die Spulenöffnung ist ein "abgerundetes Quadrat". Dadurch kann das zweite Spulenpaar 17 und 18 entsprechend 110 mm weit auseinander

innerhalb des Durchmessers der anderen Sendespulen sitzen. Das wichtige Merkmal besteht darin, dass die um die Marke herum erzeugten Magnetfelder **19** und **20** einheitlich und orthogonal sind. Das durch jedes Spulenpaar erzeugte Feld beträgt ca. 2,7 kA/m. Jedes Spulenpaar wird durch eine Stromwellenform angetrieben.

[0071] Die Sendestromwellenform ist so ausgelegt, dass sie von jedem Spulenpaar ein H-Feld erzeugt:

$$H_x = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$H_y = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

[0072] Der resultierende erzeugte Feldvektor ist ein einheitliches Feld **24** senkrecht zur Ebene **23** und sich mit der Geschwindigkeit ω Radiane pro Sekunde um die Z-Achse drehend **25**. Bei der beschriebenen Ausführungsform ist ω auf ca. 144 Hz festgesetzt (das Feld "dreht" sich um 360° 144 mal pro Sekunde). Das obere Niveau dieser Frequenz wird durch die Geschwindigkeit festgesetzt, mit der das Material den magnetischen Zustand umdreht. Die Untergrenze wird durch die gewünschte Datenleserate und ein erhöhtes Niveau von Barkhausen-Sprüngen und Wechsellängsstabilität des magnetischen Materials bei niedrigen Drehraten (z.B. 20 Hz) festgesetzt.

[0073] [Fig. 6](#) ist der Ausgang eines zweidimensionalen Magnetfeldmodells für einen Satz Sendespulen **15** und **16**. Die Spulen sind physisch ihren magnetischen Achsen entlang einen Abstand auseinander getrennt **28**. Bei dem Modell ist eine weichmagnetische Abschirmung **29** bereitgestellt. Diese Spulenordnung ähnelt einer "Helmholz"-Anordnung. Die Spulen erzeugen ein "einheitliches" Magnetfeld, das Vektoren **24** über dem Abfragevolumen aufweist.

Verfahren zum Erkennen des Magnelements

[0074] Nunmehr wird der Betrieb einer Ein-Element-Datenmarke unter Bezugnahme auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) beschrieben. Das Material des Markenelements **30** ist ein gesputterter Dünnschichtüberzug aus magnetischem Material auf einem PET-Kunststoffsubstrat. Von IST aus Zulte, Belgien, hergestelltes und unter dem Handelsnamen Atalante vertriebenes Material ist geeignet (Teilenummer SPR97017A). Das Material hat 0,9 Mikron magnetisches Material, das auf einen 23-Mikron-PET-Film gesputtert ist. Das Markenelement **30** in einer Anordnung misst 10 mm². Das Volumen des magnetischen Materials beeinflusst die empfangenen Signalpegel. Das magnetische Material hat eine Eigenschaft, die verursacht, dass es gegen die Richtung des angelegten Magnetfelds empfindlich ist. Konkret sättigt sich das weichmagnetische Material bei Vorhandensein eines "Querachsen"-Magnetfelds **24**, das orthogonal zur Materialausrichtungsrichtung **31** angeordnet ist,

nicht, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Die Materialcharakteristiken werden in Bezug auf [Fig. 8](#) beschrieben. Wenn das H-Feld der Ausrichtungsrichtung **31** entlang angelegt wird, bis die Koerzitivfeldstärke überwunden ist (ca. 5 A/m) gibt es keine Materialmagnetisierung (durch das Material erzeugtes B-Feld). Bei Punkt **35** beginnt das Material eine Magnetisierung zu erzeugen, die bis Punkt **36** rasch zunimmt. Die Steigung der Linie zwischen den Punkten **35** und **36** ist die Permeabilität der Marke (Materialpermeabilität in der Ausrichtungsrichtung ist bei Gleichstrom 50.000). Die Marke sollte hohe Permeabilität aufweisen.

[0075] Jenseits von Punkt **36** ist das Material vollständig gesättigt, und eine weitere Erhöhung des angelegten Felds bis Punkt **37** erzeugt nicht mehr Magnetisierung. Zur Information: das angelegte H-Feld zum Bewirken von Sättigung beträgt ca. 40 A/m (vgl. das Magnetfeld der Erde beträgt ca. 80 A/m). Das Material hat hervorragende Richtungseigenschaften. Das Querachsen-Sättigungsfeld ist als der Wert definiert, den ein Feld orthogonal zur Materialausrichtungsrichtung **31** aufweisen muss, um Sättigung zu bewirken. Der Wert beträgt ca. 3 kA/m. Wird die angewandte Querachsenfeldrichtung z.B. um 1° gedreht, erzeugt sie eine Komponente in der Materialausrichtungsrichtung **31**. Ist das Betriebsfeldniveau direkt unter dem Querachsen-Sättigungswert 3 kA/m, ergibt ein Versatz von 1° von der exakten Querachsenrichtung weg ein Feld ungefähr 1/60 oder ca. 50 A/m der Materialausrichtungsrichtung entlang. Dieses Feldniveau reicht zur Sättigung des Materials aus. Es ist ersichtlich, dass das magnetische Markenelement zu einem empfindlichen Magnetfeldorientierungsdetektor gemacht werden kann.

[0076] Anders gesagt, hat das Material des Markenelements eine Richtungseigenschaft, die durch eine Vorzugsrichtung **31** veranschaulicht ist. Die Vorzugsrichtung ist als die Achse definiert, der entlang das Material sich durch ein extern angelegtes Magnetfeld am leichtesten magnetisieren lässt. Ein orthogonal an die Vorzugsachse angelegtes Magnetfeld hat eine Null-Nettokomponente entlang der Vorzugsrichtung und ergibt null Magnetisierung M im Element. Der Querfeld-Sättigungspunkt ist als die Größe des Magnetfelds orthogonal zur Vorzugsrichtung definiert, die zur Sättigung des Materials führt.

[0077] Nunmehr wird der Markenelement-Lesebetrieb in Bezug auf das Abfragesystem beschrieben. Das Sendefeld **24** wird zum Drehen mit einer Rate von 144 Hz veranlasst. Zweimal pro Umdrehung ist das Feld **24** orthogonal zur Materialausrichtungsrichtung, oder Vorzugsrichtung, **31**, und die Magnetisierung des Markenelements hat einen Nulldurchgang. Zu allen anderen Zeiten bleibt das Markenmaterial gesättigt. Während sich das Magnetfeld **24** durch die Richtung senkrecht zur Materialausrichtungsrichtung **31** dreht, geht das Markenmaterial durch die Punkte

33, 34, 35, 36 und **37**. Der andere Nulldurchgang vervollständigt den anderen Teil der Hysteresisschleife **38**. Während sich das angelegte Sendefeld entlang der Materialausrichtungsachse **31** auflöst und von Punkt **34** bis **36** passiert, erkennen die Empfänger-spulenpaare die (Rate der) Änderung der Magnetisierung im Markenelement. [Fig. 9](#) stellt den empfangenen Signalausgang des Systems dar. Achse **39** stellt die gemessene Spannung von der Empfängerschaltung (in [Fig. 13](#) gezeigt) dar, und Achse **40** stellt die Zeit dar. Linie **41** stellt die Antriebsstromwellenform einer Sendespule dar und zeigt eine vollständige "Umdrehung" um 360° des Sendefelds. Linie **42** stellt den "Blip" vom Markenelement dar, der empfangen wird, während das Sendefeld die Richtung orthogonal zur Materialausrichtungsrichtung **31** passiert. Es sei beachtet, dass der "Blip" wiederholt **43** wird, wenn sich der Sendefeldvektor **24** um 180° gedreht hat.

[0078] Die durch das System erreichte "Auflösung" (Blip-Breite) ist eine Funktion des Materials (und der Form) des Markenelements. Besonders wird eine bessere Winkelauflösung erreicht, wenn das Materialquerachsen-Sättigungsfeld höher ist und die Permeabilität des Materials höher ist. Andere Erwägungen sind die Richtung der Markenelementebene zur Sendefeldenebene, Streugleich- und -wechselfelder und Empfangs-Betriebsbandbreiten des Systems.

[0079] Für Details anderer Materialien und Verfahren zur Herstellung von Dünnschicht-Magnetschichten wird auf die US-A-5083112 verwiesen.

Mehrelement-Magnetdatenmarke

[0080] [Fig. 10](#) veranschaulicht den Aufbau einer Mehrelement-Datenmarke. Ein quadratisches Stück eines magnetischen Filmmaterials **44** mit einer Ausrichtungsrichtung **45** ist in einem vorgeschriebenen Winkel positioniert und auf einem ähnlichen Stück Material **46** mit Ausrichtungsrichtung **47** platziert. Das Filmmaterial **44** ist z.B. das gleiche wie das für die oben beschriebene Ein-Element-Marke verwendete. Bei einem Beispiel ist der zur Darstellung jeder Bit-Möglichkeit verwendete Winkelversatz konstant und $3,75^\circ$. Ähnlich sind andere Schichten Filmmaterial **48** und **49** zur Marke hinzugefügt, um ein Sandwich mit unterschiedlichen Ausrichtungsrichtungen zu bilden. Bei der Beispielmарke in [Fig. 10](#) wird ein Datum "1" durch Vorhandensein eines Materials in einer bestimmten Ausrichtungsrichtung und Datum "0" durch Nichtvorhandensein eines Materials repräsentiert. Der $3,75^\circ$ -Abstand über dem 180° -Daten-code-Raum entspricht 48 Bits. Die theoretische Datenkapazität beträgt $2^{48} - 1$ oder $2,4 \times 10^{14}$ Codes.

[0081] In der Praxis wird die Datendichte niedriger sein. Die absolute Drehorientierung der Marke bezüglich des Sendefelds ist unkontrolliert (wodurch die

Datenkapazität um den Faktor 48 mit einem weiteren Faktor 2 für Richtungsambiguität, im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn, verringert wird). Codierungsschemata, die eine automatische Taktwiederherstellung erlauben, ergeben eine viel größere Toleranz für kurzfristiges Jittern ("Zittern") der Daten. Die Hauptfehlerquellen sind die Reproduzierbarkeit der Materialausrichtungsrichtung im hergestellten Werkstoffmaterial, Abweichungen der konstanten Drehrate des Sendefelds, Fehler bei der Schichten-ausrichtung während der Herstellung, magnetische Störung des Abfragefelds von externen Quellen und "Neigung" der Marke bezüglich der Ebene des Abfragefelds. [Fig. 11](#) veranschaulicht eine wirkliche Messung von der Prototyp-Marke, die 10 mm^2 groß und $0,5 \text{ mm}$ dick ist. Die Marke ist unter Anwendung von "Sprühbefestigen", um die Materialschichten miteinander klebend zu verbinden, und optischer manueller Ausrichtung der Materialrichtungen aufgebaut. Die Marke wurde zugeschnitten, um ein Kreisflächenprofil zu ergeben. Das Codierungsschema ist wie oben beschrieben, wobei Material in Bitpositionen 1 bis 9, 16 und 40 vorhanden ist. Der "Blip" **50** stellt eine Schicht Magnetmaterial dar, und dieses Element erzeugt eine ähnliche Reaktion **51**, nachdem sich das Sendefeld um 180° gedreht hat, und wieder bei **52** nach einer vollständigen Umdrehung des Felds nach einer $1/144$ Sekunde.

Empfängerspulen-Anordnung

[0082] [Fig. 12](#) veranschaulicht die von den Empfangsspulen **21** und **22** erzeugte Signale. Die Markenelement-Ausgänge **53** und **54** werden von der Empfangsspule **21** empfangen. Die orthogonale Empfangsspule **22** erzeugt durch 55 veranschaulichte Ausgänge. Die Spulen sind orthogonal, und daher werden die empfangenen Signale in jedem Kanal durch "Richtungsempfindlichkeits"-Amplituden **56a** und **56b** der Spulen gewichtet. Ein Markenleser-Abfragesystem kombiniert die zwei Empfangskanäle trigonometrisch, um ein Signal mit konstanter Amplitude hervorzubringen. Dadurch wird effektiv eine Empfangsspulen-anordnung (Spulen **26** und **27**) aufgebaut, die sich physisch mit derselben Rate dreht wie das Sendefeld und mit der empfindlichen magnetischen Achse orthogonal zur augenblicklichen Sendefeldrichtung.

Verarbeitungselektronik

[0083] Es folgt eine kurze Beschreibung der bei der Ausführungsform verwendeten Empfangsschaltung unter Bezugnahme auf [Fig. 13](#) und der Sendeschaltung unter Bezugnahme auf [Fig. 15](#). In [Fig. 13](#) sind die ausgeglichenen Empfangsspulen **26** und **27** mit einer Verstärkungs- und Filterungselektronik **57** verbunden, um bei **58** ein Ausgangssignal zu erzeugen. Die Wesensmerkmale der Schaltung **57** sind ein Hochpassfilter (HPF) bei ca. 300 Hz und ein Tief-

passfilter (TPF) bei 20 kHz. Das Sendemagnetfeld dreht sich mit 144 Hz, und daher besteht kein Bedarf an Gleichstromkopplung. Die HPF-Charakteristik entfernt durch unerwünschte Empfangsspulen-Unausgeglichenheit verursachten restlichen Durchbruch vom Sender in den Empfänger und verbessert ferner die Isolierung vom Sender zum Empfänger. Die TPF-Charakteristik beschränkt Hochfrequenzrauschen, dessen Quellen thermisch und elektronisch (Verstärker) sind, und aufgrund von störenden magnetischen Wechselfeldern. Optimale Leistung wäre ein durch das thermische Rauschen von den Empfängerspulen beschränkter Empfänger, von äußerer Störung abgeschirmt und mit einer an die Charakteristiken der vom Sender induzierten Impulsantwort des Markenelements angepassten Empfängerbandbreite. In der Praxis ist ein TPF-Filter bei 20 kHz ein effizienter Kompromiss. Die Empfängerverstärkung von der Schaltung **57** beträgt ungefähr das 50-fache. Die Schaltung wird für den orthogonalen Empfangsspulensatz wiederholt.

[0084] Die gemessenen Amplituden für beide orthogonale Empfangsrichtungen am Empfängerverstärkerausgang **58** sind in [Fig. 14](#) gezeigt. Die Marke ist eine kreisförmige 10 mm-Kalibriermarke mit 8 Schichten im Abstand von 22,5°. Die in [Fig. 11](#) veranschaulichte Markenreaktion beträgt ungefähr 50 mV Spitze, und der mittlere quadratische Rauschleistungsausgang des Systems beträgt 7 µV. Daher wird bei dem Prototypsystem ein erkanntes Marken-Signal-/Rauschverhältnis über 65 dB erhalten (vgl. 15 dB, die gewöhnlich in Kommunikationskanälen für angemessene Datenfehlerraten erforderlich sind).

[0085] Bei dieser Ausführungsform wurden die folgenden Empfangssignale von der Empfangsschaltung erhalten: 130 mV bei einer Marke mit 22 mm Durchmesser, 30 mV bei einer quadratischen 6 mm-Marke und 2 mV bei einer quadratischen 2,5mm-Marke.

[0086] In [Fig. 15](#) ist die Sendeantriebsanordnung gezeigt. Eine ein 144 Hz-Signal generierende Wechselstromsignalquelle **59** wird durch zwei passive Netzwerke, die so ausgelegt sind, dass sie eine differentielle Phase von ungefähr 90° ergeben, geteilt und gefiltert. Ein standardmäßiger Haushaltsaudioverstärker **60** mit 25W/Kanal liefert den Antrieb für die zwei orthogonalen Sendespulenpaare **15** und **16**, **17** und **18**. Parallele Anpass-Kondensatoren **61** sind zur Verringerung des vom Verstärker benötigten Stroms hinzugefügt. Der Antriebsstrom ist so eingestellt, dass das geeignete Sendefeldniveau erreicht wird (d.h. unter dem Querfeld-Sättigungsniveau für das Material). Die gemessene Spulenantriebsspannung beträgt ungefähr 35 V Spitze-zu-Spitze. Dadurch werden Sendeströme von ungefähr 4 A effektiv erzeugt, wobei eine Sendedrehfeldamplitude von ca. 3 kA/m erzeugt wird. Die Obergrenze dieses Feld-

niveaus wird von dem Markenmaterial bestimmt, das sich in der Querachsenrichtung bei der sich ergebenden Unterdrückung der scharfen Magnetisierungsübergänge, die die Daten codieren, sättigt. Dies geschieht bei dem Atalante-Film bei ungefähr 4,5 kA/m. Die Untergrenze kommt daher, dass die Übergänge weniger scharf werden, und außerdem wird die Magnetisierung der anderen Schichten in der Marke bedeutsamer, was schmale Winkellücken breiter zu machen scheint.

[0087] Die Decodierung der empfangenen Signale in Daten wird durch Datenverarbeitung erreicht. Bei der Beispielausführungsform werden die zwei erhaltenen Empfangskanalsignale durch ein bei Radio Spares erhältliches "PICOSCOPE" digitalisiert. Datenverarbeitung wird in MathCAD ausgeführt, um die lineare und nicht lineare Verarbeitung zum weiteren Filtern, Wiederherstellen des Datentakts und Decodieren der Markendaten zu implementieren. Dieses Programm läuft auf einem IBM PC. Diese Techniken sind im Stand der Technik hinreichend bekannt.

[0088] Codierungsschemata und Datenwiederherstellung von der Marke können im Stand der Technik bekannte Techniken nutzen. Einige vom Erfinder vorgeschlagenen Analogien beinhalten Codieren optischer Strichcodedaten. Diese sind auf die Bewältigung von durch "Verzierung" des Codes verursachten Verzerrungen im empfangenen Signal ausgelegt. Werden Daten durch analoge Größen dargestellt, wird die Datenkapazität durch Informationstheorie (Shannon) begrenzt und ist eine Funktion des Signal-/Rauschverhältnisses und natürlich der Winkelauflösung des Systems. Dies sind Funktionen des Bauweise der Marke und der Systembetriebsbandbreite.

Alternative Markencodierungsschemata

[0089] Die Erfinder haben eine Reihe von Fehlerquellen gemessen und beschrieben, die die Wahl des Codierungssystems beeinflussen. Die Material- und Markenherstellung führt zu kleinen Schwankungen der erreichten Ausrichtungsrichtung, was zu kurzfristigem "Daten"-Jitter führt. Ist die Ebene der Marke im Abfragesystem geneigt, verursacht die Geometrie der Lage Fehler an den gemessenen Markenelementpositionen. Hierbei geht es um einfache Geometrie, und 10° Neigung führen zu einer Änderung der Spitzenposition um 1,5%. 20° Neigung stellt einen Spitzenfehler von 6° in den "Blip"-Winkelpositionen dar. Es sei beachtet, dass sich der Fehler langsam ändert und eine (Raumposition-)Harmonische der Drehrate des Sendefelds ist. Eine mögliche Lösung ist die Nutzung geometrischer oder anderer inkrementaler Progressionen des Markenelementabstands, wie unten ausführlich beschrieben. Zwei Bits Daten können z.B. durch Elemente codiert werden, die in Intervallen von 3,75°, 5,5°, 7,6° und 10,1° be-

abstandet sind. Über die 180° des verfügbaren "Datenraums" könnten ungefähr 20 Blöcke codiert werden (40 Bits). Magnetische Gleichfelder sind eine weitere Quelle eines möglichen Raumharmonische-Fehlers, obwohl nachgewiesen werden kann, dass das System bezüglich dieser ziemlich tolerant ist.

[0090] [Fig. 16](#) veranschaulicht eine Marke, die unter Verwendung eines "Logarithmische-Lücke"-Codes zum Codieren von zwei Dezimalziffern aufgebaut ist. Die Marke ist aus 4 Schichten "Atalante"-Dünnschichtmaterial **62**, **63**, **64** und **65** mit 10 mm Durchmesser aufgebaut. Jede Dünnschichtmaterialschicht besteht aus einer PET-Schicht **66** und einer aktiven Magnetschicht **67** mit einer magnetischen Ausrichtungsrichtung (auf dem Fachgebiet auch als "Vorzugsrichtung" bekannt) **68**. Die Richtung **69** ist die Projektion der Materialausrichtungsrichtung **68** auf eine horizontale Ebene. Die Schichten **63**, **64** und **65** haben Materialausrichtungsrichtungen **70**, **71** und **72**. Die Schicht **67** ist in einer Orientierung von 99° **73** bezüglich der Schicht **65** ausgerichtet. Die anderen Schichten sind in einem Winkel von 17° und 43° ausgerichtet. "Lücken", die als relative Winkel zwischen Schichten definiert sind und Schicht **65** als Anfangspunkt verwenden, betragen 17°, 26° und 56°. Die magnetische Datenmarke hat einen "Datenraum" von 180°, und die 81°-Lücke **74** wird als "große Lücke" bezeichnet. Die "große Lücke" ist immer die größte Lücke und ein Zustand, der zur Bestimmung der Bezugsschicht verwendet wird, von der Daten zu decodieren sind.

[0091] Das zunehmende Inkrement zwischen aufeinander folgenden Lücken wird durch eine Analyse der wahrscheinlichen Fehler beim Herstellen und Lesen von Marken bestimmt. Der "Logarithmische-Lücke"-Code ist eine Kombination einer arithmetischen und geometrischen Progression und beruht auf den oben beschriebenen Hauptfehlern des Systems. Diese leisten unterschiedliche Beiträge je nach der Größe der Lücke. Bei kleinen Lücken sind die bedeutendsten Fehler mit der Material- und Schichtausrichtung und der magnetischen Wechselwirkung der anderen Schichten in der Marke mit dem Antriebsfeld verbunden. Dies legt die Mindestlücke und das annehmbare Mindestinkrement zwischen Lücken fest. Bei größeren Lücken sind die Hauptfehler durch geneigte Marken verursachte geometrische Fehler und eine nicht konstante Drehrate des Abfragefeldvektors. Dieser letztere Effekt ergibt sich, wenn sich die Marke nicht im Zentrum des Abfragevolumens befindet, und durch Toleranzen in den Sendetreibern des Lesers. Diese Fehler bei großen Lücken sind in erster Ordnung proportional zur Lückengröße. Es gibt eine letzte Einschränkung, dass die längste Marke physisch in den 180°-Datenraum passen muss. Zum Erreichen des effizientesten Codierungsschemas werden daher Codes, die besonders große Gesamtwinkel ergeben, weggelassen. Dadurch können wesent-

lich größere Winkel bei nur einer winzigen Verringerung der Datenkapazität verwendet werden. Dies ist die Quelle eines Großteils des Details und der Komplexität in den Codierungsschemata. Marken mit niedrigerer Datenkapazität können größere zunehmende Lücken haben und dabei eine bessere Toleranz gegenüber den oben beschriebenen Fehlern aufweisen.

[0092] [Fig. 17](#) enthält die für die "Lücken"-Definition in der in [Fig. 16](#) gezeigten Marke verwendeten Herstellungsdaten. Sieben unterschiedliche "Lücken"-Zustände (Ziffern) werden mit nominellen Lücken verwendet, wie gezeigt. Herstellungstoleranzen und gültige Lesedatentoleranzen sind ebenfalls gezeigt. Zustand 6 ist die "große Lücke". Die Zustände 0 bis 5 definieren die Daten für jede gemessene "Lücke". Die [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) zeigen die erforderlichen absoluten Materialausrichtungsrichtungen für die vier Schichten für die 100 möglichen Codes. Die in [Fig. 16](#) gezeigte Beispielmärke ist "77". Die drei "Lücken"-Zustände sind "2", "3" und "5". Das Schema macht auch erforderlich, dass sich die umgekehrte "Lücken"-Sequenz "5,3,2" zu **77** decodiert, und dieses Merkmal erlaubt es, dass eine Marke mit dem einen oder anderen Ende nach oben in dem Abfragevolumen platziert werden kann.

Markenherstellungsverfahren

[0093] Der Dateninhalt der Datenmarke wird bei der Herstellung festgesetzt. Die Marke hat die Eigenschaft, dass bei Unterteilung, z.B. durch Schneiden in zwei Hälften, die Materialausrichtungsrichtung unverändert ist und die zwei Marken beim Lesen denselben Datencode haben. Eine kostengünstige Markenherstellung ist ein wesentliches Merkmal, und [Fig. 20](#) veranschaulicht ein Verfahren zur Produktion einer großen Anzahl Datenmarken mit demselben Code. Viele Bögen **75** aus Werkstoffmaterial, das auf einer fortlaufenden Bahn ca. 1 m breit hergestellt wird, werden in 25 cm × 25 cm große Quadrate geschnitten. Die Bögen werden so verklebt, dass sie den in den Orientierungsrichtungen enthaltenen gewünschten Code ergeben. Die Schichten werden durch Auftragen eines bei Adhesive Technical Services, Purfleet, Essex, Vereinigtes Königreich, erhältlichen flüssigen Kontaktklebers Typ AD2222 mit einem Rollapplikator, der eine vorgeschriebene 12 µm dicke Kleberschicht aufträgt, verklebt. Dieser wird Trocknen erlaubt, und die Schichten werden unter Verwendung eines Zeichentisches und Präzisionswinkelmessers optisch ausgerichtet. Der laminierte Bogen kann mit einer geeigneten Stanze in kleinere einzelne Marken **76** zerschnitten werden. Anschließend werden die Marken auf einem "Kalibrations"-Leser gemessen, und die gemessenen mechanischen Ausrichtungen werden bezüglich der festgesetzten Toleranzen kontrolliert.

[0094] Die Markenform kann kreisförmig, quadra-

tisch, rechteckig oder sechseckig sein oder andere Formen aufweisen, die keine spitzen Winkel enthalten. Der die Form begrenzende Faktor ist die "Form-permeabilität", und die die Marke bildenden Magnetelemente können aufgrund der Form dieses Elements unterschiedliche Amplitudengänge haben. Die obige grundlegende Technik kann ggf. auf größere Massenherstellung erweitert werden.

[0095] Alternativ könnten kundenspezifische Marken auf Bestellung hergestellt werden. Die obige Technik könnte auf kleinere Materialbreiten zur Herstellung spezieller einzelner Marken angewandt werden. Material der Breite 1 cm auf einer großen Spule könnte z.B. von einer mit dem erforderlichen Code programmierten Maschine abgeschnitten und in den gewünschten Winkeln positioniert werden. Zur Verbesserung der Ausrichtungsgenauigkeit kann die Materialausrichtungsrichtung bei jeder einzelnen Schicht gemessen werden. Der Erfinder hat festgestellt, dass thermische Druckbindung des "Atalante"-Films möglich ist. Markenschichten mit 1 cm² können durch Anwendung einer Kraft von ungefähr 3 N/cm² bei 270°C verschweißt werden. Das magnetische Material wird durch diese Temperatur nicht beeinträchtigt.

Ausführungsform des einseitigen Lesers

[0096] Die oben beschriebene Ausführungsform der Erfindung mit der 2D-Öffnung hat den Nachteil, dass die Datenmarke innerhalb eines von Spulen umgebenen Abfragevolumens platziert werden muss. Die unten beschriebene Ausführungsform weist verbesserte Abtast- und Verarbeitungsmerkmale auf, um Anzeigen gelesener Markendaten zu vermeiden, wenn Fehler erkannt werden.

[0097] Nunmehr wird eine weitere Ausführungsform des Lesers **14** beschrieben, bei der die Antenne **11** eine im Wesentlichen flache Struktur ist und das Abfragevolumen auf einer Seite der Antenne liegt. Ein Merkmal zur Erkennung geneigter (falsch ausgerichteter) Marken ist zusammen mit fortschrittlichen Verarbeitungsalgorithmen zum Erkennen und Vermeiden falschen Lesens von Daten enthalten.

[0098] Das schematische Blockdiagramm des einseitigen Lesers ist in [Fig. 21](#) gezeigt. Die Antenne **77** wird von einem Stereo-Audioverstärker **78** bei einem Ausgangspegel angetrieben, der unter der Kontrolle variabler Verstärkerstufen **79** ist. Die Sendesignaltaktung wird von einem Mikroprozessor **80** generiert und von digitalen Zeitgeberschaltungen **81** zwischengespeichert, bevor eine analoge Filterung **82** auf eine **130** Hz-Wechselspannung stattfindet. Phasennetzwerke **98** und **99** liefern die Quadratur-Antriebswellenformen für die Sendeantriebsschaltungen. Die Antenne **77** liefert zwei Raumorientierungs-Empfängerquadraturausgänge, die von identischen rauschar-

men Verstärkern **100** verstärkt und gefiltert werden. Jeder Empfangskanal wird in analogen Mischern **101** mit einem durch einen Quadraturteiler **102** und **103** von der Sendewellenform abgeleiteten Sinus- und Kosinus-Gewichtungssignal multipliziert. Die zwei Empfängerkanäle werden in einer analogen Summierverstärker- und Differenzierschaltung **104** addiert und differenziert. Die Gewichtungsfunktionsamplituden für jeden Empfangskanal sind in [Fig. 12](#) durch gestrichelte Linien **56a** und **56b** veranschaulicht. Das resultierende Signal vor der Differenzierung besteht aus "Blips" mit konstanter Amplitude. Die Differenzierung wird zur Umwandlung von "Blip"-Spitzen in Nulldurchgänge angewandt.

[0099] Das Analogsignal wird durch einen A/D-Wandler **105** bis zu einer Auflösung von 8 Bits digitalisiert, wobei 1024 Abtastproben eine Umdrehung des Sendeabfragefelds darstellen. Jede Abtastprobe entspricht einer Drehung von ungefähr 0,352°. Das Digitalsignal wird in einem FIFO **106** zur späteren Verarbeitung durch einen 8-Bit-Mikroprozessor **80** der Familie **8051** zwischengespeichert. Die Markendecodierungsdaten werden auf einer Flüssigkristallanzeige **107** und über einen seriellen Datenanschluss **108** angezeigt.

[0100] [Fig. 22](#) veranschaulicht die Komponenten, die die einseitige Leserantenne **77** umfassen. Die Antenne umfasst zwei Empfängerantennen und zwei orthogonale Sendeantennen. Die Sendeantennen umfassen auf eine Mumetallplatte **111** gewickelte orthogonale Spulen **109** und **110**. Die Mumetallplatte ist 70 mm² groß und 1 mm dick. Bei einer alternativen Ausführungsform kann eine 4 mm dicke Ferritplatte anstatt der Mumetallplatte verwendet werden. Die Spulen **109** und **110** haben jeweils drei Schichten von 0,5 mm-KLD-Draht mit insgesamt 220 Windungen, die wie gezeigt orthogonal gewickelt sind. Die Empfängerantennen umfassen zwei identische Leiterplatten **112** und **113**, die auf jeder Seite der Mumetall-/Spulen-Sendebaugruppe angebracht sind. [Fig. 23](#) veranschaulicht die Kupfermuster der Leiterplatten. Jede Leiterplatte ist doppelseitig und hat Leiterbahnmuster auf beiden Seiten **114** und **115**. Auf einer Seite **114** bildet eine "Ziffer-8"-Schleife, die in dem veranschaulichten Sinn **118** verbundene Windungen **116** und **117** umfasst, und mit jeweils in Reihe geschalteten 25 Windungen (nicht veranschaulicht), einen Quadrupol. Die Schleifen **116** und **117** sind verbunden, um eine EMK durch ein magnetisches Wechselfeld in der Richtung **119** induzieren zu lassen. Die Leiterplattenseite **115** umfasst mit Seite **114** identische Windungen **120** und **121**, aber das Muster ist um 90° gedreht. Zwei identische Empfängerleiterplatten **112** und **113** sind miteinander verbunden, um zwei identische Empfängerantennen zu bilden, die orthogonale räumliche Empfindlichkeiten aufweisen. Die Schleifen **116** und **117** auf einer Seite **114** auf einer Leiterplatte **112** aufweisende "Ziffer

8"-Antenne ist mit den identischen Schleifen auf der zweiten Leiterplatte **113** verbunden. Die Verbindung fühlt in einer solchen Weise, dass das generierte Feld von einer der beiden Sendeantennen **109** oder **110** eine Null-Nettospannung in diesem Empfangsantennenkanal, der Spulen auf beiden Seiten der Sendespulen umfasst, induziert. Dies wird durch die physischen Symmetrien erreicht. Die "Ziffer-8"-Konfiguration (Schleifen **116** und **117**) der Empfangsantenne stellt eine Unterdrückung der einheitlichen H-Feld-Störung (von fernen Feldquellen) bereit. Es ist zu sehen, dass die Schleifen **116** und **117** gegen einen magnetischen Dipol über der Platte in der Richtung **119** empfindlich sind, wohingegen sie gegen einen magnetischen Dipol in einer orthogonalen Richtung unempfindlich sind. Schleifen **120** und **121** sind gegen einen magnetischen Dipol in der Richtung **119** nicht empfindlich. Die Antenne **77** baut das erforderliche Abfragemagnetfeld **7** auf und liefert die Empfängerempfindlichkeit gegen das von der Marke induzierte Magnetfeld **9** über dem Abfragevolumen **6**, wie es durch die in [Fig. 3](#) beschriebene Spulenanordnung erreicht wird.

[0101] Marken **1** werden mit ihren Magnelementen parallel zur durch die Leiterplattenebene **112** definierte Ebene der Antenne platziert. Das aktive Lesevolumen ist eine zur Leiterplatte **112** mittig angeordnete Fläche von ungefähr 3 cm Durchmesser und erstreckt sich auf einen Abstand von ca. 1 cm von entweder Leiterplatte **112** oder **113**.

[0102] Das Analogsignal in den A/D-Wandler **105** ist durch [Fig. 24](#) veranschaulicht, und dieses ist für eine 7-schichtige (4-Ziffern-) Datenmarke und zeigt 360° der Sendefeldrotation.

[0103] Die Antenne **77** enthält eine dritte Abfragespule **122**, die 120 Windungen aus 0,25 mm-Kupferdraht umfasst, der auf die Sendespulen gewickelt ist, wobei die Leiterplatten als Seitenplatten wirken. Die Spule wird unter der Kontrolle des Mikroprozessors durch einen standardmäßigen integrierten Motormotorschalter-Schaltkreis **123** gespeist. Strom kann in jedem Sinn fließen oder abgeschaltet sein. Diese Anordnung dient zur Generierung eines "konischen Abtastungs"-Magnetfeldvektors, wie in [Fig. 25](#) veranschaulicht. Das durch die Spule **122** in der Z-Richtung erzeugte einheitliche Magnetfeld bewirkt, dass der augenblickliche Magnetfeld-Abfragevektor **124** einen Kreis **125** beschreibt. Der "konische" Abtastungs-Abfragefeldvektor erlaubt die Bestimmung der "Neigung" der Marke bezüglich der Abfrage-(x-y-) Ebene, wie unten erklärt. Das einheitliche z-Achsen-Feld könnte durch einen Dauermagnet erzeugt werden, obgleich dieses Feld nicht deaktiviert werden kann. 0,5 mm Dicke eines anisotropen verklebten Ferritsbogens von ca. 70 mm² ergibt z.B. die gewünschte konische Abtastung. Die Spule **122** leitet 0,3 A und erzeugt ein Magnetfeld von 500 A/m in der

z-Richtung.

Verarbeitungsalgorithmen des einseitigen Lesers

[0104] Diese Ausführungsform der Erfindung weist bei der Verarbeitung der Empfängersignale mehrere Merkmale zur Verringerung der Falschlesewahrscheinlichkeit auf. Diese sind in Bezug auf die [Fig. 26](#) bis [Fig. 31](#), die die Verarbeitungsalgorithmen beschreibende Flussdiagramme sind, beschrieben. Diese Figuren zeigen keine Details von standardmäßigen Programmiertechniken nach "guter Praxis", wie z.B. Sicherstellung, dass Matrixindizes innerhalb von Grenzen sind. Sie veranschaulichen die allgemeine Form der Algorithmen, die verwendet worden sind. Alle Matrizen sind durch Elemente mit eckigen Klammern [] angegeben, und sie sind ab null indiziert. An einigen Stellen sind Matrixinhalte zu Veranschaulichungszwecken durch Tabellen gezeigt. Fehlerbehandlung ist nicht ausdrücklich gezeigt. Fehlerbehebung und -meldung sind eine detaillierte Funktion des Systems, auf dem der Algorithmus implementiert ist.

[0105] Die Mikroprozessor-Eingangsdaten sind durch [Fig. 24](#) veranschaulicht, und jede Datenprobe besteht aus 8 Bit Amplitude, die in Intervallen von ungefähr 0,352° abgetastet ist. Pro Umdrehung des Abfragefelds werden 1024 Proben genommen.

[0106] [Fig. 26](#) zeigt die Verarbeitung der höchsten Ebene. Diese zeigt den Leser, der fortwährend in Betrieb ist, um Daten aus dem Zwischenspeicher-(FIFO-) Datenerfassungssystem zu lesen. Es gibt mehrere vom Benutzer programmierbare Optionen.

[0107] [Fig. 27](#) zeigt den Datenerfassungsprozess. Der Datendecodierungsprozess kann in Echtzeit ablaufen, wobei er Datenwerte vom Datenerfassungsfifo nimmt, sobald sie verfügbar werden. Bei der Ausführungsform des einseitigen Lesers gibt es 1024 Punkte für jede vollständige Umdrehung des Sendefelds. Ein sehr einfacher Nulldurchgangsdetektor wird verwendet, der nacheinander ein Signal unter einer negativen Schwelle, einen Negativ-Positiv-Durchgang und ein eine positive Schwelle überschreitendes Signal sucht. Wird diese Folge nicht gefunden, wird der empfangene Übergang ignoriert. Der Nulldurchgangs-Zeitindex wird zu einem Bruchteil des Probenintervalls interpoliert, und aufeinander folgende Werte werden in einer Matrix POS gespeichert. Es wird erwartet, dass diese Matrix eine gerade Anzahl von Elementen enthält – für eine 7-schichtige Marke werden z.B. 14 Einträge vorhanden sein.

[0108] [Fig. 28](#) zeigt den Algorithmus zur Umwandlung der Nulldurchgangszeit-Rohindizes in Winkellücken. Jede Magnetschicht generiert bei jeder Abfragefeldrotation zwei Nulldurchgangssignale bei ungefähr 180°, und diese werden zusammen verarbeitet. Der Durchschnitt dieser zwei Werte ergibt einen Wert

mit verringerter Wirkung von externen Magnetfeldern. Die Differenz liefert Informationen über das Niveau des externen Felds. Diese Zahlen werden in Grad umgewandelt (auf der Anzahl der Proben/Umdrehung basierend) und in Matrizen GAP bzw. DEV gespeichert.

[0109] Die [Fig. 29](#) bis [Fig. 31](#) zeigen drei unterschiedliche Decodierungsalgorithmen für 2-Ziffern-, 4-Ziffern- und bis zu 10-Ziffern-Datenmarken. In allen Fällen ist der erste Schritt der Verarbeitung, die Elemente in der GAP-Matrix herumkreisen zu lassen, bis das erste Element das größte ("große Lücke") ist. Eine Kontrolle bestimmt, ob dieses die durch das Codierungsschema definierten Kriterien für die große Lücke erfüllt.

[0110] Jeder Markenwert-Decodierungsalgorithmus vergleicht dann alle übrigen Lücken mit tabellarisierten zulässigen Werten für die Lückengrößen. Der Index des übereinstimmenden Elements aus der Tabelle ergibt eine Basis-6- (oder Basis-5-) Ziffer. Bei dem 2-Ziffern-Schema ergeben die drei Lücken drei Basis-6-Ziffern, die in einer einzigen Zahl vereinigt werden, die den Bereich 0-215 (dezimal) überspannt. Nur einige der möglichen 216 Codes sind zulässig, und die Anzahl wird zum Indizieren einer 216-Element-Verweistabelle verwendet, die Werte für alle gültigen Vorwärts- und Rückwärts-Basis-6-Codes enthält. Die ungültigen Zustände generieren gekennzeichnete Fehler. Diese Verweistabelle kann aus der Tabelle in den [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) generiert werden, indem die Spalten "Basis 6 (vorw.)" und "Basis 6 (rückw.)" nach jeder aufeinander folgenden Basis-6-Zahl durchsucht werden und für diese ein Querverweis auf die "Marke Nr." in der ersten Spalte hergestellt wird. Ist die Basis-6-Zahl nicht aufgelistet, ist sie ungültig.

[0111] Bei dem 4-Ziffern-Algorithmus ergeben die ersten drei Basis-6-Ziffern eine Zahl (als LH bezeichnet), und die Reihenfolge der zweiten drei Basis-6-Ziffern ist umgekehrt, um eine zweite Zahl (als RH bezeichnet) zu ergeben. Wenn die Marke auf den Kopf gestellt gelesen worden ist, sind LH und RH zweifellos umgekehrt. RH und LH werden über eine Verweistabelle umgewandelt, die die 216 möglichen Werte durch die physische Länge der Winkel, die sie definieren, sortiert. Die Codierung definiert, dass RH immer kleiner oder gleich LH ist (wert- und winkelmäßig), daher werden sie erforderlichenfalls ausgetauscht. Das heißt, dass der korrekte Markenwert decodiert wird, selbst wenn die Marke auf den Kopf gestellt ist. Die kleinere Zahl indiziert eine Matrix von Versatznummern. Der Markenwert wird durch Addieren der Differenz zwischen LH- und RH-Zahlen zu diesem Versatz generiert.

[0112] Bei dem 10-Ziffern-Algorithmus wird jeder Satz von drei Basis-Fünf-Zahlen zum Generieren ei-

ner zweistelligen Dezimalzahl verwendet. Diese werden zur Bildung des endgültigen Marken-Dezimalcodes miteinander verkettet. Die Anzahl der Ziffern im Markencode ist immer eine gerade Zahl zwischen 2 und 10, je nach der Anzahl von Elementen in der Marke.

Techniken zur Unterdrückung von Falschlesens

[0113] Der Leser weist viele besondere Merkmale auf, die zum Verbessern der Falschleseleistung verwendet werden, und diese werden nunmehr beschrieben.

[0114] Jede Schicht der Marke generiert zwei 180° (nominal) weit auseinander befindliche Blips, wenn die Marke horizontal ist und korrekt gelesen wird. Ein externes magnetisches Störgleich- oder -wechselfeld verzerrt den augenblicklichen Abfragemagnetfeldvektor und bewirkt, dass diese Blips nicht 180° voneinander entfernt sind. Der Prozessor kontrolliert den Blip-Abstand und weist Lesungen zurück, die um mehr als 4° außerhalb der Toleranz liegen. Es sei beachtet, dass sich "Marke horizontal ist" auf den Zustand bezieht, bei dem die Marke immer orthogonal zur Drehachse des Abfragemagnetfeldvektors ist.

[0115] Eine Spule **122** kann ein magnetisches (Gleich-) Feld orthogonal zu beiden Sendespulen und in der Richtung der Drehachse des Sendefelds generieren. Dies führt zu einer konischen Abtastung und ist in [Fig. 25](#) veranschaulicht. Eine nicht "horizontale" Marke ist einer Komponente dieses Gleichfelds ausgesetzt, und diese Komponente nimmt mit zunehmenden Markenneigungswinkel bezüglich der "Horizontalen" zu. Die Wirkung dieser Komponente besteht in der Änderung des erkannten Lückenabstands. Der Prozessor **80** validiert den Lückenabstand zwischen Blips von jeder Schicht, und wenn die Abänderung von den erwarteten 180° 4° überschreitet, wird die Lesung zurückgewiesen.

[0116] Der Prozessor unterscheidet zwischen "180°-Schicht-Fehlern", die durch Markenneigung und/oder ein externes Magnetfeld verursacht werden, durch Ändern der Richtung des angelegten Gleichstromvormagnetisierungsfelds und Überwachen der Änderung der 180°-Schicht-Fehler.

[0117] Das Niveau des Sendeantriebsfelds ist unter Prozessorssteuerung steuerbar. Dies erlaubt ein optimales Abfragefeld an der Marke, während Markenleseabstand und Material variieren. Bei niedrigen Antriebsfeldniveaus und bei kleinen Lücken kann der Magnetisierungsdipol jeder Markenschicht die Abfragefeldrichtung an der Marke lokal ändern. Dies bewirkt, dass sich die Lücken bei niedrigen Antriebsniveaus auseinander bewegen. Größere Antriebsfeldniveaus gleichen diese Wirkung aus, obgleich die Marke aufhört zu funktionieren, wenn das Quer-

feld-Sättigungsniveau überschritten wird.

[0118] Der Prozessor **80** weist andere Verarbeitungsmerkmale auf, um sicherzustellen, dass keine Falschlesungen angezeigt werden. Sie kontrollieren, dass die Anzahl erkannter Spitzen für das Markencodierungsschema korrekt ist, dass die empfangenen Amplituden korrekt sind und dass die empfangene Signal-"Form" korrekt ist (z.B. die Zeit zwischen dem Minimum und dem Maximum und die Symmetrie um Null).

Programmierbare Datenmarken

[0119] Die oben beschriebenen Datenmarken sind nur lesbar, und der Dateninhalt wird bei der Herstellung festgelegt. Eine alternative Anordnung der Marke erlaubt den Aufbau einer programmierbaren Datenmarke. Der oben beschriebene einseitige Leser kann mit einem unten beschriebenen modifizierten Verarbeitungsalgorithmus programmierbare Marken lesen.

[0120] [Fig. 32](#) zeigt eine programmierbare Datenmarke **126**, die drei Schichten Atalante-Film **127**, **128**, **129** und eine hartmagnetische Schicht **130** aufweist, die zur Bildung der Marke **126** alle miteinander verklebt sind. Schicht **130** ist aus 15 µm dickem Nickel mit 10 mm Durchmesser, was einen Remanenzfluss von ungefähr 1000 A/m ergibt. Die "Atalante"-Filmschicht **127** hat eine Materialausrichtungsrichtung **131**. Die Richtung des Remanenzflusses in Schicht **130** kann über 360° Orientierungsraum variiert werden. Daten-"Programmierung" wird durch Magnetisieren des Dauermagnetmaterials **130** mit einem großen externen Gleichfeld von definierter Orientierung, das nachher entfernt wird, erreicht.

[0121] Unterschiedliche magnetische Materialien machen unterschiedliche Programmierfelder erforderlich. Die Nickelschicht erfordert ein Feld von ungefähr 3 kA/m. Eine Ferritschicht (wie z.B. Audioband) mit niedriger Koerzitivfeldstärke erfordert ungefähr 25 kA/m. Diese beiden Schichten können einfach unter Verwendung eines standardmäßigen anisotropen verklebten Ferritmagnets (75 × 50 × 20 mm) über seine schmale Seite magnetisiert werden, indem der Magnet mit der Kante in der gewünschten Orientierung an der Marke platziert und weggezogen wird, während dieselbe Winkorientierung beibehalten wird. Bariumferrit mit hoher Koerzitivfeldstärke kann ebenfalls verwendet werden, und es sind 200 kA/m, die bei Verwendung eines Seltenerd magnets bequem erreicht werden, erforderlich, um es zu magnetisieren. Bariumferrit erfordert zwar ein größeres Magnetisierungsfeld, doch sein Vorteil ist, dass es schwieriger zu löschen und isotrop ist, im Gegensatz zum Ferrit mit einer niedrigeren Koerzitivfeldstärke. Cro-Vac von Vacuumschmelze ist für größere Marken (z.B. 20 mm Durchmesser) geeignet, da es nur in

Dicken ab 40 µm aufwärts erhältlich ist.

[0122] Der Aufbau der Marke ist ein wichtiges Thema, um ein zuverlässiges programmierbares Merkmal zu erreichen. Insbesondere werden beste Ergebnisse erreicht, wenn der Durchmesser der hartmagnetischen Schicht den Durchmesser der weichmagnetischen Schichten um ungefähr 20% überschreitet. Die erforderliche Dicke ist proportional zum Durchmesser, um das gleiche tatsächliche Feldniveau zu erreichen. Eine polymergebundene Ferritschicht mit 40 µm Dicke ist z.B. für Marken mit 10 mm Durchmesser geeignet. Diese wird typischerweise bei Verwendung von drei Schichten Standardaudioband erreicht. In diesem Fall sollten die Schichten in unterschiedlichen Winkeln laminiert werden, da dieses Material nicht isotrop ist.

[0123] [Fig. 33](#) zeigt die Wechselwirkung zwischen dem Magnetfeld (B_v) **132** von der Dauermagnet-Vormagnetisierungsschicht **130** und dem mit (B_r) **133** bezeichneten Abfragedrehfeld **24** für eine einzige weichmagnetische Schicht **127** mit einer Materialausrichtungsrichtung **131**. Die orthogonale Richtung zur Materialausrichtungsrichtung ist mit F **134** gekennzeichnet. Der Winkel zwischen der hartmagnetischen programmierbaren Richtungsvorspannungsschicht und F ist mit θ **135** gekennzeichnet. Der Winkel zwischen dem Drehfeld und F bei dem Punkt, an dem sich die Magnetisierung der weichen Schicht umdreht (d.h. ein "Blip" erkannt wird) ist δ_1 **136**.

[0124] Das an ein Magnelement in der Marke **127** angelegte lokale Feld ist die Vektorsumme des Abfragefelds **24** und des durch den Dauermagnet generierten Felds. Dieses bewirkt, dass die erkannten "Blip"-Orientierungen schräg verlaufen, so dass im Allgemeinen die zwei erkannten Richtungen für jede Schicht (pro vollständige Umdrehung des Abfrage-magnetfelds) nicht mehr 180° auseinander sind. Bei jeder weichmagnetischen Schicht in der Marke ist die Abweichung von 180° im Allgemeinen anders, weil jede weiche Schicht in einem anderen Winkel zur hartmagnetischen Materialvormagnetisierungsschicht angeordnet ist. [Fig. 34](#) veranschaulicht diesen Effekt. Ohne ein programmierbares Vormagnetisierungsfeld ist der "Blip" **137** eines von drei Magnelementen in der Marke **126**. Bei Anlegen eines programmierbaren Richtungsvormagnetisierungsfelds bewegt sich der "Blip" an eine neue Position **138**, eine kleine Entfernung von der ursprünglichen Position **139**.

[0125] Wie aus [Fig. 33](#) ersichtlich ist, gibt es ein statisches Vormagnetisierungsfeld mit der Größe B_v und ein Abfragedrehfeld mit der Größe B_r . Die Magnetisierung der Magnelementschicht **127** erzeugt einen "Blip", wenn die Vektorsumme dieser zwei Felder orthogonal zur Materialausrichtungsrichtung **131** ist. In [Fig. 33](#) ist diese als A bezeichnet, und ein "Blip" wird

erzeugt, wenn das resultierende summierte Feld parallel zu F ist. θ ist der Winkel zwischen dem Vormagnetisierungsfeld und der Orthogonale zur Materialausrichtungsrichtung (F), und δ_1 ist der Winkel zwischen der Orthogonale zur Materialausrichtung (F) und dem Winkel des Radialvektorfelds B_r . Dieser beträgt tatsächlich die Hälfte der oben erwähnten 180° -Abweichung. Bei Anwendung des Sinussatzes gilt

$$\frac{B_r}{\sin \theta} = \frac{B_b}{\sin \delta_1}$$

[0126] Folglich

$$\sin \delta_1 = \frac{B_b}{B_r} \sin \theta$$

[0127] Eine magnetische Datenmarke wird mindestens zwei Schichten Material haben. Anwenden der gleichen Analyse auf eine zweite Schicht in einem Winkel ϕ zur ersten ergibt

$$\sin \delta_2 = \frac{B_b}{B_r} \sin(\theta + \phi)$$

Umstellen und Lösen für θ

$$\theta = \cot^{-1} \left[\frac{\frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} - \cos \phi}{\sin \phi} \right]$$

[0128] Wenn δ_1 und δ_2 klein sind, kann dies angenähert werden durch:

$$\theta = \cot^{-1} \left[\frac{\frac{\delta_2}{\delta_1} - \cos \phi}{\sin \phi} \right]$$

[0129] Durch Messen der Abweichungen von 180° (2δ), bei denen die Marke "Blips" erzeugt, für zwei Markenelemente (127 und 128) bei einer (gemessenen) Winkelentfernung ϕ kann der Winkel des Vormagnetisierungsfelds bezüglich einer festen Bezugsgröße (wie z.B. des ersten Elements) bestimmt werden. Mit diesem Winkel ist eine 180° -Ambiguität verbunden. Es sei beachtet, dass zur Erzielung einer vollständigen Abdeckung von 180° die Elemente (127 und 128) in der in der obigen Analyse ausgetauscht werden müssen, wenn $\delta_1 < \delta_2$.

[0130] [Fig. 35](#) ist ein Flussdiagramm für den bei der einseitigen Leser-Ausführungsform implementierten Decodierungsalgorithmus zum Decodieren der programmierbaren Datenmarke und zeigt, wie eine zusätzliche Dezimalziffer von der Orientierung einer programmierbaren Magnetschicht decodiert werden kann.

[0131] Das Datum für die Richtung der hartmagnetischen Schicht wird als Mittelpunkt des größten Winkels ϕ_i (die "große Lücke" zwischen zwei Elementen auf der Marke verwendet. Bei dieser Ausführungsform sind die zwei für die Analyse verwendeten Markenelemente die diese "große Lücke" definierenden Elemente. Eine weitere Ambiguität von 90° wird eingeführt, weil es bei dem bestehenden zu Grunde liegenden Codierungsschema für die Zwei-Ziffern-Marke nicht möglich ist zu bestimmen, wie herum ("Kopf oder Zahl") die Marke positioniert ist. Die zusätzliche programmierbare Dezimalziffer (0-9) wird durch Unterteilen der 90° in zehn 9° breite Behälter codiert.

[0132] Die obige Ausführungsform zeigt eine einfache Analyse, die in der Ganzzahlenarithmetik bei einem eingebetteten 8-Bit-Prozessor implementiert werden kann. Eine komplexere Analyse könnte alle möglichen Winkelpaare zwischen Elementen berücksichtigen und zur Bestimmung von θ ein geeignetes gewichtetes Mittel verwenden. Dies ist eine unelegante Lösung, könnte aber für einen einfachen eingebetteten Prozessor wieder geeignet sein.

[0133] Eine kleine Modifizierung des zu Grunde liegenden Codierungsschemas, bei dem um die "große Lücke" herum symmetrische Codes verboten sind, stellt den vollständigen 180° -Bereich möglicher Winkel wieder her. Diese verdoppelt entweder die Anzahl der Codes, oder sie erlaubt breitere Behälter (18°) für dieselbe Anzahl von Codes.

[0134] Ein leistungsfähigerer Prozessor kann eine komplexere Analyse ausführen. Die geeignetste Analyse zur Ausführung besteht in der Bestimmung des 2D-Vektors des Vormagnetisierungsfelds B_b unter Anwendung eines Minimierungsprozesses. Für jedes weichmagnetische Element gibt es zwei Werte des Drehvektors B , bei dem sich die Magnetisierung umdreht. Wenn B_b zu jedem Wert von B_r addiert wird, sollten die resultierenden zwei Vektoren genau 180° zueinander stehen. Wenn die Abweichung von 180° für das i . Element α_i ist und es N Markenelemente gibt, ist der Wert von B_r am besten, wenn

$$\sum_{i=1}^N [\alpha_i]^2$$

minimiert ist. Ein multivariater Standardminimierungsalgorithmus wie z.B. das Powell-Verfahren kann zur Bestimmung der Komponenten des Vektors B_b verwendet werden (siehe Numerical Recipes in C, 2. Ausgabe, Cambridge University Press, Abschnitt 10.5).

[0135] Modifikationen der programmierbaren Markenstruktur sind möglich. [Fig. 36](#) veranschaulicht eine weitere mögliche Anordnung einer programmierbaren Marke. Vier identische weichmagnetische Elemente 140 sind auf einer hartmagnetischen

Schicht **141** platziert. Das Magnelement **140** ist ein 20 mm langes Vitrovac 6025-Material, das bei Vacuumschmelze, Deutschland, erhältlich ist. Dieses ist ein 25 µm dickes und 0,75 mm breites Magnelement. Die Elemente **140** sind so angeordnet, dass sie in durch das Markencodierungsschema definierten Orientierungen liegen (Markencode **77** ist veranschaulicht, und die Winkel sind in [Fig. 19](#) gezeigt). Schicht **141** weist eine hartmagnetische Schicht mit 23 mm Durchmesser aus 45 µm dickem Cro-Vac auf, das bei Vacuumschmelze, Deutschland, erhältlich ist. Zu weiteren Anordnungen der Marke unter Verwendung eines alternativen Magnelementmaterials oder anderer physischer Anordnungen gehört die Verwendung von in der US-A-5,083,112 definierten Magnelementen.

Ausführungsform des 3D-Lesers

[0136] Die oben beschriebenen Leser-Ausführungsformen können eine parallel zu einer Ebene (x-y) liegende Marke lesen. Nunmehr wird eine 3D-Leser-Ausführungsform beschrieben, die das Lesen einer zufällig orientierten Marke im Abfragevolumen erlaubt. Die Ausführungsform ist eine Verbesserung des oben beschriebenen 2D-Öffnungs-Lesers und fügt eine dritte orthogonale Sendespule und eine dritte orthogonale Empfängerspule hinzu. Der Sendeabfragemagnetfeldvektor dreht sich um eine Normalachse. Diese Achse wird über dem verfügbaren Orientierungsraum abgetastet. Die Empfangssignale werden verarbeitet, um die Orientierung zu finden, in der das Sendeabfragefeld der Ebene der Marke am nächsten war, und die aufgezeichneten "Blips" werden zu Daten decodiert.

[0137] Es folgt eine Beschreibung der bei der Ausführungsform verwendeten Spulen, wobei zuerst die Empfangsspulenkonfiguration und dann die Sendespulenkonfiguration beschrieben werden.

[0138] Die [Fig. 37](#) und [Fig. 38](#) veranschaulichen die Empfängerspulenordnung. Die Empfängerspulen sind auf einer zylindrischen Wickelform **142** mit 200 mm Durchmesser und 400 mm Länge aufgebaut. [Fig. 37](#) veranschaulicht die drei zur Kopplung mit den Magnelementen der Marke in der Abfragezone verwendeten Sätze orthogonaler Spulen. Für die y-Richtung **143** weist der Empfängerspulensatz **4** Spulen **144**, **145**, **146** und **147** auf. Innenspulen **145** und **146** liegen an der Wickelform **142** an und erstrecken sich 120 mm entlang der x-Richtung, wie durch Abmessung **148** veranschaulicht. Beide Innenspulen weisen 100 Windungen KLD mit 0,4 mm Durchmesser auf. Die Außenspulen **144** und **147** weisen 58 Windungen KLD mit 0,4 mm Durchmesser auf und sind auf eine zweite koaxiale Wickelform (nicht gezeigt) mit 260 mm Durchmesser gewickelt. Die Spulen erstrecken sich 156 mm entlang der x-Richtung. Die vier Spulen sind in dem veranschaulichten elektrischen Sinn in

Reihe geschaltet und durch kleine mechanische Neuausrichtungen "ausgeglichen", um null Empfindlichkeit gegen ein einheitliches Magnetfeld zu erreichen. Ein zweiter Empfängerspulensatz wie veranschaulicht ist gegen ein von der Marke generiertes Feld in der z-Richtung **149** empfindlich. Dieser Spulensatz ist mit den Spulen **144**, **145**, **146** und **147** identisch und um 90° gedreht, wie gezeigt. Der dritte gegen ein von der Marke generiertes Feld in x-Richtung **150** empfindliche Spulensatz weist zwei Magnetspulen **151** und **152** auf. Die Innenspule **151** hat 100 Windungen KLD mit einem Durchmesser von 0,4 mm, die auf eine Wickelform **142** gewickelt sind, und sie ist 120 mm lang. Die Außenspule **152** hat 58 Windungen KLD mit einem Durchmesser von 0,4 mm, die auf die zweite koaxiale Wickelform mit 260 mm Durchmesser gewickelt sind, und sie ist 156 mm lang. [Fig. 38](#) veranschaulicht alle auf die innere Wickelform **142** und die äußere Wickelform **153** gewickelten Spulen.

[0139] [Fig. 39](#) veranschaulicht die Konfiguration der drei orthogonalen Sendespulen. Die Spulen sind auf eine zylindrische Wickelform **154** gewickelt, die eine Länge von 370 mm und einen Durchmesser von 300 mm hat. Ein einheitliches Magnetfeld in der y-Richtung **155** wird durch vier Spulen **156**, **157**, **158** und **159** erzeugt. Die Spulen **156** und **158** weisen eine "modifizierte Helmholz"-Anordnung auf, die den Spulen **15** und **16** ähnelt. Die Spulen **157** und **159** weisen eine zweite "modifizierte Helmholz"-Anordnung mit einer gegenüber den Spulen **157** und **159** um 25° versetzten magnetischen Achse auf. Die zwei "modifizierten Helmholz"-Spulensätze haben magnetische Achsen 12,5° auf beiden Seite der y-Richtung **155**. Die Spule **156** hat 50 Windungen KLD mit einem Durchmesser von 1,4 mm und erstreckt sich auf einer Länge von 370 mm entlang der Wickelform. Wo die Spule **156** über das offene Ende der Wickelform **154** verbindet, ist die Spule ein abgeflachter Halbkreis mit einer Gesamtspulenöffnungsbreite von 570 mm. Die zwei Kanten der Spule **156**, die entlang der Magnetspule (x-Richtung) liegen, begrenzen 120° bei der Achsenmitte der Wickelform. Die Spulen **157**, **158** und **159** sind größen- und formmäßig identisch. Ihre Orientierung um die Wickelform **154** ist oben beschrieben. Die vier Spulen sind in dem veranschaulichten Sinn in Reihe geschaltet. Ein zweiter Sendespulensatz generiert ein einheitliches Feld in der z-Richtung **160**. Dieser Satz weist vier identische Spulen auf, die wie abgebildet in einer orthogonalen Richtung orientiert sind. Die letzte Senderspule besteht aus einer langen Magnetspule **162**, die 260 Windungen KDL mit 1,4 mm Durchmesser auf der Spulenwickelform **136** aufweist. Diese generiert ein einheitliches Feld in der x-Richtung **162**.

[0140] [Fig. 40](#) zeigt die Sendespulenordnung, die aus neun ein einheitliches Feld in drei orthogonalen Richtungen generierenden Spulen besteht.

Fig. 41 veranschaulicht die Ausführungsform der 3D-Leser-Antenne. Die Sendespulen auf der Wickelform **154** sind coaxial mit dem Empfängerspulenrohr **142** angeordnet. Das Abfragevolumen **6** ist durch ein weiteres coaxiales Rohr (nicht gezeigt) mit 190 mm Innendurchmesser definiert, das verwendet ist, um eine mechanische Beschränkung der möglichen Markenpositionierung in der Antenne zu definieren. Die Längsregion mit höchster Empfindlichkeit ist weniger als 10 cm lang, und Marken können exakt gelesen werden, wenn sie der Achse des Leserohrs entlang um 10 cm oder mehr getrennt sind.

[0141] **Fig. 42** veranschaulicht das Blockdiagramm dieser 3D-Leser-Ausführungsform. Eine ME3000 PCI-Bus-Datenerfassungskarte **163** von Meilhaus stellt eine A/D-/D/A-Mehrkanal-Wandlereinrichtung mit 16 Bit Auflösung bereit. Die Karte ist in einen dem Industriestandard entsprechenden IBM-kompatiblen PC **164** eingebaut, auf dem Windows 95 läuft. Die A/D-/D/A-Wandlerkarte **163** generiert softwaregesteuert drei Sendeerregerspannungen. Diese werden durch drei 1 kW-Einkanalar-Audioverstärker **165** verstärkt und treiben die drei orthogonalen Sendespulen mit Resonanzkondensatoren an, wie gezeigt. Die erforderlichen Antriebsströme sind 3 A quadratischer Mittelwert, um das erforderliche 2,5 kA/m-Abfragefeld zu generieren. Die Senderströme werden durch Stromfühlwiderstände **166** überwacht und bei einer Abtastfrequenz von 100 kHz digitalisiert. Von den Empfangsspulen erkannte Signale der Marke werden von Empfangsschaltungen **167**, die den in **Fig. 13** gezeigten ähneln, verstärkt. Das empfangene Signal wird durch eine Signalgewichtungsfunktion in einem Analogmultiplizierer **168** multipliziert. Die drei Empfängerkanäle werden in einem Analogaddierer **169** kombiniert und differenziert und von der A/D-Wandlerkarte **163** bei einer Rate von 100 kHz digitalisiert.

[0142] **Fig. 43** zeigt die vom AD-Wandler gemessenen drei Sendestromwellenformen **170**, **171** und **172**. Die erkannte Markenreaktion **173** ist für eine 7-schichtige 4-Ziffern-Marke ebenfalls gezeigt. Die Zeitauflösung erlaubt in **Fig. 43** nicht die Auflösung aller "Blips". Das Sendeabfragefeld vervollständigt in einer Zeit **174** eine Umdrehung. Wenn die Abfragefeld-"Abtastung" nahe der Markenebene erfolgt, sollten 14 "Blips" vorhanden sein. Nunmehr wird die Signalverarbeitung unter Bezugnahme auf die Flussdiagrammbeschreibungen der in den **Fig. 45**, **Fig. 46**, **Fig. 47**, **Fig. 48** und **Fig. 49** beschriebenen Verarbeitungsalgorithmen beschrieben.

[0143] Wenn die Orientierung (Ebene) der Marke unbekannt ist, können mehrere Abfrageabtastungen in unterschiedlichen Orientierungen ausgeführt werden, bis eine der Ebene der Marke nahe ist. Eine Abtastung ist als eine vollständige Umdrehung des Sendefeldvektors in einer Ebene definiert. Die oben be-

schriebenen 2D-Decodierungsalgorithmen können auf die erkannten Signale angewandt werden, um den Datenwert der Marke zu bestimmen. Wenn die Abtastebene mit der Markenebene übereinstimmt, ist der Analogsignalausgang des Addierers **169** der gleiche wie das in **Fig. 24** gezeigte 2D-Abtastsignal.

[0144] Bei dieser Ausführungsform wird eine kontinuierliche Abtastung angewandt. Diese beruht auf einem Drehfeld mit nominal 130 Hz, dessen Normalvektor so angeordnet ist, dass er über der Oberfläche einer Halbkugel bei einer konstanten Winkelgeschwindigkeit eine Spirale verfolgt (unten als eine Spiralabtastung bezeichnet). Über eine einzige 7,7 ms dauernde "Abtastperiode" ist diese einer Abtastung in einer einzigen Ebene ähnlich. Die Gleichungen für die Komponenten des "gesendeten" B-Abfragefelds werden angegeben durch

$$B_x = (\cos^2(\phi) \cdot \cos(\theta) + \sin^2(\phi)) \cdot \cos(\omega t) + (\sin(\phi) \cdot \cos(\phi) \cdot \cos(\theta) - \cos(\phi) \cdot \sin(\phi)) \cdot \sin(\omega t)$$

$$B_y = (\cos(\phi) \cdot \sin(\phi) \cdot \cos(\theta) - \sin(\phi) \cdot \cos(\phi)) \cdot \cos(\omega t) + (\sin^2(\phi) \cdot \cos(\theta) + \cos^2(\phi)) \cdot \sin(\omega t)$$

$$B_z = (-\cos(\phi)) \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\omega t) - \sin(\theta) \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\omega t)$$

wobei t die Zeit ist, ω die Winkelfrequenz der 140 Hz-Abtastung ist, $\phi = (\text{Konstante}) \cdot \theta$ und $\theta = \cos^{-1}(1 - t/T)$. T ist die Gesamtzeit für eine vollständige Abfrage.

[0145] **Fig. 43** zeigt die drei orthogonalen Feldkomponenten **170**, **171**, **172** und das zusammengesetzte markensignal **173** von einer Spiralabtastung, die eine Halbkugel auf derselben in **Fig. 24** abgetasteten Marke abdeckt. Es gibt offensichtlich eine große Anzahl separater Spitzen, die in dieser Figur nicht alle deutlich aufgelöst sind.

[0146] **Fig. 45** zeigt die Ansicht höchster Ebene der bevorzugten Ausführungsform der Signalverarbeitung für die 3D-Leser-Ausführungsform. Im Allgemeinen ähnelt der Algorithmus dem Algorithmus des einseitigen Lesers, aber er macht viel mehr Schritte erforderlich, um den Punkt zu erreichen, bei dem "Lücken" zwischen Magnelementen der Marke bestimmt werden können. Ab diesem Punkt werden die Marken-Decodierungsalgorithmen in den **Fig. 29**, **Fig. 30** und **Fig. 31** verwendet.

[0147] Der erste Schritt bei allen Decodierungsschemata dieser Ausführungsform besteht in der genauen Bestimmung der Zeitindizes der "Blips". Dies ist in **Fig. 46** gezeigt. In einem Idealfall haben alle "Blips" dieselbe Größe und Form. Der Nulldurchgangspunkt in der Mitte jedes "Blips" ist der Punkt, an dem das angelegte Feld keine Nettokomponente entlang der Materialausrichtungsrichtung des Magnelements hat. Der Erkennungsalgorithmus soll diese

Zeit bestimmen.

[0148] Zum Finden der Nulldurchgangspunkte wird das digitalisierte Signal mit einer Rechteckfunktion gefaltet, wie in [Fig. 44](#) gezeigt. Das Faltungsbezugssignal ist symmetrisch und hat eine gleiche positive und negative Empfindlichkeit um $t=0$ und eine Gesamtbreite von ungefähr 80 μs . In [Fig. 46](#) ergibt der Faltungsalgorithmus Matrix CONV[i].

[0149] Die Nulldurchgangspunkte der "Blips" in der ursprünglichen Wellenform werden durch Suchen nach Spitzen über einer bestimmten Schwelle aus der gefalteten Wellenform extrahiert. Die Position der Spitze kann verwendet werden, um auf die ursprünglichen Nulldurchgangsdaten ein Zeittor anzuwenden, was Interpolieren der exakten Nulldurchgangszeit aus den ursprünglichen abgetasteten Daten erlaubt. Alternativ kann eine genauere Zeit durch Anwendung von quadratischer Interpolation um die Spitze der gefalteten Daten herum extrahiert werden (wie im Flussdiagramm in [Fig. 46](#) veranschaulicht ist). Diese interpolierten Positionen werden in der Matrix INTERP[] gespeichert.

[0150] Der zweite Schritt im Decodierungsprozess ist die Berechnung der Abfragefeldvektoren an jedem Punkt, an dem ein "Blip" aus dem abgetasteten Signal über Widerstände 166 erkannt wird. Das Flussdiagramm hierfür ist in [Fig. 47](#) gezeigt. Dies ergibt eine Matrix von B[] Vektoren, die den INTERP-Zeitindizes entsprechen. Wenige oder keine der erkannten "Blips" resultieren von einem sich in der Ebene der Marke bewegendem Abfragefeldvektor, aber jeder "Blip"-Erkennungswinkel wird auf die Ebene der Marke herunterprojiziert, wobei ein von einem Markenorientierungsebene-Erkennungsalgorithmus erzeugter, geschätzter Normalvektor verwendet wird.

[0151] Der Markenorientierungsebene-Erkennungsalgorithmus beginnt mit einem Anfangswert für diese Ebene. Dieser Wert wird durch Erkennen des über viele Abtastungen gesehenen "Blips" mit der größten Amplitude erhalten. Der größte "Blip" ergibt sich, wenn der Abfragefeldvektor zu allen Magnetelementen der Marke gleichzeitig orthogonal ist. Dies ist in [Fig. 42](#) bei Punkt 175 zu sehen. In [Fig. 47](#) ist der Anfangswert durch den Vektor NORM bezeichnet gezeigt.

[0152] Wenn der Normalvektor korrekt ist, sollte sich jeder "Blip" für ein bestimmtes Markenelement auf dieselbe Linie projizieren. Ist er inkorrekt, werden sich die projizierten "Blips" nicht in eine Reihe befinden. Zum Finden des Normalvektors der Marke wird eine numerische Minimierungs-Standardroutine (Powell-Verfahren) verwendet. Erkannte "Blip"-Orientierungen werden bestimmten Magnetelementen in der Marke zugeordnet, die diese Reaktion erzeugten. Die gemessene Orientierung des "Blips" wird unter Ver-

wendung der normalen Schätzung auf die Markenebene projiziert. Für jedes Markenelement wird die Summe der Abweichungen erkannter projizierter Positionen minimiert (d.h. für jedes Element reihen sich die auf die Markenebene projizierten Positionen so nahe wie möglich aneinander). Eine Implementierung davon ist in [Fig. 49](#) gezeigt. Dies ergibt eine genaue Schätzung der Orientierung der Markenebene.

[0153] Ein Teil des oben beschriebenen Algorithmus soll bestimmen, welche "Blips" demselben Markenelement entsprechen. Wenn die Normale zur Abtastung innerhalb von 30° der Normale der Marke liegt, erzeugt jedes Markenelement bei Verwendung der oben beschriebenen Spiralabtastungs-Wellenformen einen eindeutigen "Blip". Der Algorithmus sucht nach vollständigen Abtastungen (360° -Feldumdrehungen), die die korrekte Anzahl von Elementen für den Markentyp enthalten (bei einer Marke mit n Schichten befinden sich folglich $2n$ "Blips" in einer "Abtastung"). Diese werden ähnlich aussehen wie die Signale in [Fig. 24](#), die eine Marke mit 7 Schichten zeigt. Wenn aufeinander folgende Abtastungen gefunden werden, werden sie "verkettet". Über eine fortlaufende Zeitserie von 360° -Abtastungen werden die 0, n ., $2n$., $3n$. usw. "Blips" alle demselben Element entsprechen. Ähnlich werden die Blips bei 1, $n+1$, $2n+1$ dem nächsten Element entsprechen usw. [Fig. 48](#) ist eine Implementierung dieses Algorithmus. Die Matrix der INTERP-Werte wird analysiert, um bei jedem Eintrag zu sehen, wie viele nachfolgende Werte in eine Halbumdrehung ($n/2$ Abtastproben) fallen. Diese werden in einer neuen Matrix, COUNT, gespeichert. COUNT selbst wird dann analysiert, um den Höchstwert zu finden, für den zwei aufeinander folgende "Abschnitte" von $N/2$ Abtastproben den gleichen COUNT-Wert haben. Der Algorithmus stellt sicher, dass dieser Wert die korrekte Anzahl "Blips" für den Markentyp ist (d.h. gleich der Anzahl Schichten). Schließlich werden alle diese Abschnitte in Matrizen, die den Anfang des Abschnitts (START) und das Ende (ENDE) speichern, tabellarisiert. Diese Matrizen haben (Max n) Einträge, und ihre Werte werden verwendet, um die Matrix gemessener Abfragefeld-B-Vektoren zu indizieren.

[0154] Für jeden erkannten "Abschnitt", der die korrekte Anzahl "Blips" für die abgefragte Marke aufweist, werden die Abweichungen der projizierten "Blip"-Positionen summiert. Diese Summen nach der Länge jedes Abschnitts (in [Fig. 48](#) mit der Matrix W bezeichnet) gewichtet zusammen addiert. Dies ist die Summe, die der Minimierungsalgorithmus zu minimieren versucht. In [Fig. 49](#) wird VAR als eine Funktion von THETA und PHI, die Richtungswinkel des Normalvektors, berechnet und mit dem Powell-Verfahren minimiert.

[0155] Sobald die Markenorientierung bestimmt ist, wird der Abtastabschnitt, der am nächsten bei der

Ebene der Marke ist, berechnet, und die "Blip"-Positionen werden von diesem Abschnitt auf die Markenebene projiziert. Dann werden die relativen Winkel zwischen den Markenelementen (Lücken) aufgelöst und der Markenwert unter Verwendung der in den [Fig. 29](#), [Fig. 30](#) und [Fig. 31](#) beschriebenen Algorithmen bestimmt. In [Fig. 50](#) ist der Algorithmus hierfür detailliert aufgeführt. Für jeden in [Fig. 49](#) identifizierten Abschnitt wird der lokale Normalvektor zur Abtastung durch Zusammenkreuzen aufeinander folgender B-Vektoren berechnet, um CROSS zu bilden. Der Winkel C zwischen diesem und der Normale sollte idealerweise null sein, und alle Daten in jedem Abschnitt werden analysiert, um zu sehen, welche Serie von E-Vektoren (NGAPS in einer Reihe) den kleinsten durchschnittlichen Wert dieses Winkels ergibt. Dieser entspricht dem Abschnitt der Abtastung, die sich am nächsten bei der Markenebene befindet. Die dieser Abtastung entsprechenden projizierten Winkel werden dann als die Matrix von GAP-Werten gespeichert. Diese kann den in den [Fig. 29](#), [Fig. 30](#) und [Fig. 31](#) veranschaulichten Standard-Markendecodierungsalgorithmen übergeben werden.

[0156] Es ist wichtig, die Situationen, die bei der Bestimmung des Normalvektors und der nachfolgenden Berechnung von Winkellücken zwischen Elementen Probleme verursachen, gut zu verstehen. Die obigen Algorithmen nehmen ein einfaches Modell an, bei dem alle Markenelemente unabhängig sind. In der Praxis kommen die Felder von jedem Element zum Abfragefeld hinzu, so dass das Feld an der Marke nicht mehr genau bekannt ist. Dieser Effekt ist am bedeutsamsten, wenn die Größe des Abfragefelds in der Ebene der Marke klein ist, z.B. wenn die Abtastung von der Ebene der Marke weit weg ist. Dies führt zum Versagen des einfachen geometrischen Modells projizierter Feldvektoren.

[0157] Ein möglicher Umweg besteht darin, die Daten von Abtastungen, die von der Markenebene weit weg sind, zu verwerfen (diese hat ohnehin oft überlappende Signale). In [Fig. 48](#) wird dies durch Verwendung der Anfangsschätzung für den Normalvektor zum Filtern der Daten erreicht. Eine zweite Konsequenz besteht darin, dass die im Minimierungsprozess berechnete Abweichung niemals verschwindet, auch nicht bei perfekten Signal-/Rauschverhältnissen und idealerweise einheitlichen Sendefeldern. Der Restwert ist im Allgemeinen ein Ergebnis dieses nicht idealen Markenverhaltens. Die dritte Konsequenz besteht darin, dass der Normalvektor der Marke um einige Grad fehlerhaft sein kann. Dies ist im Allgemeinen nicht bedeutsam, außer in den Situationen, in denen ein kleiner Winkel (von vielleicht einigen Grad) durch Projizieren von B-Vektoren von nicht benachbarten Blips auf die Markenebene berechnet wird.

[0158] Dies ist einfach zu vermeiden, indem der Ab-

schnitt in [Fig. 50](#) so gewählt wird, dass er unmittelbar nach einer großen Lücke beginnt (dies ist in [Fig. 50](#) nicht gezeigt).

Weitere Details

[0159] Das System erlaubt die Anbringung billiger Etiketten an Artikeln, die später mit einer Lesereinrichtung gelesen werden. Die Etiketten oder Marken sind aus einem magnetischen Filmmaterial aufgebaut, das eine Richtungseigenschaft besitzt, die beim Unterteilen des Materials in kleinere Größen erhalten bleibt. Diese Größe wird durch die Materialcharakteristiken, die Form des Materials und die gewünschte Genauigkeit der Orientierungsmessung bestimmt. Das "Atalante"-Filmmaterial funktioniert bei Marken bis zu einem Durchmesser von ungefähr 2,5 mm. Dünnere Überzüge aus magnetischem Material ergeben kleinere Marken, und Verbesserungen der Charakteristiken des magnetischen Materials können die Permeabilität und Quersättigungsniveaus verbessern. Entsprechend können alternative Materialien ermöglichen, dass die Marken mit niedrigeren Betriebsfeldniveaus funktionieren. Der Dateninhalt wird durch die relativen Orientierungswinkel zwischen den die Marke bildenden Magnelementen definiert. Alternative Verfahren zum Codieren der Daten, z.B. durch Amplitudeninformationen, sind möglich. Die erkannte Amplitude ist eine Funktion der Magnetmaterialcharakteristiken, Betriebsfeldniveaus, Abfragefeld-Drehrate und des Materialvolumens.

[0160] Das bei IST erhältliche Material hat eine hervorragende Einheitlichkeit der magnetischen Ausrichtungsrichtung über die zentrale Breite von 70 cm und entlang der produzierten Rollen. Diese Richtung wird durch die Magnetfeldmuster im Herstellungsprozess definiert. Material, das in einer 1 µm-Sputterbeschichtungsschicht zwei Materialausrichtungsrichtungen besitzt, ist an den Kanten der Rollen beobachtet worden, und dieses bietet die Möglichkeit, Marken aus weniger Schichten Werkstoffmaterial herzustellen. Marken mit einer einzigen Magnetschicht, die eine Vielzahl magnetischer Orientierungsachsen besitzt, sind auch möglich.

[0161] Die Daten werden durch die relativen Richtungsorientierungen von Magnelementen auf der Marke codiert. Diese Elemente werden aufgrund einer Richtungs-Materialeigenschaft erkannt und differenziert. Zu alternativen Formen von direktionalen Magnelementen gehören lange, dünne amorphe Drähte oder Spinnenschmelzlegierungen, die bei Unika, Allied oder Vacuumschmelze erhältlich sind.

[0162] Das Vorhandensein des Magnelements wird durch eine Rate der durch das Element erzeugten Flussänderung, wenn es den Zustand zwischen positiver und negativer Sättigung (und umgekehrt) ändert, erkannt. Eine im Stand der Technik ange-

wandte alternative Erkennungsstrategie ist Erkennung von Harmonischen. Eine zweite Wechselstromfrequenz mit einigen kHz wird auf den Vektor des Abfragedrehfelds angelegt. Wenn der Vektor des magnetischen Drehfelds wesentlich orthogonal zur Materialausrichtungsrichtung ist, bewirkt das zusätzliche Wechselfeld, dass die Magnetisierung der Marke mit dem angelegten H-Feld moduliert wird. Die Magnetmaterialien sind sehr nichtlinear, und Harmonische werden erzeugt. Diese können von den Empfängerspulen erkannt werden.

[0163] Die Lesereinrichtungen generieren ein im Wesentlichen einheitliches magnetisches Drehfeld in der Abfragezone, das hauptsächlich durch die Empfängerspulen-Empfindlichkeit, physische Schranken oder Einrichtungen in den Verarbeitungsalgorithmen definiert ist. Das Feld kann die Orientierung eines oder mehrerer Magnelemente im Abfragevolumen, bezüglich der orthogonalen Richtung zum Sendefeldvektor gemessen, bestimmen. Es wird angenommen, dass sich das Abfragefeld mit einer konstanten Rate und Amplitude dreht, und bei den oben beschriebenen Ausführungsformen wird dies durch orthogonale Spulen erreicht, die durch sinusförmige Signale angetriebene einheitliche Felder generieren. Die Generierung nicht einheitlicher Felder bewirkt Verzerrungen der Amplitude und der Rate, mit der sich der Sendevektor dreht, und dies führt zu Fehlern bei der Bestimmung der Orientierung des Magnelements. Die Codierungsschemata sind mit einem Budget für praktische Messfehler ausgelegt, und diese betragen typischerweise weniger als 1°. Das "Lücken"-Codierungsschema verbessert die Fehlertoleranz, da die relativen Orientierungsfehler wichtig sind. Die im Abfragedrehfeldvektor festgestellten Fehler können als Harmonische-Fehler analysiert werden. Die Fehler erster Ordnung werden durch Amplitudenabweichungen zwischen dem das orthogonale Feld generierenden Mittel und Abweichungen von der Orthogonalen während das Feld über dem Raum variiert verursacht. Magnetische Gleichfeldstörung von außen verzerrt ebenfalls den augenblicklichen Feldvektor. Mehrelementmarken stellen mehrere Messpunkte des tatsächlichen Sendefeldvektors auf der Marke bereit. Die Codierungsschemata sind deterministisch, und spezielle Orientierungsmerkmale können auf der Marke enthalten sein. Unter Verwendung der verfügbaren Messdaten können die Sendefeldfehler erster Ordnung kompensiert werden.

[0164] Alternative Spulenanordnungen sind möglich, die den gewünschten Sendedrehfeldvektor reproduzieren. Eine Dreiphasen-Spulenanordnung mit drei um 120° beabstandeten modifizierten "Helmholz"-Spulenpaaren generiert z.B. einen Drehfeldvektor. Dies kann auf mehrphasige Anordnungen in üblichen Motorsystemen erweitert werden. [Fig. 6](#) zeigt ein Feldmodell für zwei Spulen mit einer magnetischen Abschirmung. Die Abschirmung ist aus dünnem

Transformatorstahl aufgebaut, der auf eine Dicke von 2 mm um die Baugruppe gewickelt ist. Die Spulengeometrie ist zur Erzeugung eines einheitlichen Magnetfelds optimiert. Andere Anordnungen von Spulen, die im Wesentlichen einheitliche Felder generieren, sind im Stand der Technik bekannt. Es ist auch möglich, einheitliche Felder aus einer Kombination von Spulen unter Anwendung analoger oder digitaler Verarbeitung elektronisch aufzubauen.

[0165] Magnetische Drehfelder können durch physisches Drehen eines Dauermagnets erzeugt werden. [Fig. 51](#) zeigt eine Ausführungsform. Ein Dauermagnet **176** dreht sich mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit **177**. Eine orthogonale "Ziffer 8"-Empfängerspule **178** erkennt die magnetische Reaktion der Marke **1**.

[0166] Die Funktion des Empfängerspulensatzes ist die Bereitstellung von Empfindlichkeit gegen den vom Magnelement erzeugten Fluss, wenn es vom Sendefeldvektor abgefragt wird. Der Empfängerspulensatz ist gegen die Magnelemente der Marke in jeder Orientierung, die von den Elementen zu erwarten ist, empfindlich. Idealerweise ist die erkannte Amplitude gegen die Elementorientierung unempfindlich. Die Empfängerspulen erkennen auch ein Magnetfeld vom Sendevektor und von externen Quellen. Viele im Stand der Technik bekannte Techniken zur Verringerung der induzierten Signale von diesen Quellen können genutzt werden. Die Spulen werden bezüglich externer "Weitfeld"-Störung "ausgeglichen". Dies wird gewöhnlich erreicht, indem die Spulen physisch so angeordnet werden, dass sie Quadrupole und Varianten bilden. Alternativ kann diese Funktion elektronisch oder mittels Signalverarbeitung ausgeführt werden. Rückweisung des Sendefelds wird ähnlich erreicht. Wie bei den Sendespulen besteht kein Erfordernis, dass die Spulen in orthogonalen Richtungen angeordnet sind. Die Spulen können in einer beliebigen Position positioniert und entsprechend kombiniert werden. Mehr als drei orthogonale Empfängerspulen könnten verwendet werden. Viele "Ziffer 8"-Empfängerspulen könnten z.B. den 3D-Öffnungs-Leser auf der Oberfläche der Öffnung umgeben.

[0167] Die Empfängerspulen stellen Empfindlichkeit gegen ein Magnetfeld bereit. Zu ähnlichen Sensoren gehören Halleffekt-Einrichtungen, SQUIDs (Supraleiter-Quanteninterferometer), Feldplattenwiderstände und ähnliche im Stand der Technik hinreichend bekannte Einrichtungen.

[0168] Obwohl mechanische Anordnungen von Sende- und Empfangsspulen um die drei Achsen Orthogonalität im 3D-Raum und Sende-zu-Empfangs-Isolation bereitstellen, bestehen andere Techniken, um dasselbe Merkmal bereitzustellen. Viele von diesen nutzen Signalverarbeitung zum Simulie-

ren des Effekts (unter Verwendung von Tensoralgebra), um Signale von verschiedenen nicht orthogonalen Achsen zu mischen und/oder unerwünschte Sendezu-Empfangs-Lecksignale zu subtrahieren.

[0169] Die Sendespulen können von einem PBM-Verstärker (Pulsbreitenmodulations-Verstärker) (Klasse "D") angetrieben werden, um die Größe und Verlustleistung der Antriebsverstärker zu verringern. Solche Verfahren sind im Stand der Technik hinreichend bekannt und bei verschiedenen EAS-Einzelhandelssicherungssystemen vorgeführt worden.

[0170] Die oben beschriebene Spiralabtastung ist im Wesentlichen eine 2D-Planarabtastung, bei der ihrem Normalvektor erlaubt wird, sich spiralförmig herumdrehen. Eine einzige planare 2D-Abtastung liefert keine Informationen über die Markenorientierung.

[0171] Eine einzige konische Abtastung kann Orientierungsinformationen liefern. Deshalb kann eine Abtaststrategie erdacht werden, bei der eine konische Abtastung in verschiedene Richtungen herumgedreht wird, und dies würde eine robustere Bestimmung der Markenorientierung erlauben. Die schnellste Abtastung ist eine, bei der drei orthogonale konische Abtastungen in Folge ausgeführt werden. Jedoch decodiert diese vielleicht nicht immer Marken in jeder Orientierung, z.B. eine Marke, deren Normale im Winkel von 45° zu den drei orthogonalen Abtastungen verläuft. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die "Blips" von zwei nahe benachbarten Marken überlappen können und sie dabei nicht zu unterscheiden machen. Andere Kombinationen konischer Abtastung können ohne Weiteres erdacht werden, um zu garantieren, dass eine Abtastebene immer nahe genug ist.

[0172] Die oben beschriebenen Lesersysteme erlauben die Fernerkennung und Orientierungsmessung eines einzigen oder einer Vielzahl von Magnetelementen im Abfragevolumen. Dieses Merkmal des Systems erlaubt die Verwendung der Erfindung als Drehsensor. Beispielsweise könnte die relative Orientierung zwischen zwei auf unabhängigen Einrichtungen angebrachten Magnetelementen gemessen werden. Zu Beispielanwendungen gehören Drehmomentfühler oder Fühler des Zustands eines kleinen Ventils.

[0173] Die von der Erfindung verwendeten relativ niedrigen Frequenzen liefern einen einzigartigen Vorteil der Ermöglichung der Erkennung der Marke durch eine kleine Dicke leitenden Materials. Marken können z.B. im oberen Abschnitt von aus Metall hergestellten Flaschenschraubdeckeln angebracht und gelesen werden. Entsprechend können die Marken zwischen 0,5 mm dickem, nicht magnetischem rostfreiem Material elektronenstrahlgeschweißt und erfolgreich gelesen werden.

[0174] Das Verfahren zum Abfragen des Magnetelements wird durch die Generierung von Harmonischen des Abfragefelds nicht sehr beeinflusst. Deshalb ist die Verwendung nicht linearer, stark permeabler magnetischer Materialien in den Antennenstrukturen möglich, um Gewicht, Größe und Leistungsverbrauch der Lesersysteme zu verringern.

[0175] Das Lesersystem erkennt die Orientierung von Magnetelementen im Abfragevolumen. Die Magnetelemente müssen einander nicht schneiden. Die in [Fig. 52](#) gezeigte Marke umfasst vier Stück Dünnfilmmaterial **179**, **180**, **181** und **182** mit 10 mm Durchmesser von IST, die gleichmäßig um den Umfang eines Substrats **183** mit 3,5 cm Durchmesser platziert sind. Die relativen Orientierungen dieser vier Schichten bestimmen die Markendaten. Die Materialausrichtungsrichtungen jeder Schicht sind durch Pfeile, z.B. **184**, gekennzeichnet. Winkel zwischen Schichten sind gezeigt **185**. Die Schichten **179**, **180** und **181** sind im Winkel von 17°, 43° bzw. 99° zur Schicht **182** ausgerichtet. Daher beträgt die Lücke zwischen den Schichten **182** und **179** 17°, zwischen den Schichten **179** und **180** 26° und zwischen den Schichten **180** und **181** 56°. Wie aus [Fig. 17](#) ersichtlich ist, entsprechen diese beim 2-Ziffern-Codierungsschema den Lückenzuständen 2, 3 und 5. Durch Bezugnahme auf [Fig. 19](#) lässt sich dies zu Marken-Nummer **77** decodieren.

[0176] Diese Anordnung leidet nicht unter den Wirkungen von Magnetelement-Wechselwirkung, die bei den gestapelten Vertikalschichtmarken zu sehen ist. Bei einer weiteren Anordnung kann an jeder Stelle (**179–182**) das einschichtige Filmmaterial durch eine "Marke" mit zwei oder mehr Schichten Material mit 10 mm Durchmesser ersetzt werden, wobei jede Schicht Material eine andere Ausrichtungsrichtung hat. Dies führt zu erhöhter Datendichte. Zur weiteren Erhöhung der Datendichte wird eine programmierbare hartmagnetische Schicht an jeder Stelle hinzugefügt, wobei früher in dieser Offenbarung beschriebene Verfahren angewandt werden. Bei Verwendung dieser Anordnung unter Verwendung der oben beschriebenen Verfahren zum Decodieren einzelner programmierbarer magnetischer Marken kann die programmierte Richtung der hartmagnetischen Schicht an jeder Stelle eindeutig bestimmt werden. Das bedeutet, dass Daten durch über vollständige 360° verteilte "Blips" codiert werden können, wobei die bei anderen oben beschriebenen Marken zu sehende 180°-Symmetrie gebrochen wird und die effektive Datenkapazität ungefähr verdoppelt wird. Das magnetische Filmmaterial kann durch alternative direktionale Magnetstrukturen, wie sie im Stand der Technik beschrieben sind, oder durch zwei "Materialrichtungen" aufweisendes Material ersetzt werden. Die Anordnung ist nicht auf vier "Stellen" oder "Stellen" auf einem Kreis beschränkt und kann deshalb auf Gruppierungen von Mehrschichtmarken mit und ohne programmierbare

hartmagnetische Schichten ausgeweitet werden. Wie durch die Markenanordnungen veranschaulicht, kann der "Stellen"-Abstand so klein wie null und so groß wie das Abfragevolumen sein. Der Erfinder hat festgestellt, dass ein Abstand von ungefähr einem Elementdurchmesser ausreicht, um Wechselwirkungsfehler zwischen "Stellen" zu verringern.

[0177] Die Marken können als Antifälschungsmerkmale zur Markierung z.B. von CDs oder Banknoten verwendet werden. Die Etiketten brauchen kein Codierungsschema zu haben, sondern sie müssen eine einzigartige Kombination von Merkmalen aufweisen, die vom Leser erkannt werden kann.

[0178] Die Marken sind äußerst robust und überleben Temperaturen über 200°C. Die Einschränkung ist die Stabilität des PET-Films des Atalante-Films. Das aktive magnetische Material kann durch Sputtern als Überzug auf alternative Materialien, z.B. Aluminium, aufgebracht werden. Dies bietet eine viel größere Temperaturtauglichkeit.

[0179] Die Fähigkeit, mehr als eine Marke gleichzeitig im Abfragevolumen zu lesen, ist ein sehr leistungsfähiges Merkmal und wird als Antikollisions-Markenlesen bezeichnet. Der 3D-Öffnungs-Leser hat die Fähigkeit, effektives Antikollisionslesen durch eine Kombination mehrerer Techniken zu erreichen, vorausgesetzt, dass die einzelnen Marken physisch getrennt und/oder in verschiedenen Orientierungen angeordnet sind.

[0180] Bei der ersten Technik werden die mehreren Marken (oder markierten Artikel) mit einer bekannten Geschwindigkeit, z.B. unter Verwendung einer Fördervorrichtung, durch die Öffnung hindurchbewegt. Die Fördervorrichtung ist langsam genug, um mehrere Abtastungen jeder Marke zu erlauben, während sich die Marken hindurchbewegen. Während sich jede Marke durch die empfindliche Empfängerzone bewegt, hat die Amplitude ihrer erkannten Signale eine charakteristische Zeitabhängigkeit (d.h. von null bis zu einem Maximum und wieder zu null herunter). Marken an verschiedenen Punkten entlang der Länge der Fördervorrichtung zeigen charakteristische Zeitschwankungen, die zeitlich voneinander versetzt sind. Signale von mehreren Marken können deshalb getrennt werden, indem die empfangenen Daten verarbeitet werden und Signale, die übereinstimmende, mit der Geschwindigkeit der Fördervorrichtung vereinbare Zeitabhängigkeiten haben, in Gruppen zusammengefasst werden. Dies schafft effektive Markentrennung als eine Funktion der Entfernung entlang der Öffnungsachse.

[0181] Marken mit unterschiedlichen Orientierungen, die sich zufällig gleichzeitig durch die Öffnung bewegen, können ebenfalls getrennt werden. In diesem Fall ist die Anzahl von "Blips" mit der gleichen

Zeitschwankung zu groß, um von einer einzigen Marke herzurühren. Die tatsächliche Anzahl der Marken, die zur Generierung dieser Anzahl von Blips erforderlich ist, kann geschätzt werden. Jede Marke hat einen Satz Magnetelemente, die in einer Ebene liegen und durch eine Drehmatrix (durch Rollen, Nicken und Gieren definiert) und den Winkel jeder Schicht bezüglich der ersten vollständig beschrieben werden können. Demgemäß könnte eine siebenschichtige Marke durch drei Orientierungswinkel und sechs in der gleichen Ebene liegende Winkel beschrieben werden.

[0182] Die Reaktionen eines Satzes solcher Marken im Abfragedrehfeld können vorausgesagt und mit der gemessenen Reaktion verglichen werden. Wie bei dem vorhandenen Schema kann ein Minimierungsalgorithmus zur Änderung der oben beschriebenen Markenparameter verwendet werden, um die beste Übereinstimmung mit den gemessenen Daten zu erreichen. Wenn die Minimierung konvergiert, können die Marken decodiert und getrennt werden. Wenn nicht, kann ein Fehler gekennzeichnet werden, wobei die Anzahl inkorrekt abgetasteter Artikel und ihre ungefähre Lage angegeben wird.

[0183] Ein Modell der Markenreaktion, das die Wirkung der Magnetisierung der Elemente beinhaltet, kann in den Antikollisionsalgorithmus aufgenommen werden. Dies erlaubt es, mehr von den Abtastdaten zu verwenden, und es führt zu zuverlässigerer Decodierung auf Kosten höherer Verarbeitungsanforderungen.

[0184] Marken, die sich gleichzeitig durch die Öffnung bewegen und dieselbe Orientierung haben, können unter Verwendung von modifizierten Systemgeometrien decodiert werden, sofern sie physisch getrennt sind, z.B. indem sie sich an unterschiedlichen Radien in der Öffnung befinden. Empfänger-spulensätze können mit Empfindlichkeiten aufgebaut werden, die als eine Funktion z.B. des Radius variieren. Die Amplituden von Signalen zweier Marken bei unterschiedlichen Radien werden verschieden sein und können deshalb unterschieden werden. Kombinationen von Empfängerspulen, deren Empfindlichkeiten in unterschiedlichen Richtungen variieren, können in den Öffnungsleser aufgenommen werden. In diesem Fall ist es wahrscheinlich, dass die Signale von den Empfängerspulen nicht vor der Verarbeitung zu einer einzigen Zusammensetzung kombiniert werden, weil dadurch einige nützliche Informationen verworfen werden.

[0185] In der Praxis wird eine Kombination der oben besprochenen Antikollisionsmerkmale in nahezu allen Situationen funktionieren, außer in pathologischen Fällen, z.B. wenn zwei Marken sandwichartig zusammenliegen. Diese Situationen sind wahrscheinlich selten. Ein wichtiges Merkmal besteht da-

rin, dass die Decodierungssoftware immer zu sagen vermögen wird, ob einige Artikel nicht abgetastet werden können, und dass die Gefahr des unbeabsichtigten Auslassens eines markierten Artikels sehr klein ist. Physische Neuordnung der Artikel vor dem Wiederabtasten wird wahrscheinlich zu einer erfolgreichen Abtastung führen.

[0186] Weitere Informationen über die Markenposition können durch Nutzung von Feldgradienten im Abfragevolumen abgefragt werden. Solche Systeme sind in der PCT-Veröffentlichung WO 96/31790 offenbart. Diese Informationen können weiter zur Verbesserung der Marken-Antikollision verwendet werden.

[0187] Die Daten der Marken oder Etiketten werden bei der Herstellung festgelegt, ähnlich wie bei optischen Strichcodes. Sie sind deshalb für die Einzelhandels-Etikettierungsindustrie geeignet. Die Markierung von Postpaketen oder Waren in Warenlagern, bei der die Marke mit "Perforationen" hergestellt ist, so dass sie leicht unterteilt und daher "geklont" werden kann, ist ein Anwendungsbereich. Markierung medizinischer Verbrauchsartikel wie z.B. Arzneimittel, Analysenfläschchen und Tupfer ist ebenfalls möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abfragen einer magnetischen Datenmarke (**76, 126**), wobei die Marke eine Mehrzahl magnetischer Schichten (**44, 46, 48, 49, 62 bis 65, 127 bis 130**) umfasst und jede Schicht eine Richtungsreaktion auf ein angelegtes Magnetfeld aufweist, wobei die relative Orientierung der Richtungsreaktionen der jeweiligen Schichten die gespeicherten Daten definiert, umfassend Generieren eines magnetischen Drehfelds in einem die Datenmarke (**76, 126**) enthaltenden Abfragevolumen, Empfangen eines die relativen Orientierungen der magnetischen Schichten auf der Datenmarke (**76, 126**) repräsentierenden Signals und Decodieren des Signals, um auf der Marke (**76, 126**) codierte Daten zu decodieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem jede Schicht der Marke (**76, 126**) zwei Reaktionen für jede 360°-Drehung des Felds generiert, wobei die Reaktionen jeder Schicht durch einen Drehwinkel getrennt sind und die Abweichung des Drehwinkels zwischen zwei Reaktionen von derselben Schicht anhand des Drehwinkels zwischen den Reaktionen bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Drehwinkel 180° beträgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, weiter umfassend den Schritt des Rückweisens einer Ausgabereaktion aus dem Abfragefeld, wenn die Abweichung eine vorgegebene Schwelle überschreitet.

5. Vorrichtung zum Lesen einer magnetischen Datenmarke (**76, 126**), wobei die Marke eine Mehrzahl Magnelemente (**44, 46, 48, 49, 62 bis 65, 127 bis 130, 140, 179–182**) umfasst und jedes Element eine Richtungsreaktion auf ein angelegtes Magnetfeld aufweist, wobei die Vorrichtung umfasst:

Mittel (**15–18, 109–110, 156 bis 159, 161, 176**) zum Generieren eines Abfragedrehfelds zum Lesen der Marke (**76, 126**);

Mittel (**21, 22, 26, 27, 116, 117, 120, 121, 144 bis 147, 151, 152, 178**) zum Erkennen der Reaktion der Marke (**76, 126**) auf das Abfragefeld; und Mittel zum Bestimmen der relativen Orientierungen der Magnelemente der Marke (**76, 126**).

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der das Generierungsmittel eine Spulenordnung zum Generieren eines einheitlichen Abfragefelds über im Wesentlichen der gesamten Region, in der das Erkennungsmittel die Markenreaktion erkennen kann, aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6 mit einem Mittel zum Generieren eines einheitlichen Abfragefelds in drei orthogonalen Richtungen.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei der das Abfragefeld im Wesentlichen bei einer Frequenz ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der die Frequenz weniger als 1 kHz beträgt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der das Mittel zum Generieren eines Abfragedrehfelds als dünne, flache Magnetspulen konfigurierte Sendespulen umfasst, und das Mittel zum Erkennen der Reaktion eine um die dünne Ebene der Magnetspulen angebrachte Empfangsspulenordnung mit im Wesentlichen Nullkopplung zum Drehfeld umfasst.

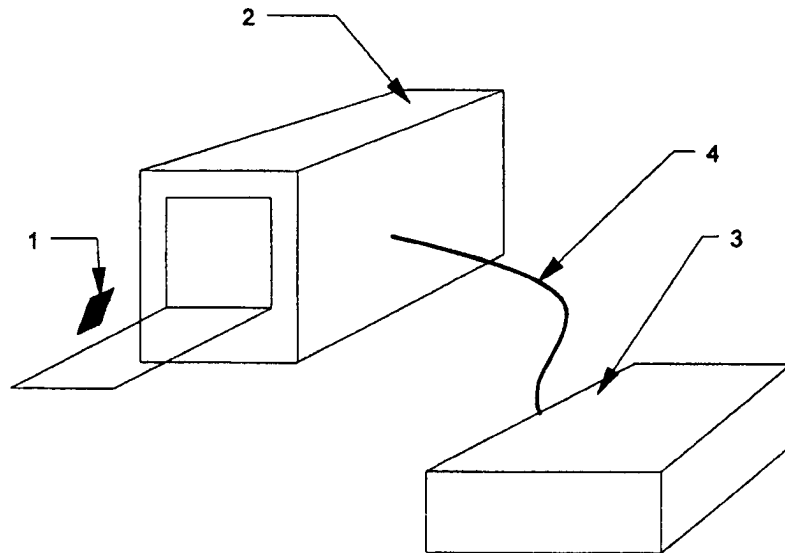
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der die Sendemagnetspulen auf einem permeablen Kern aufgebaut sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, weiter umfassend ein Mittel zum Bestimmen der Neigung der Marke (**76, 126**) in Bezug auf die die magnetischen Achsen der Magnetspulen enthaltenden Ebene.

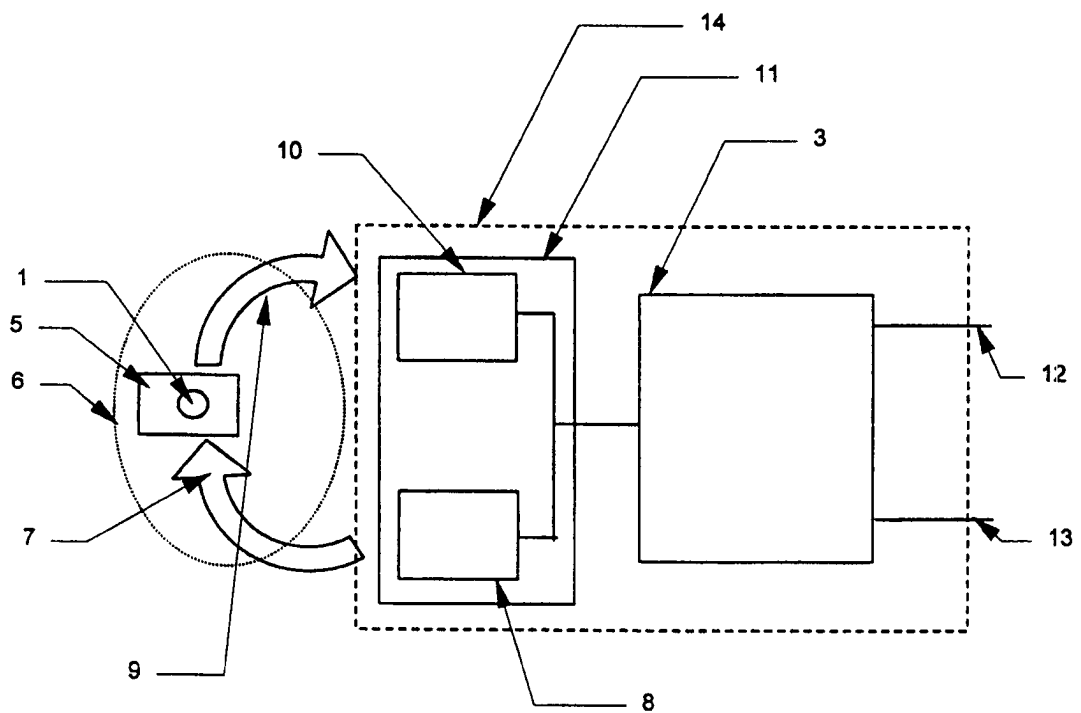
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der das Neigungserkennungsmittel ein Mittel zum Generieren eines konischen Abtastfelds aufweist.

Es folgen 36 Blatt Zeichnungen

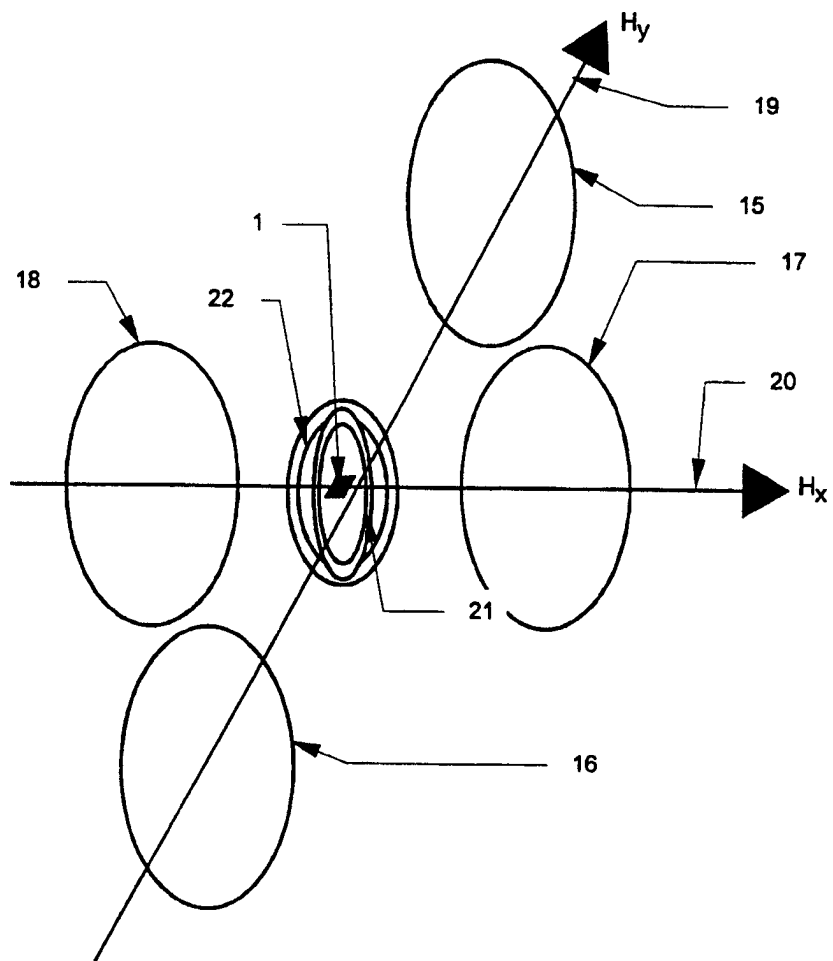
Anhängende Zeichnungen



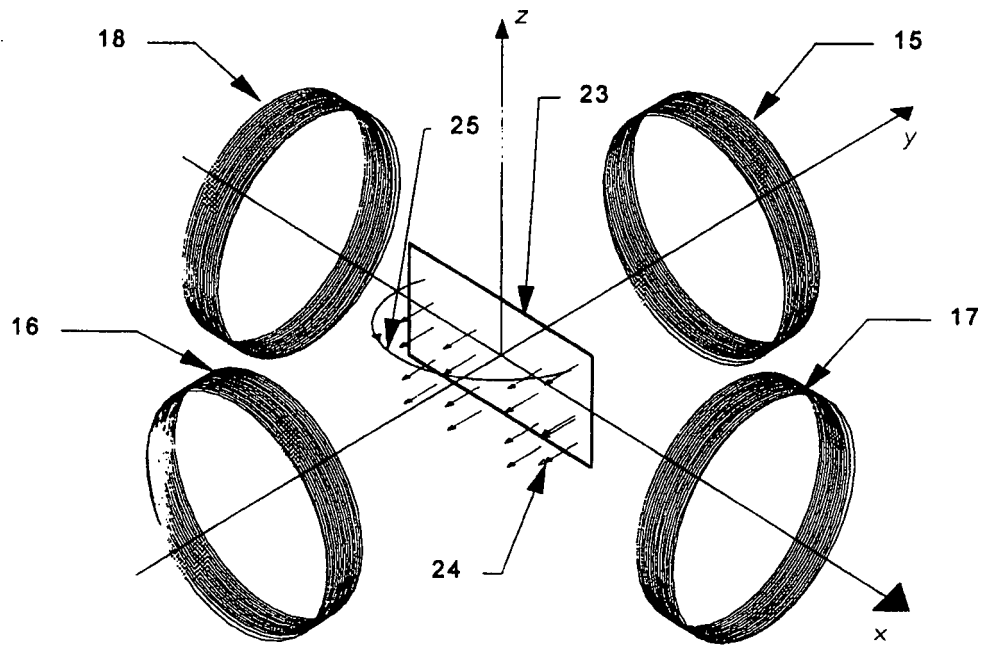
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

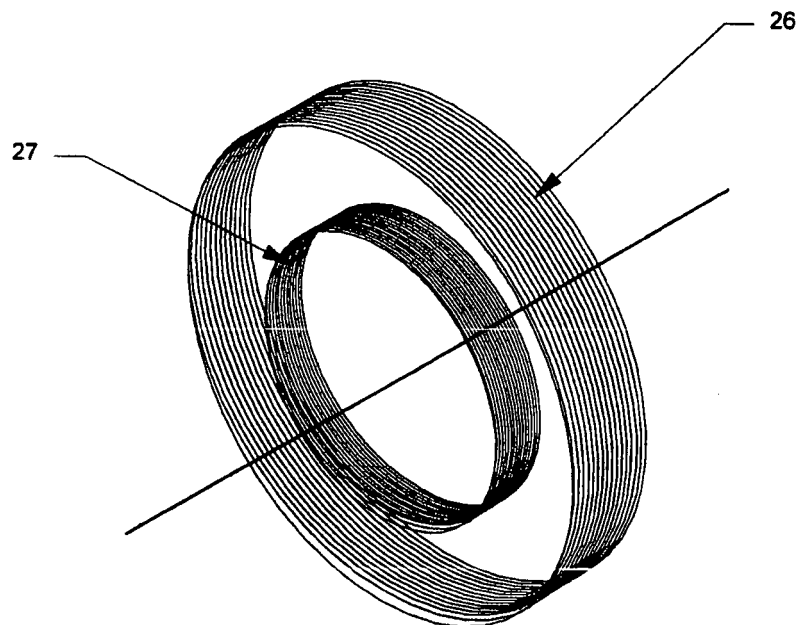
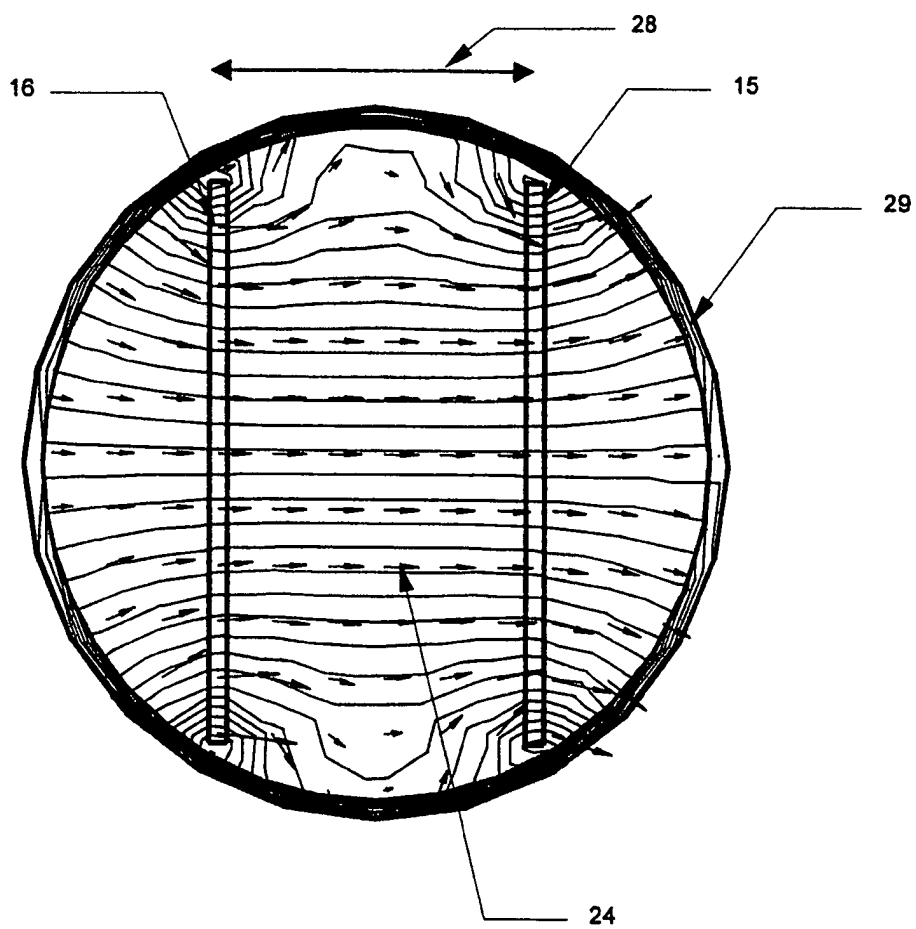
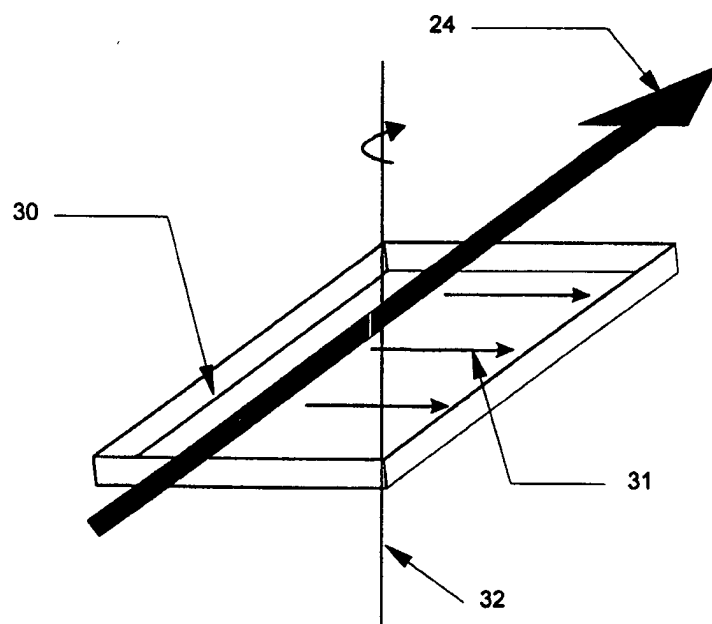


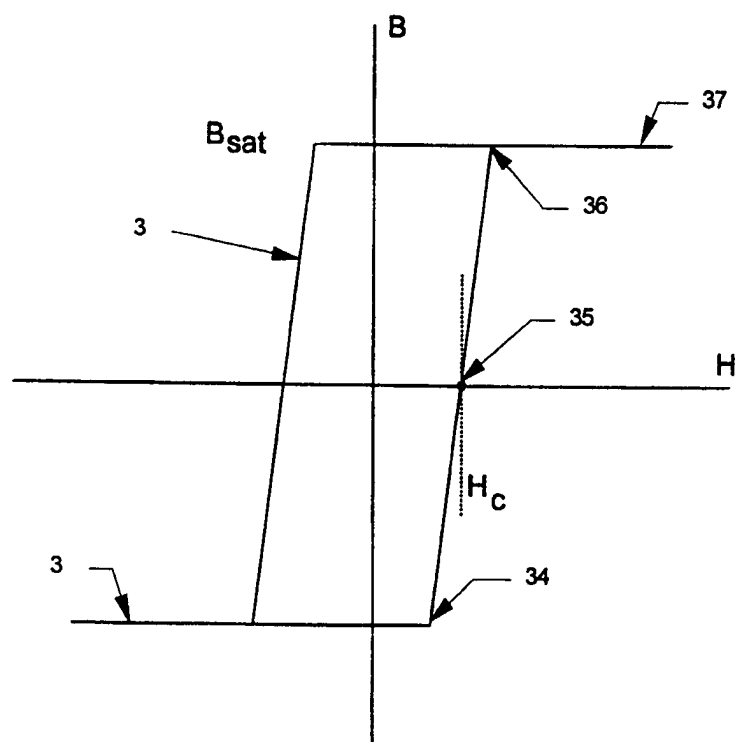
Figure 5



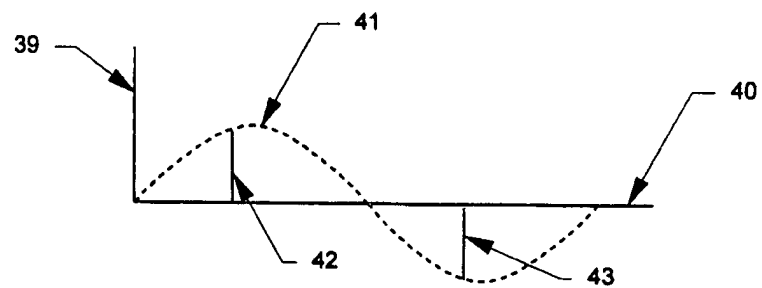
Figur 6



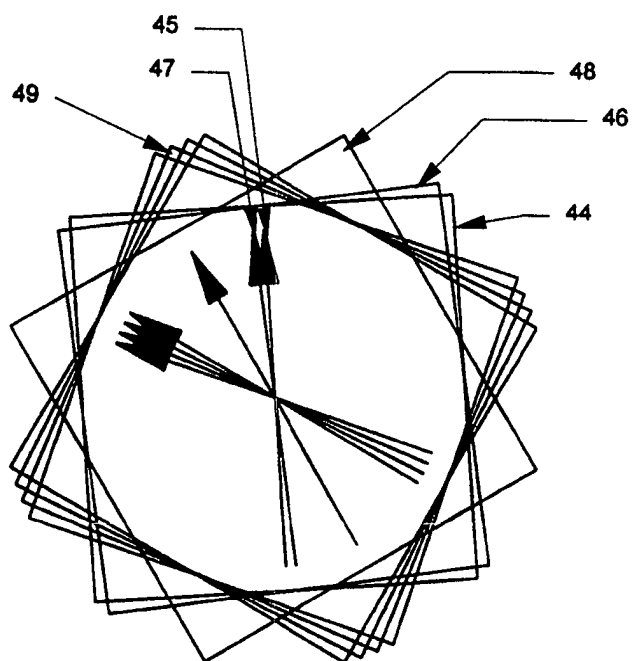
Figur 7



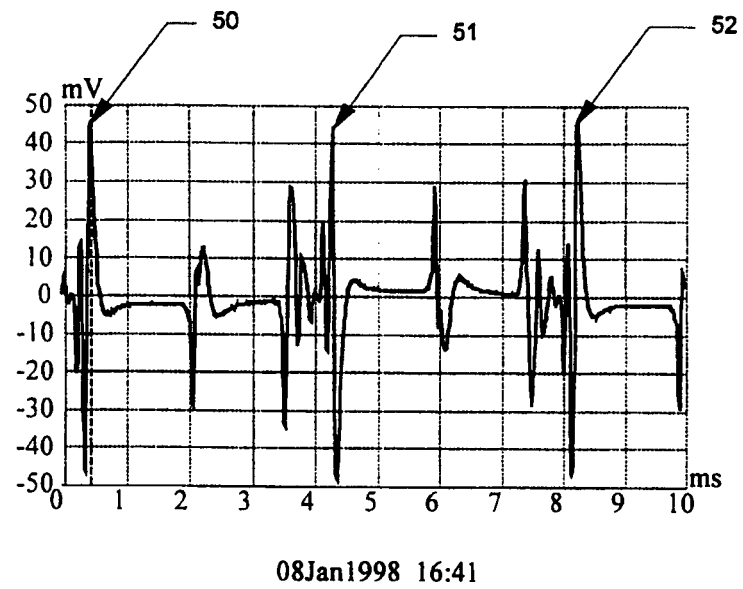
Figur 8



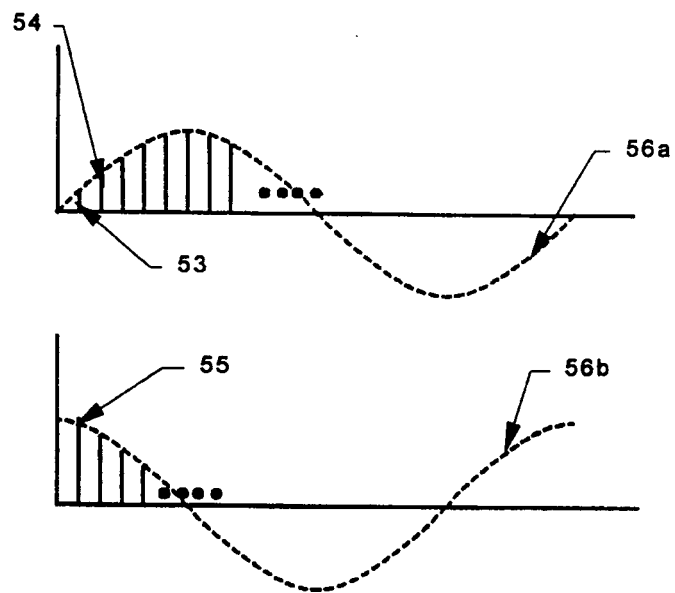
Figur 9



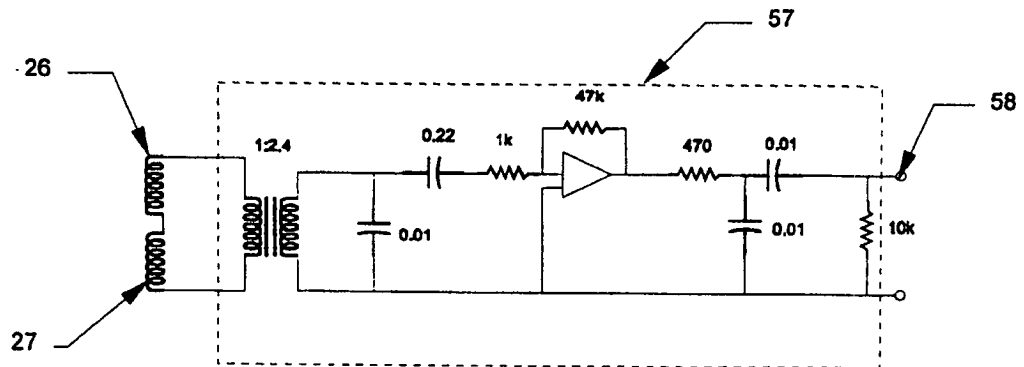
Figur 10



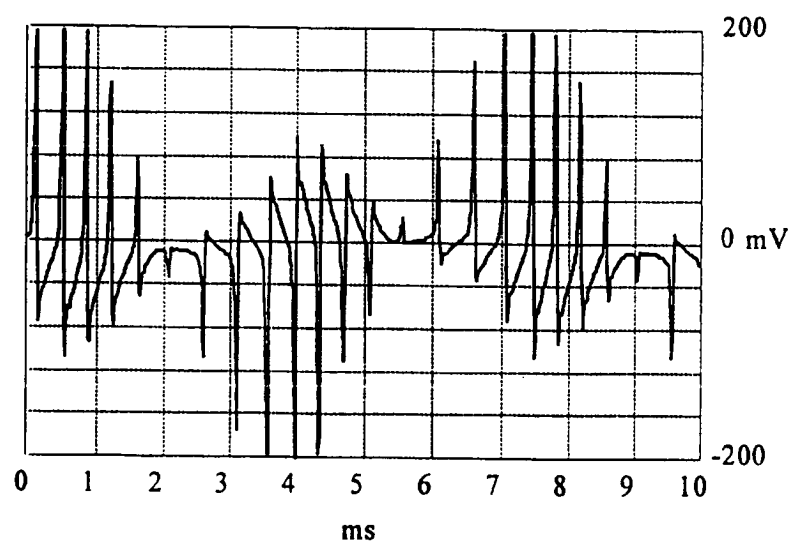
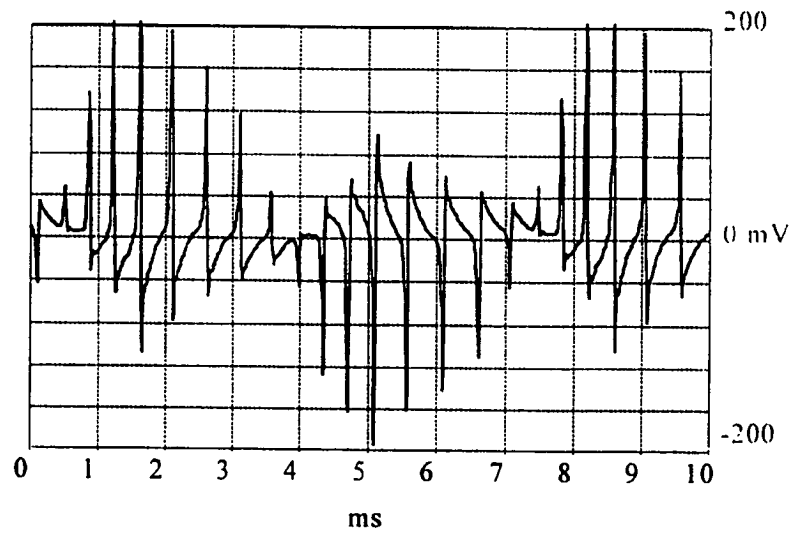
Figur 11



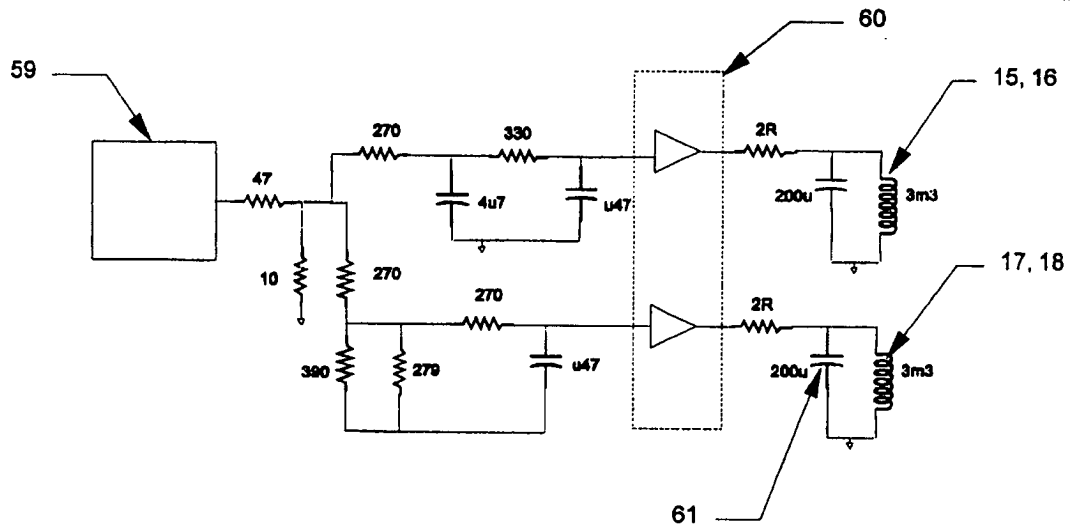
Figur 12



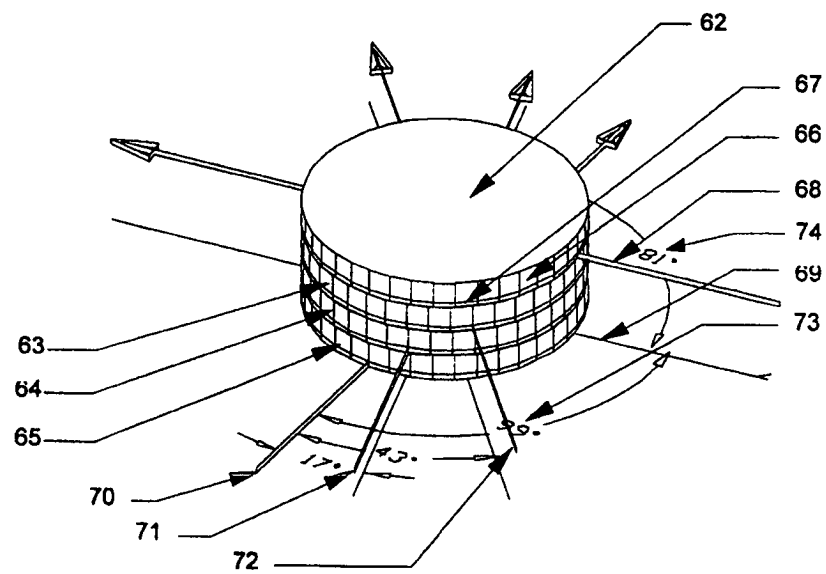
Figur 13



Figur 14



Figur 15



Figur 16

Ziffer	Leser Min.	Minimum	Nominal	Maximum	Leser Max.
0	3.38	3.92	4.5	5.08	5.69
1	8.35	9.2	10	10.8	11.75
2	14.67	15.92	17	18.08	19.46
3	22.78	24.56	26	27.44	29.39
4	34.52	37.04	39	40.96	43.72
5	49.86	53.36	56	58.64	62.46
6	67	71.6	75		

Figur 17

100-Code-Markenherstellungsinformationen
ABSOLUTE WINKEL

MCE 26/07/98
Ausgabe Nr. 2

Marke Nr.	Winkel Nr. 1	Winkel Nr. 2	Winkel Nr. 3	Basis 6 (vorw.)	Basis 6 (rückw.)	Länge	Große Lücke
0	4.5	9	13.5	000	000	13.5	166.5
1	4.5	9	19	001	100	19	161
2	4.5	9	26	002	200	26	154
3	4.5	9	35	003	300	35	145
4	4.5	9	48	004	400	48	132
5	4.5	9	65	005	500	65	115
6	4.5	14.5	19	010	010	19	161
7	4.5	14.5	24.5	011	110	24.5	155.5
8	4.5	14.5	31.5	012	210	31.5	148.5
9	4.5	14.5	40.5	013	310	40.5	139.5
10	4.5	14.5	53.5	014	410	53.5	126.5
11	4.5	14.5	70.5	015	510	70.5	109.5
12	4.5	21.5	26	020	020	26	154
13	4.5	21.5	31.5	021	120	31.5	148.5
14	4.5	21.5	38.5	022	220	38.5	141.5
15	4.5	21.5	47.5	023	320	47.5	132.5
16	4.5	21.5	60.5	024	420	60.5	119.5
17	4.5	21.5	77.5	025	520	77.5	102.5
18	4.5	30.5	35	030	030	35	145
19	4.5	30.5	40.5	031	130	40.5	139.5
20	4.5	30.5	47.5	032	230	47.5	132.5
21	4.5	30.5	56.5	033	330	56.5	123.5
22	4.5	30.5	69.5	034	430	69.5	110.5
23	4.5	30.5	86.5	035	530	86.5	93.5
24	4.5	43.5	48	040	040	48	132
25	4.5	43.5	53.5	041	140	53.5	126.5
26	4.5	43.5	60.5	042	240	60.5	119.5
27	4.5	43.5	69.5	043	340	69.5	110.5
28	4.5	43.5	82.5	044	440	82.5	97.5
29	4.5	43.5	99.5	045	540	99.5	80.5
30	4.5	60.5	65	050	050	65	115
31	4.5	60.5	70.5	051	150	70.5	109.5
32	4.5	60.5	77.5	052	250	77.5	102.5
33	4.5	60.5	86.5	053	350	86.5	93.5
34	4.5	60.5	99.5	054	450	99.5	80.5
35	10	14.5	24.5	101	101	24.5	155.5
36	10	14.5	31.5	102	201	31.5	148.5
37	10	14.5	40.5	103	301	40.5	139.5
38	10	14.5	53.5	104	401	53.5	126.5
39	10	14.5	70.5	105	501	70.5	109.5
40	10	20	30	111	111	30	150
41	10	20	37	112	211	37	143
42	10	20	46	113	311	46	134
43	10	20	59	114	411	59	121
44	10	20	76	115	511	76	104
45	10	27	37	121	121	37	143
46	10	27	44	122	221	44	136
47	10	27	53	123	321	53	127
48	10	27	66	124	421	66	114
49	10	27	83	125	521	83	97
50	10	36	46	131	131	46	134

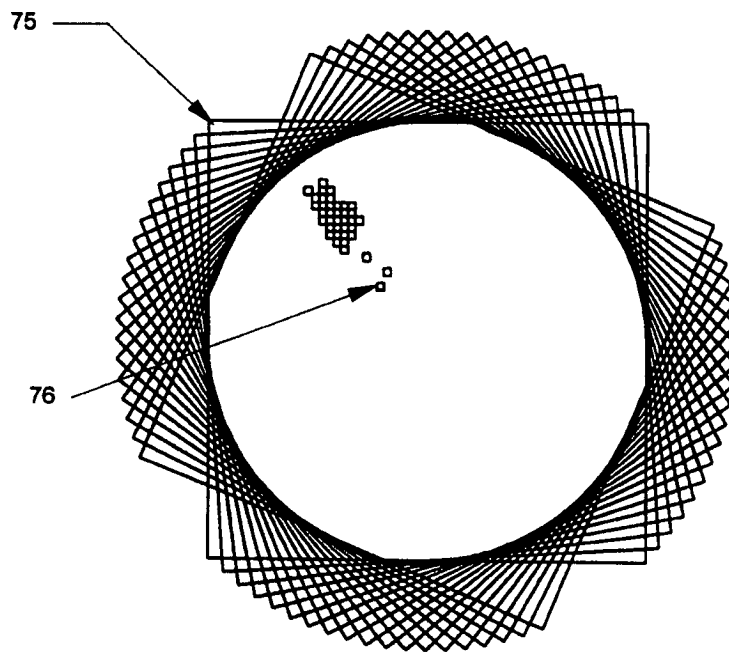
Figur 18

100-Code-Markenherstellungsinformationen
ABSOLUTE WINKEL

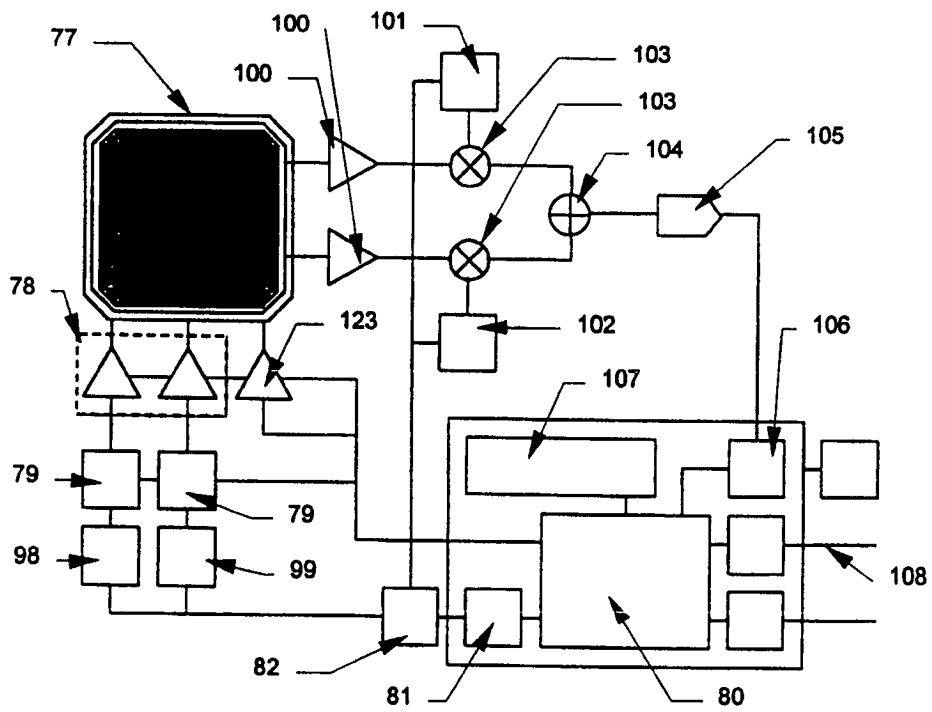
MCE 26/07/98
Ausgabe Nr. 2

Marke Nr.	Winkel Nr. 1	Winkel Nr. 2	Winkel Nr. 3	Basis 6 (vorw.)	Basis 6 (rückw.)	Länge	Große Lücke
51	10	36	53	132	231	53	127
52	10	36	62	133	331	62	118
53	10	36	75	134	431	75	105
54	10	36	92	135	531	92	88
55	10	49	59	141	141	59	121
56	10	49	66	142	241	66	114
57	10	49	75	143	341	75	105
58	10	49	88	144	441	88	92
59	10	66	76	151	151	76	104
60	10	66	83	152	251	83	97
61	10	66	92	153	351	92	88
62	17	21.5	38.5	202	202	38.5	141.5
63	17	21.5	47.5	203	302	47.5	132.5
64	17	21.5	60.5	204	402	60.5	119.5
65	17	21.5	77.5	205	502	77.5	102.5
66	17	27	44	212	212	44	136
67	17	27	53	213	312	53	127
68	17	27	66	214	412	66	114
69	17	27	83	215	512	83	97
70	17	34	51	222	222	51	129
71	17	34	60	223	322	60	120
72	17	34	73	224	422	73	107
73	17	34	90	225	522	90	90
74	17	43	60	232	232	60	120
75	17	43	69	233	332	69	111
76	17	43	82	234	432	82	98
77	17	43	99	235	532	99	81
78	17	56	73	242	242	73	107
79	17	56	82	243	342	82	98
80	17	56	95	244	442	95	85
81	17	73	90	252	252	90	90
82	17	73	99	253	352	99	81
83	26	30.5	56.5	303	303	56.5	123.5
84	26	30.5	69.5	304	403	69.5	110.5
85	26	30.5	86.5	305	503	86.5	93.5
86	26	36	62	313	313	62	118
87	26	36	75	314	413	75	105
88	26	36	92	315	513	92	88
89	26	43	69	323	323	69	111
90	26	43	82	324	423	82	98
91	26	43	99	325	523	99	81
92	26	52	78	333	333	78	102
93	26	52	91	334	433	91	89
94	26	65	91	343	343	91	89
95	26	65	104	344	443	104	76
96	39	43.5	82.5	404	404	82.5	97.5
97	39	43.5	99.5	405	504	99.5	80.5
98	39	49	88	414	414	88	92
99	39	56	95	424	424	95	85
100	39	65	104	434	434	104	76

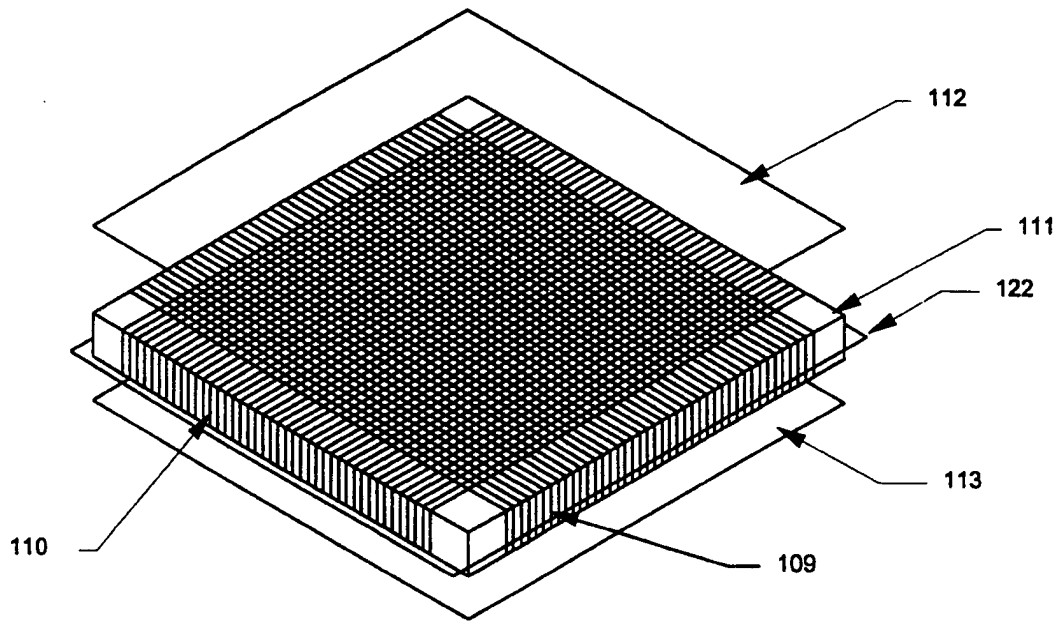
Figur 19



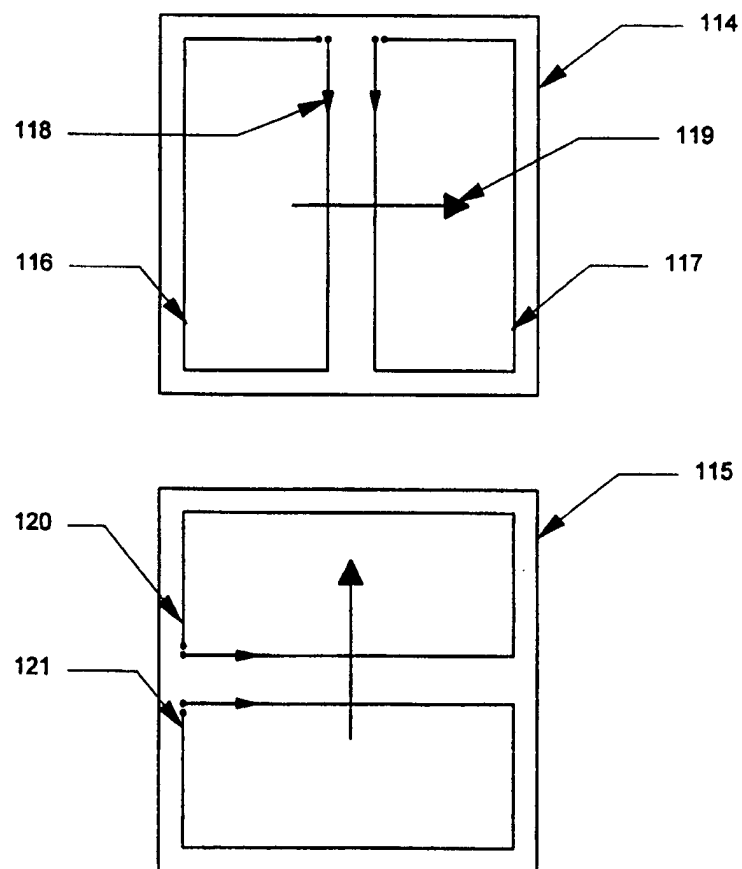
Figur 20



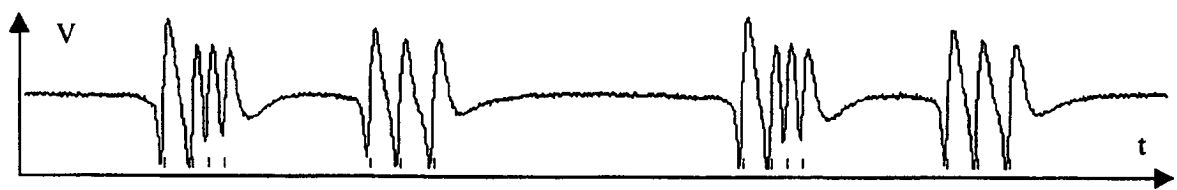
Figur 21



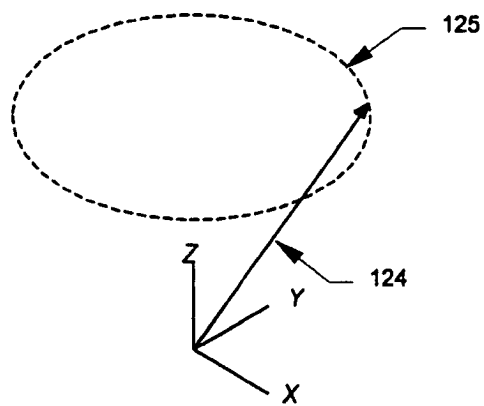
Figur 22



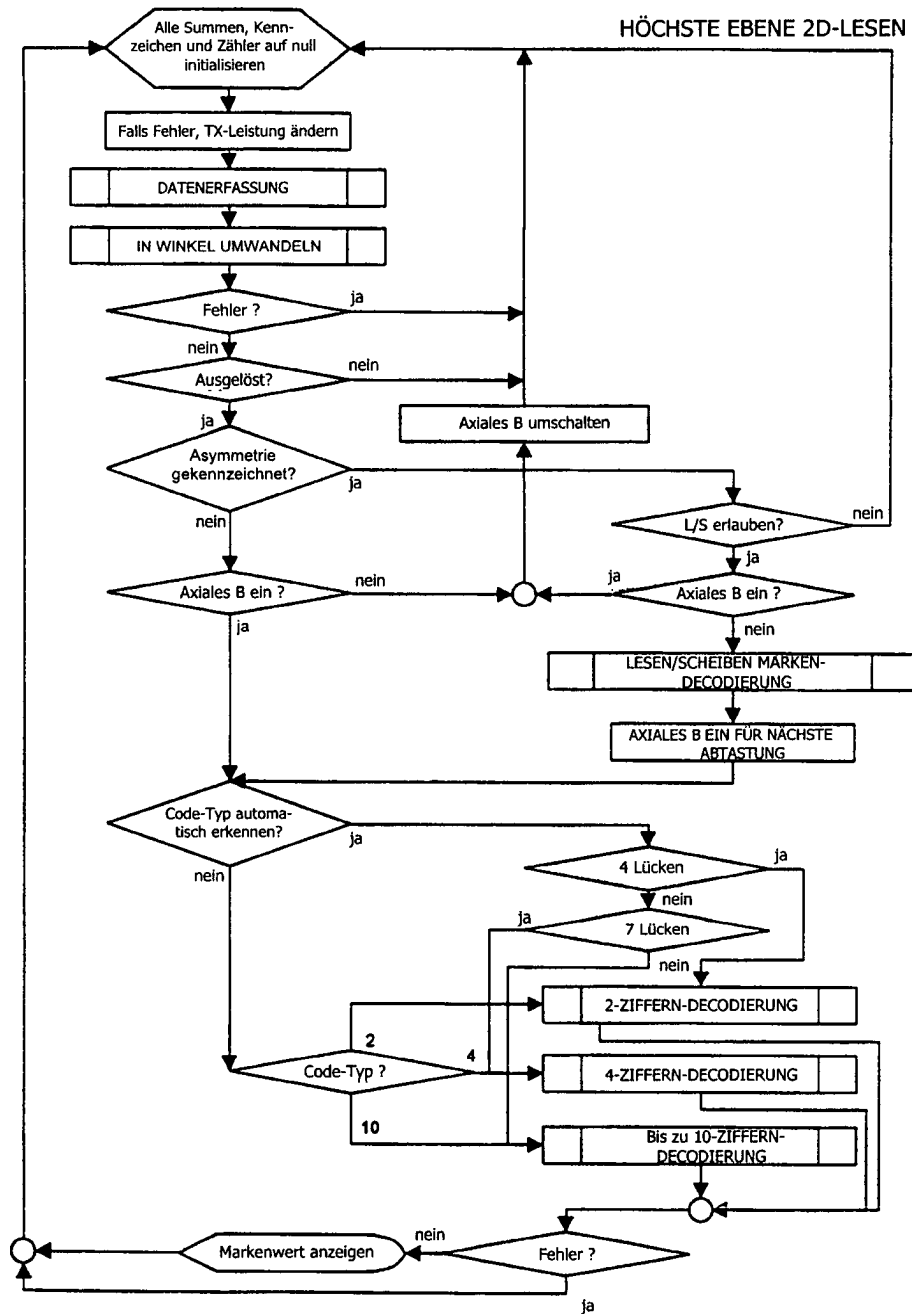
Figur 23



Figur 24

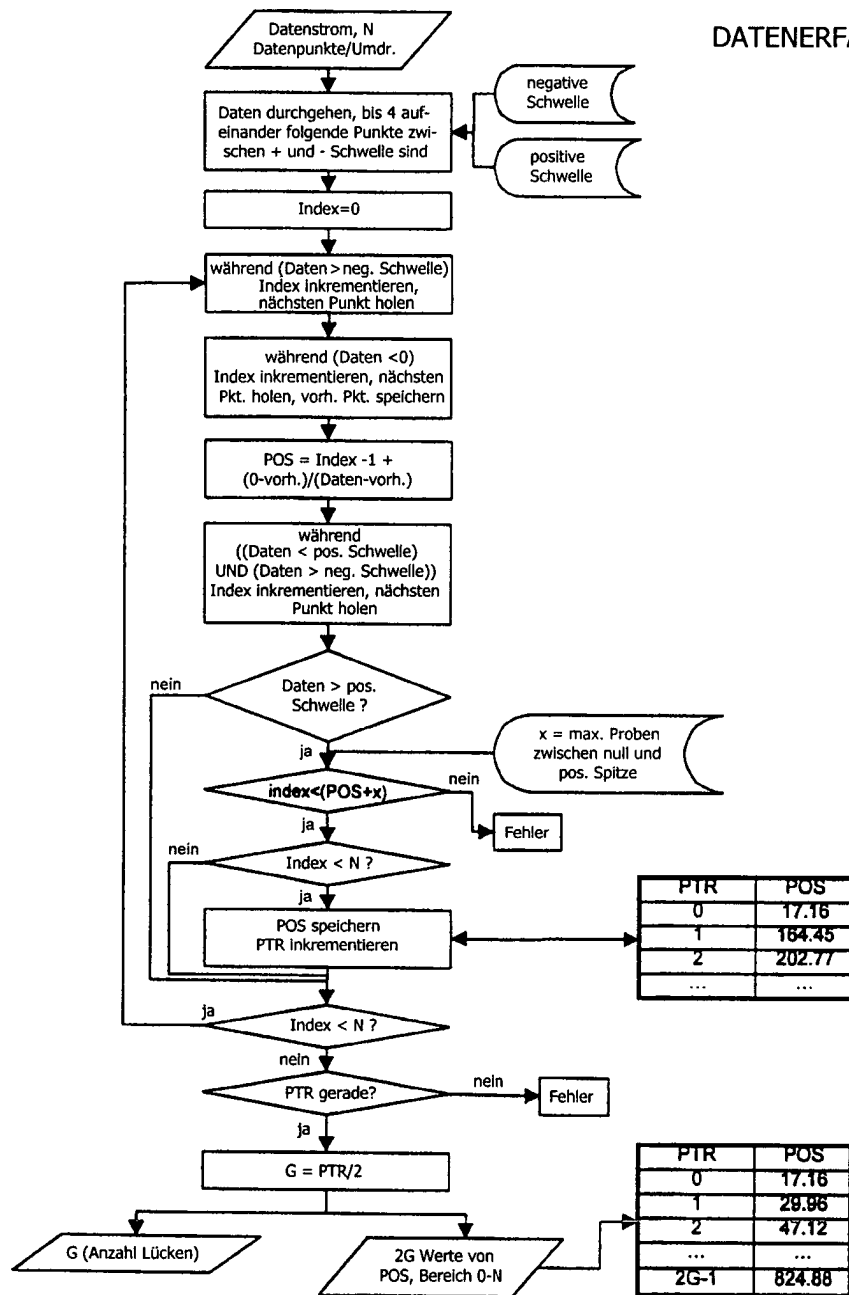


Figur 25



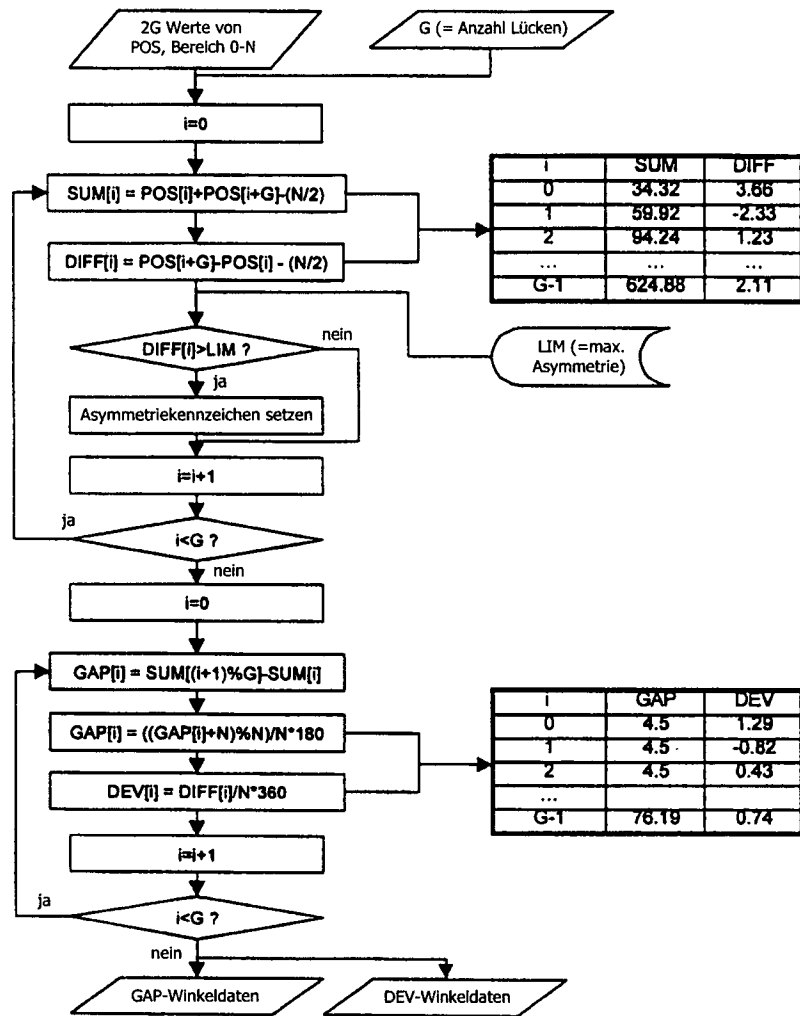
Figur 26

DATENERFASSUNG



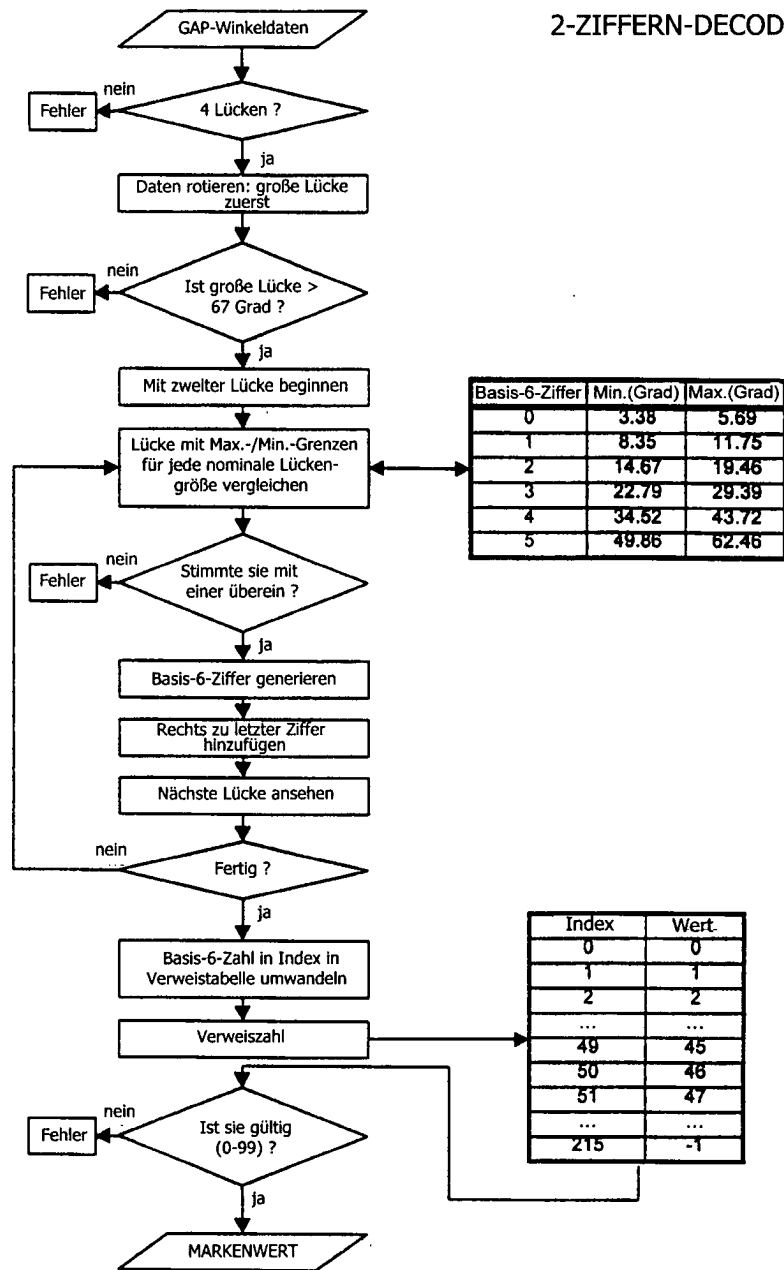
Figur 27

IN WINKEL UMWANDELN

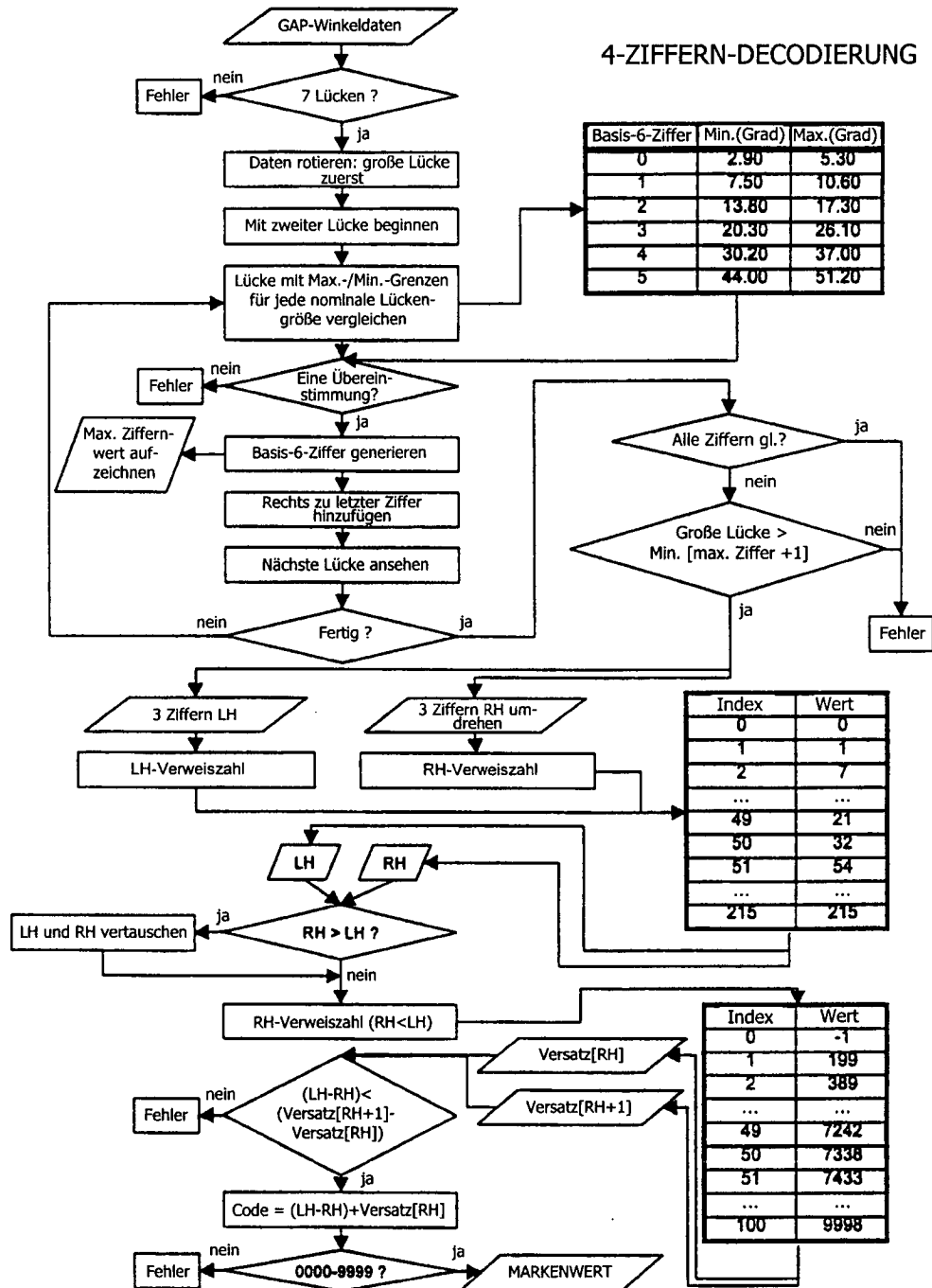


Figur 28

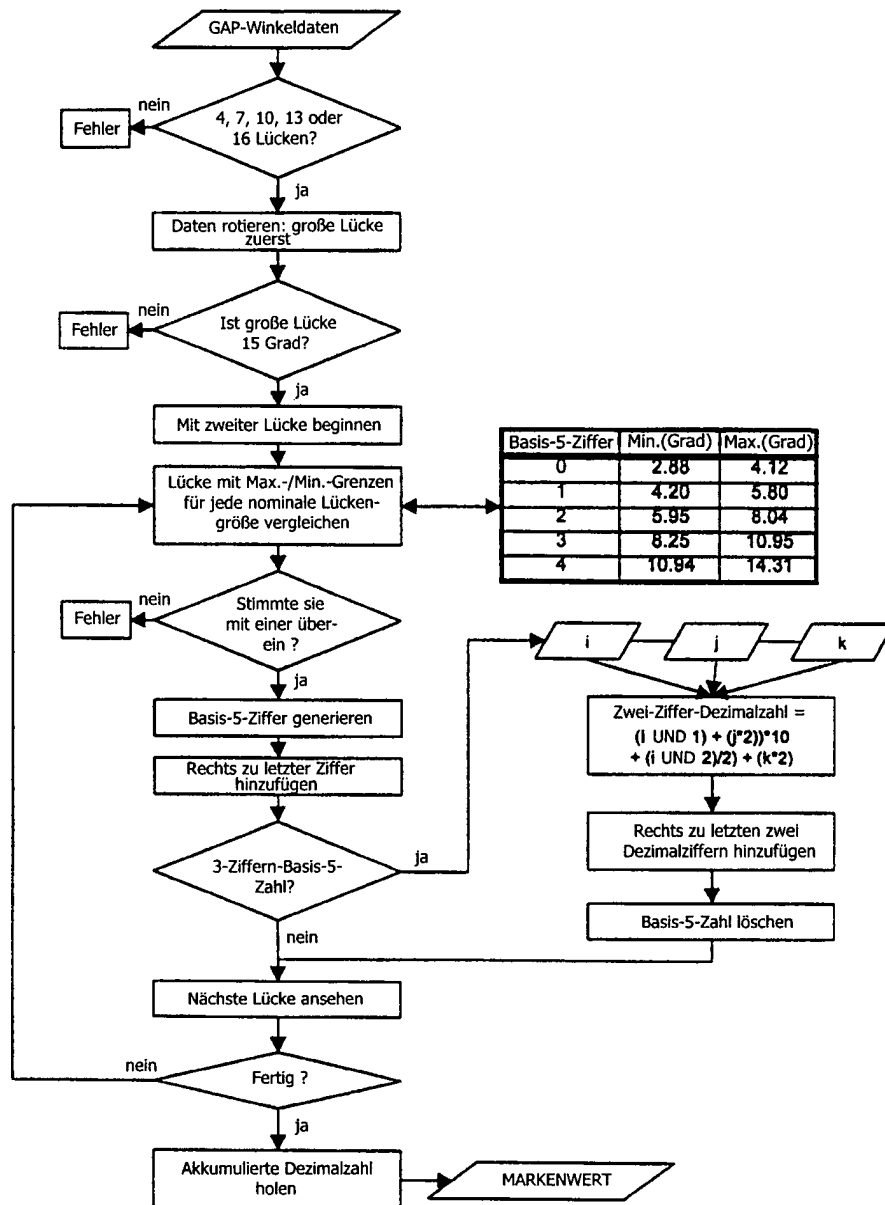
2-ZIFFERN-DECODIERUNG



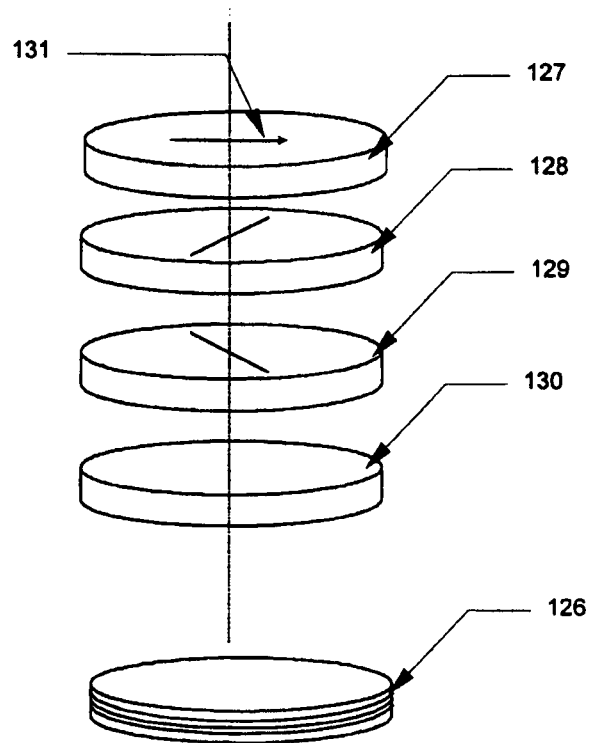
Figur 29



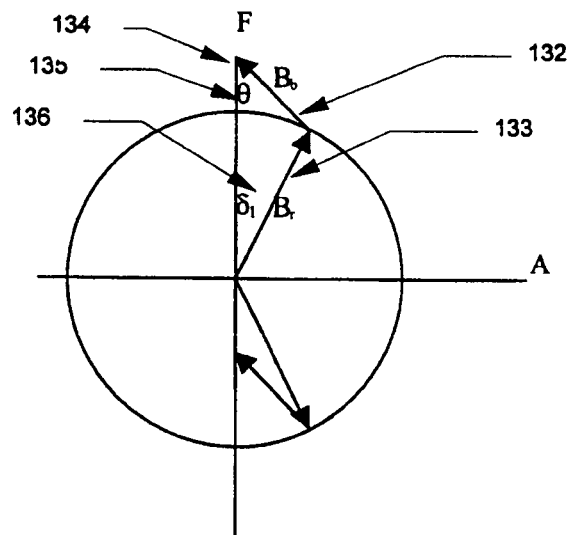
Figur 30



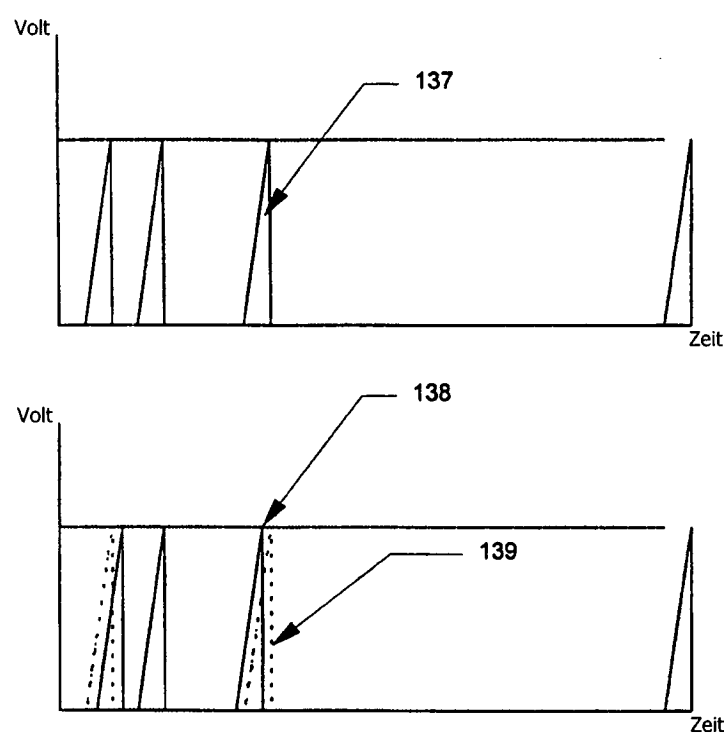
Figur 31



Figur 32

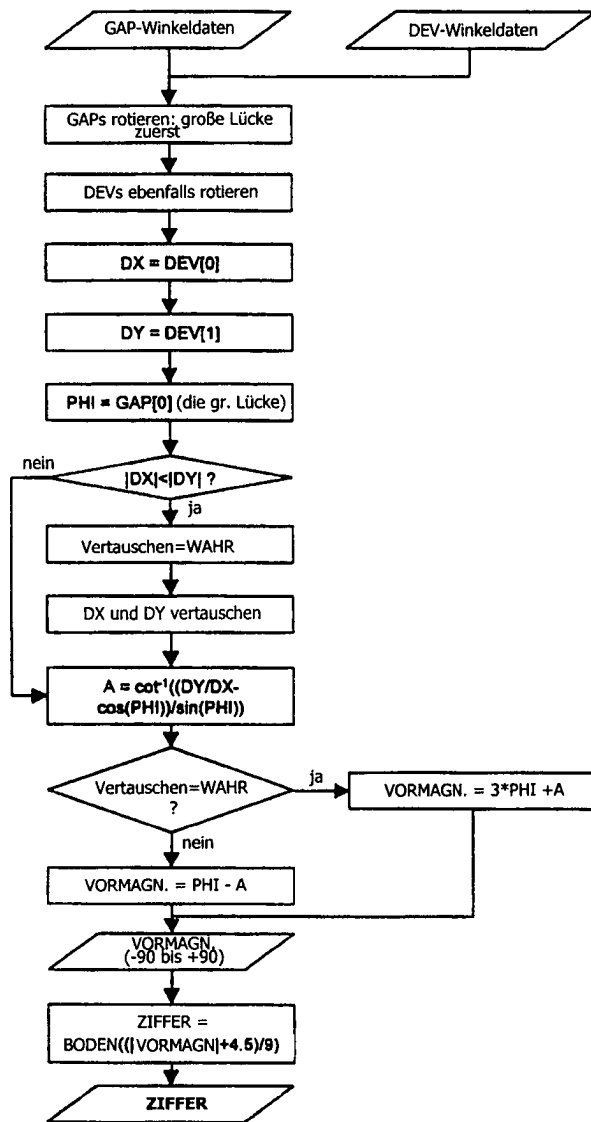


Figur 33

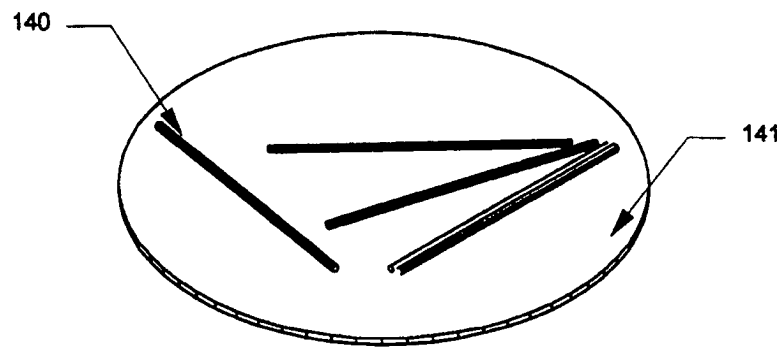


Figur 34

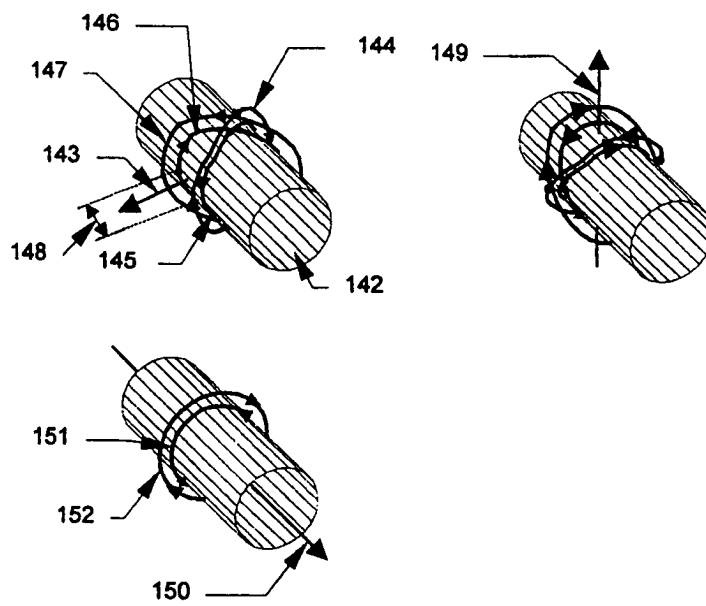
MARKENCODE LESEN/SCHREIBEN



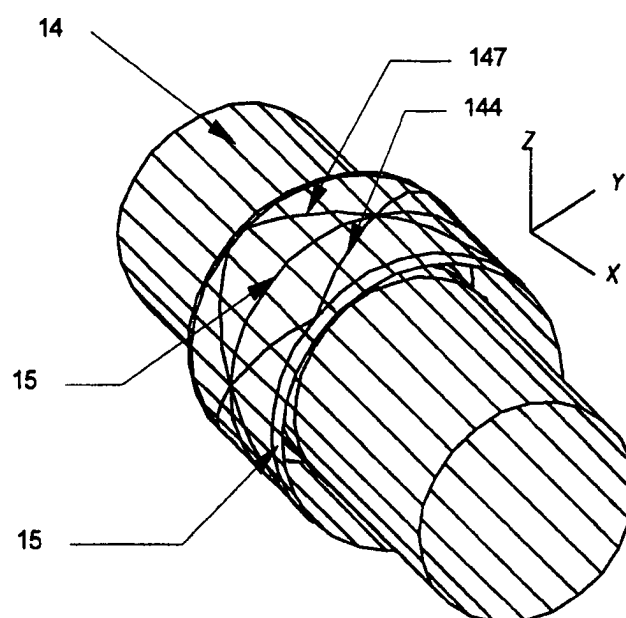
Figur 35



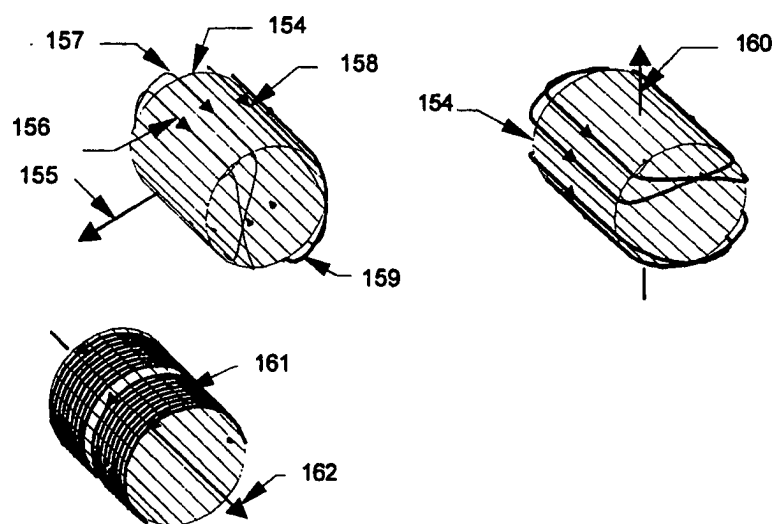
Figur 36



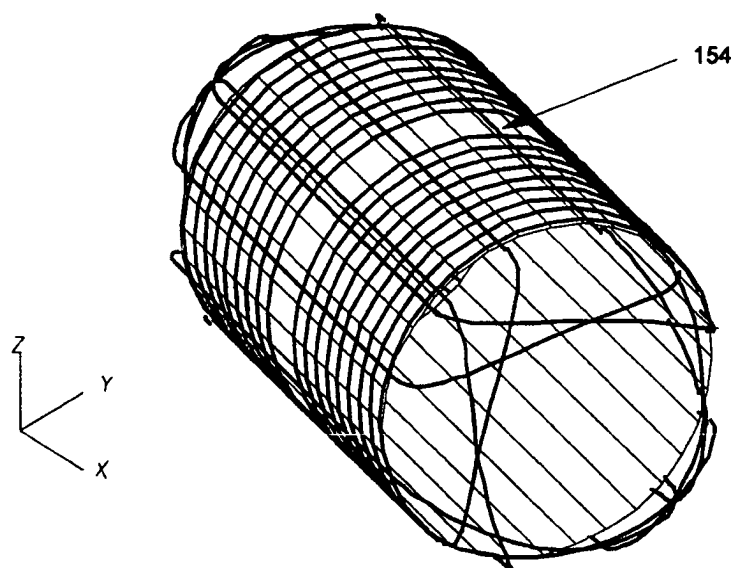
Figur 37



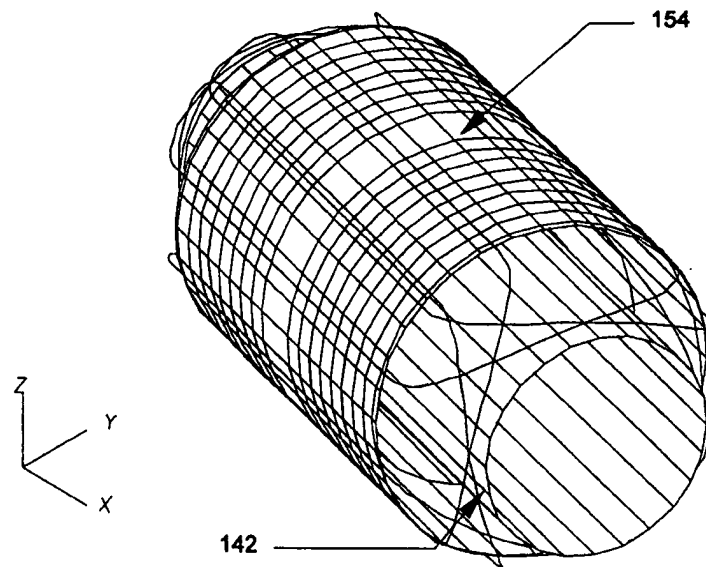
Figur 38



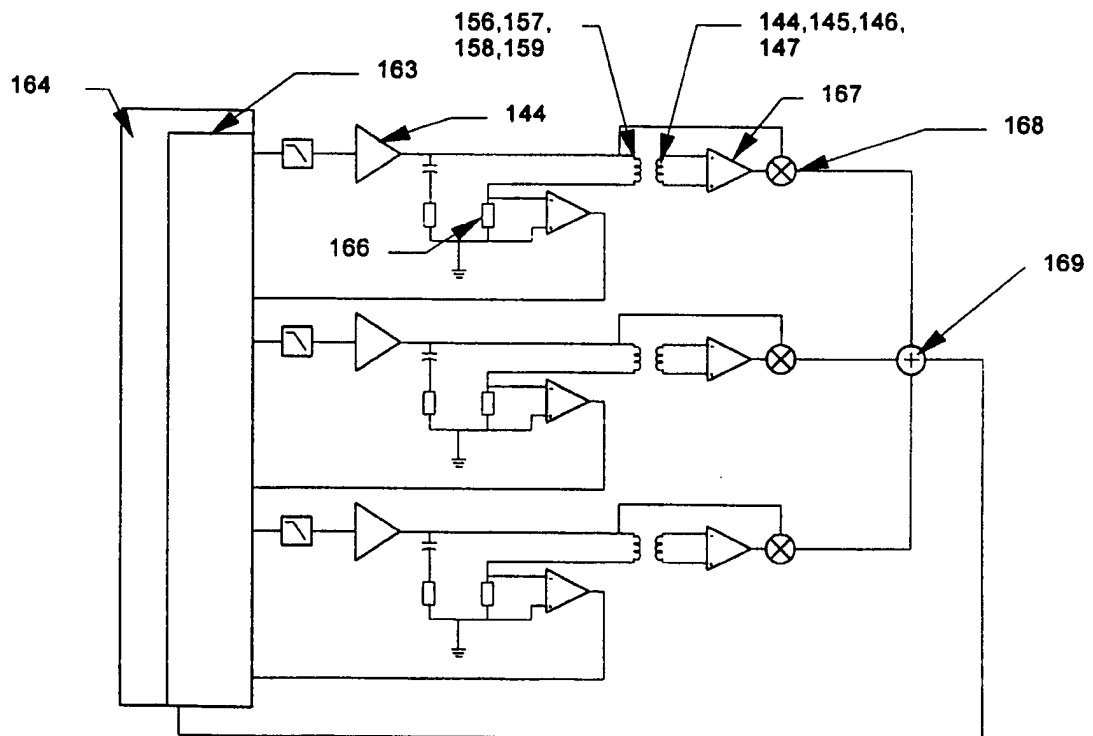
Figur 39



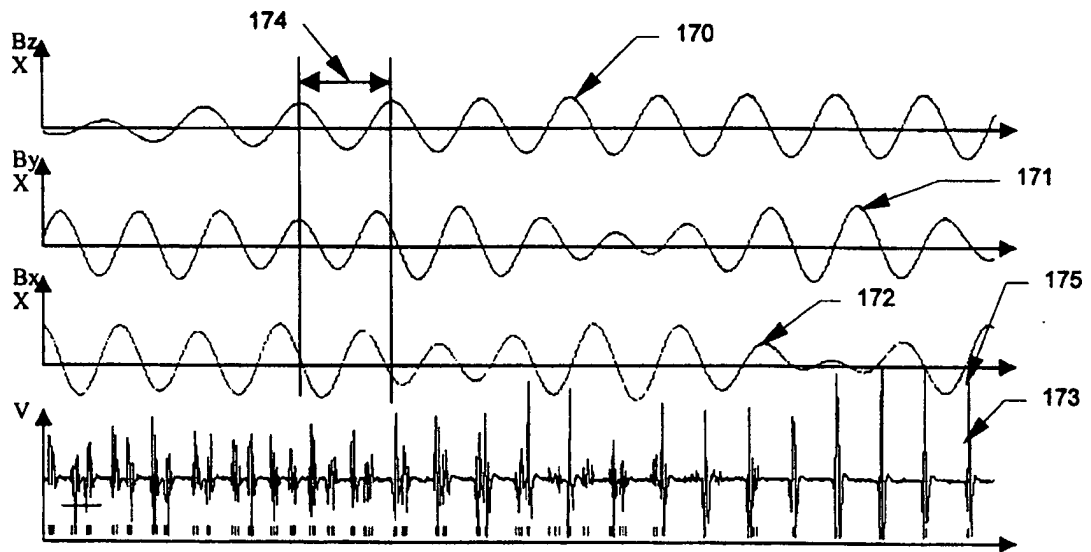
Figur 40



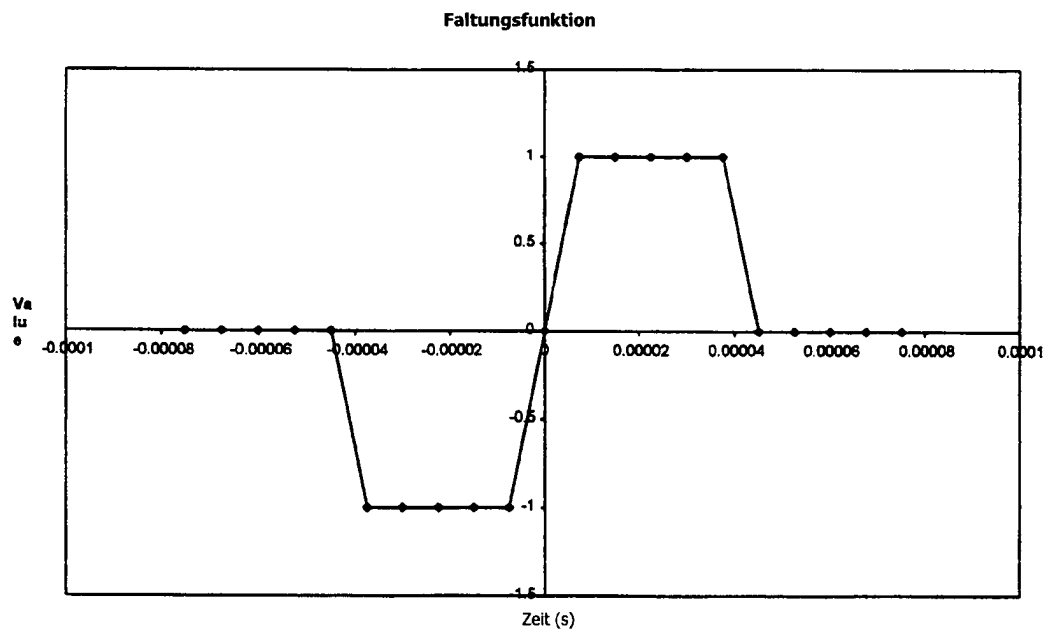
Figur 41



Figur 42

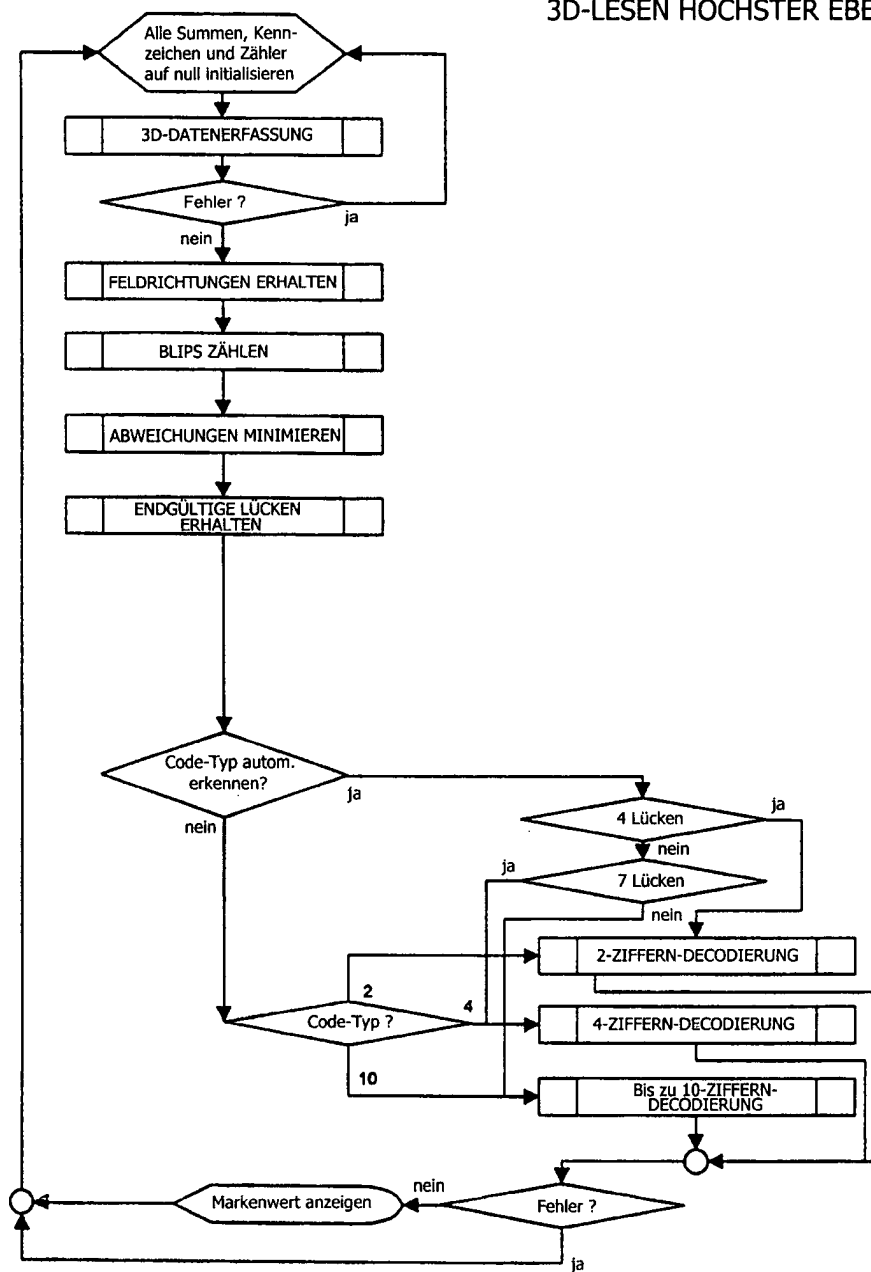


Figur 43



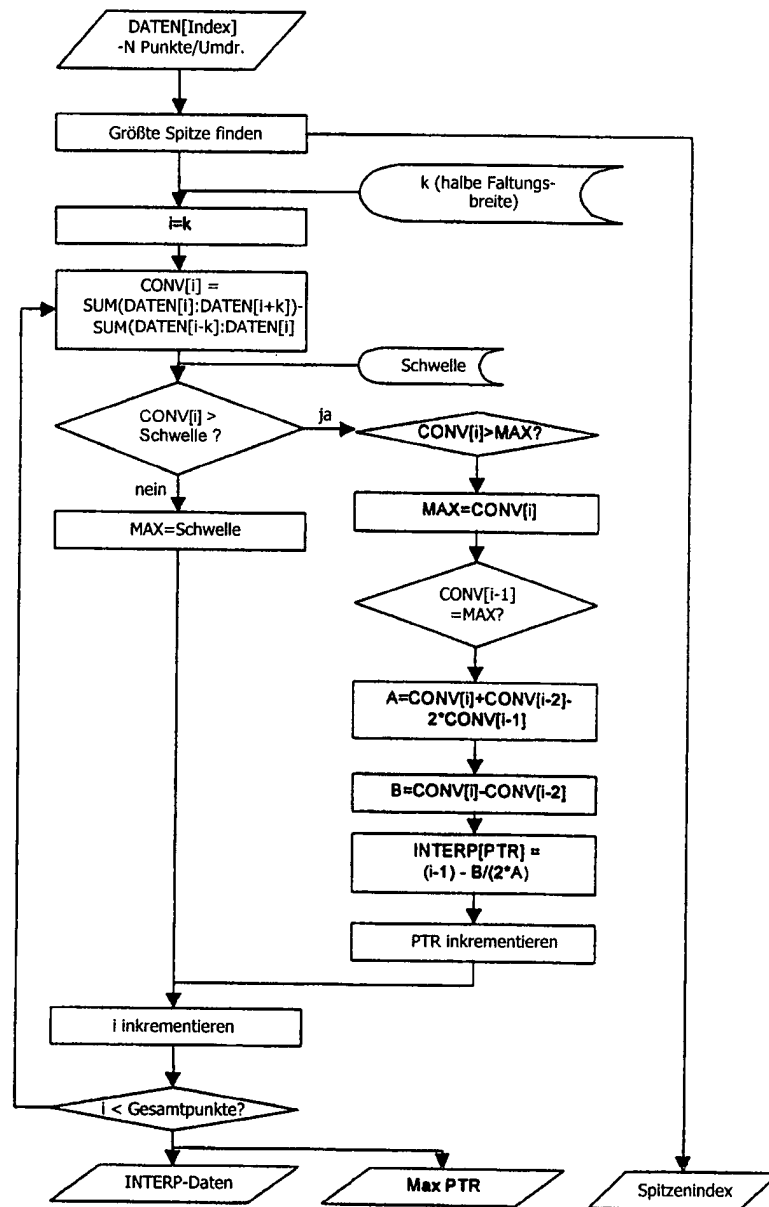
Figur 44

3D-LESEN HÖCHSTER EBENE



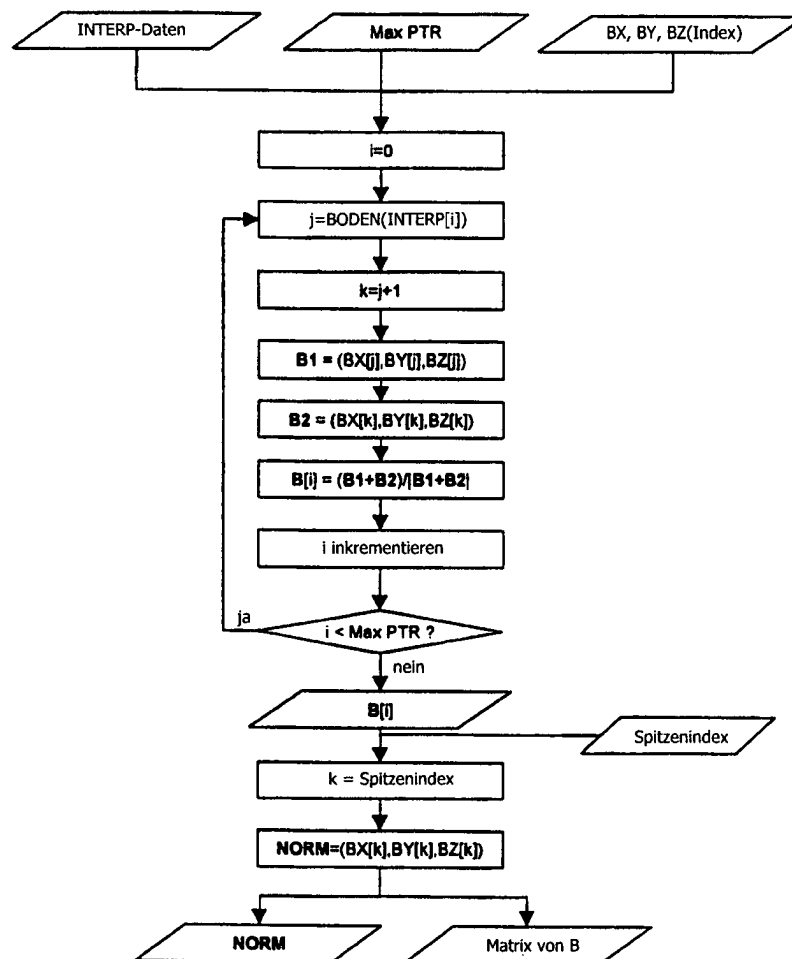
Figur 45

3D-DATENERFASSUNG



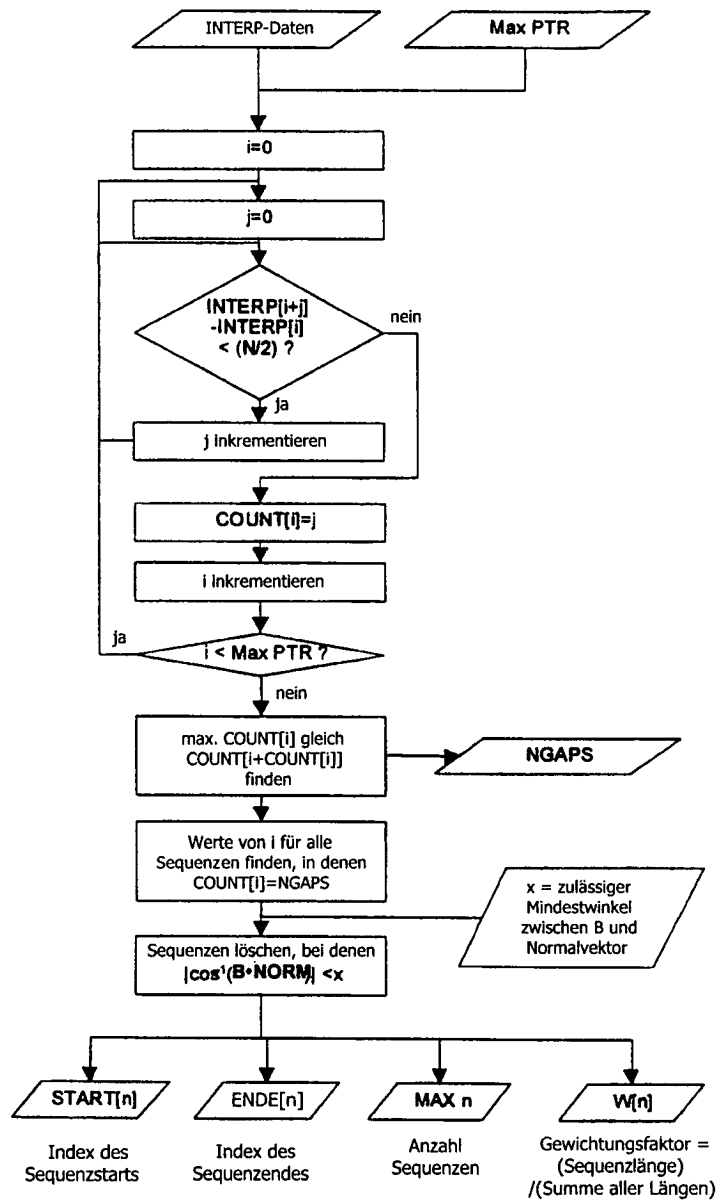
Figur 46

FELDRICHTUNGEN ERHALTEN

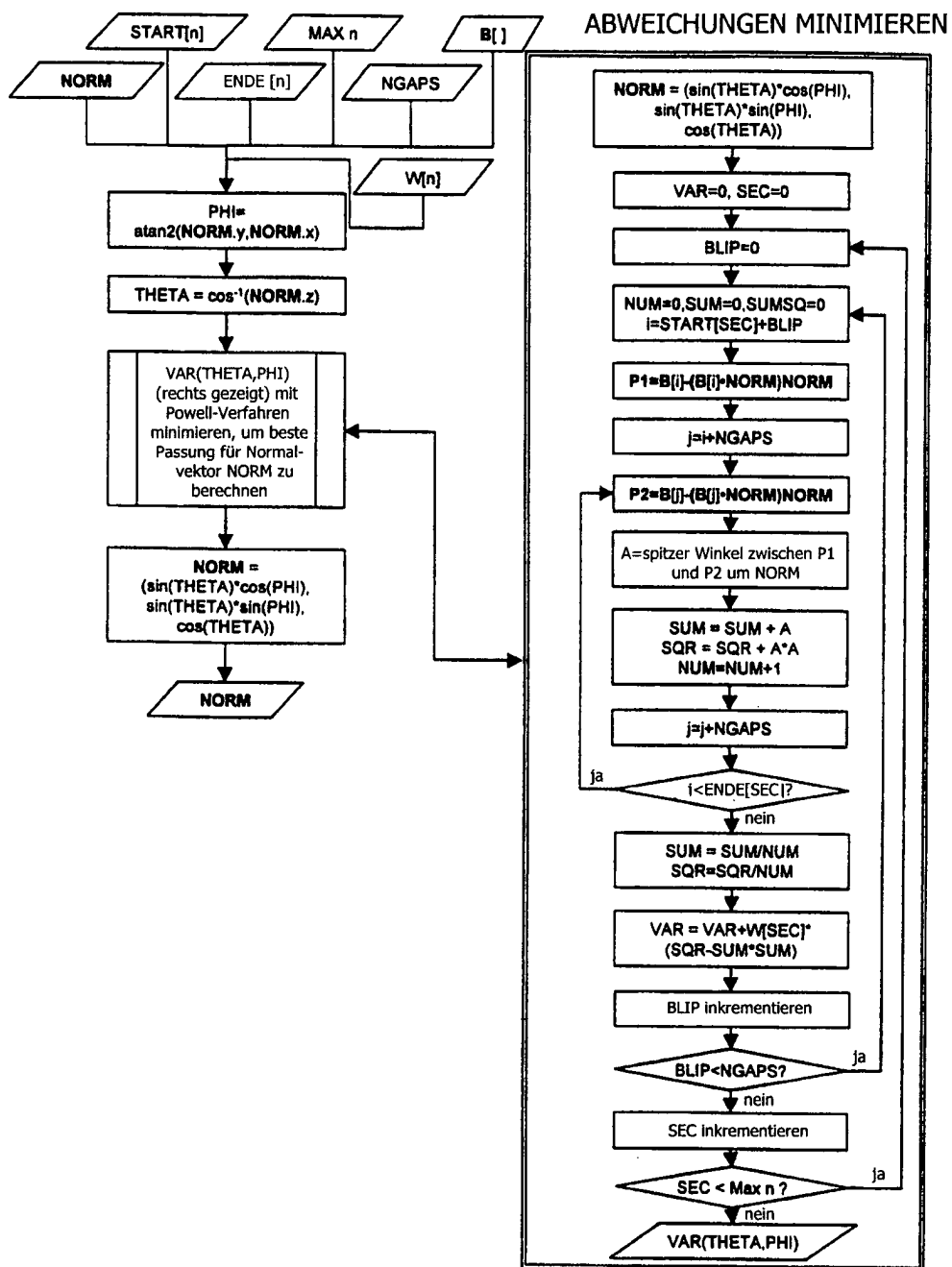


Figur 47

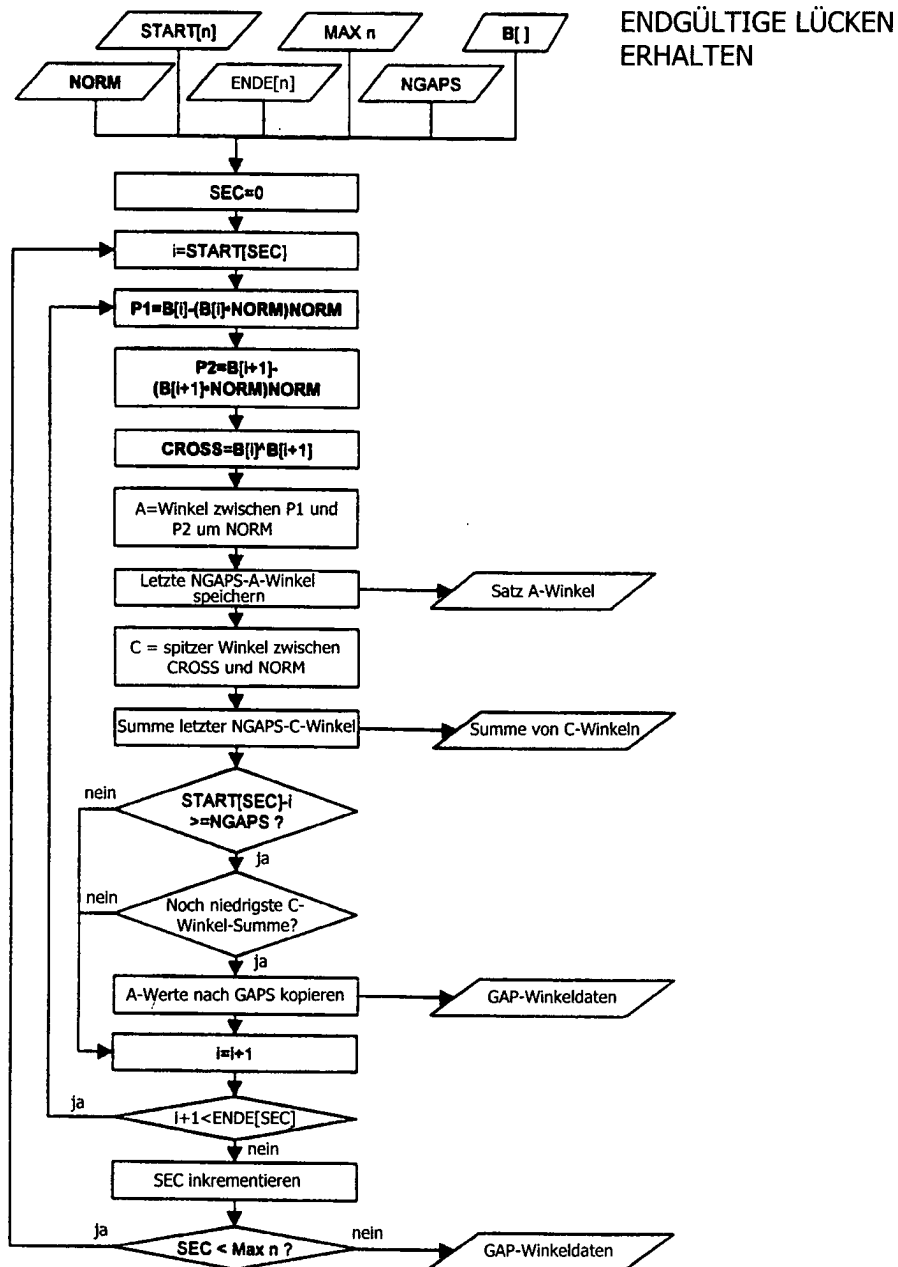
BLIPS ZÄHLEN



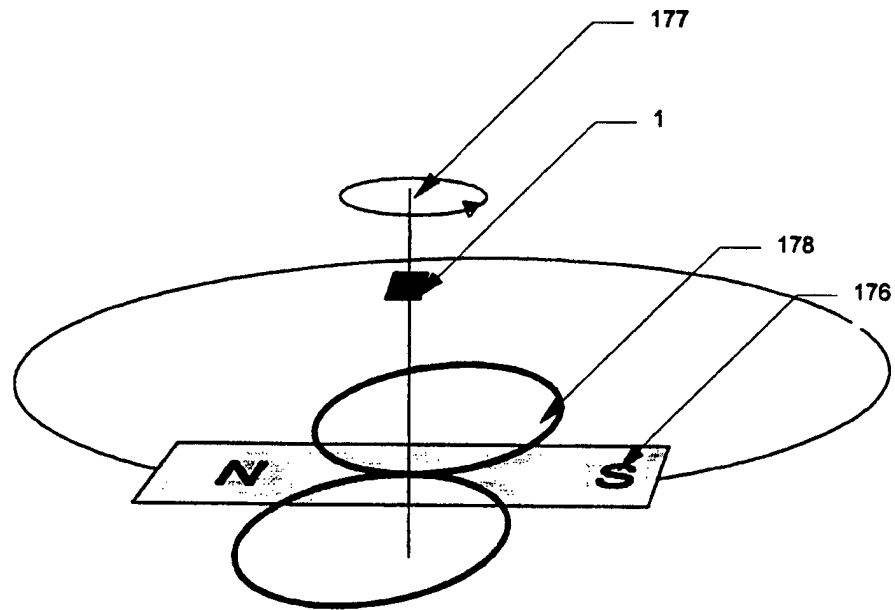
Figur 48



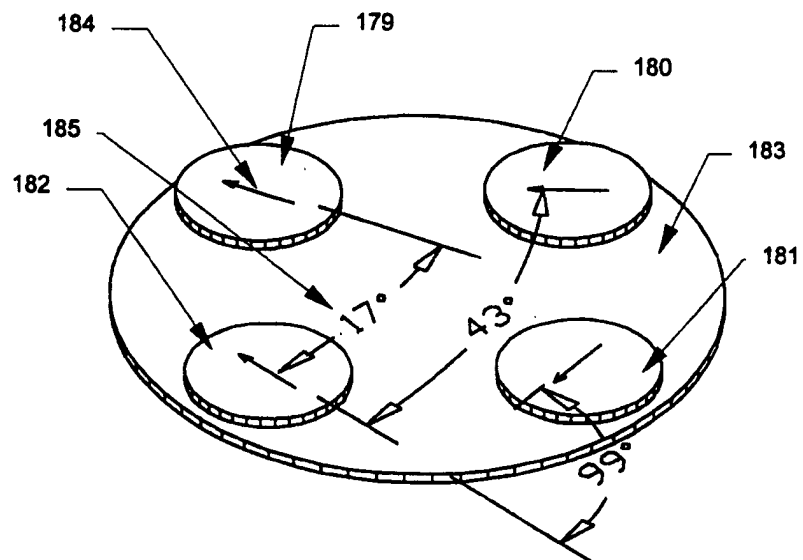
Figur 49



Figur 50



Figur 51



Figur 52