(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2020 003 331 B4** 2023.11.23

(12) # Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 003 331.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2020/057666**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/033103**
(86) PCT-Anmeldetag: **14.08.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.02.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung in deutscher Übersetzung: **31.03.2022**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **23.11.2023**

(51) Int Cl.: ***G11B 27/28*** (2006.01)
G11B 15/00 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
16/548,684 **22.08.2019** **US**

(73) Patentinhaber:
International Business Machines Corporation, Armonk, NY, US

(74) Vertreter:
Richardt Patentanwälte PartG mbB, 65185 Wiesbaden, DE

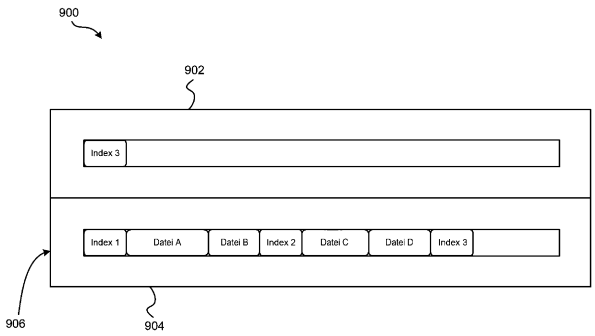
(72) Erfinder:
Miyamura, Tsuyoshi, Tokyo, JP; Hasegawa, Tohru, Tokyo, JP; Yamamoto, Noriko, Tokyo, JP; Mitsuma, Shinsuke, Tokyo, JP; Matsui, Sosuke, Tokyo, JP; Itagaki, Hiroshi, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**10 734 021**	**B1**
US	**2016 / 0 188 236**	**A1**
US	**2 972 131**	**A**

(54) Bezeichnung: **Hochgeschwindigkeits-Dateikopie von einem Band unter Verwendung von Blockgruppierung**

(57) Hauptanspruch: Durch einen Computer umgesetztes Verfahren, wobei das Verfahren aufweist:
Empfangen einer Anforderung, eine Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband zu lesen;
Erhalten eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnetband identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind;
Verwenden des Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der physischen Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist;
Erzeugen einer ersten Lesereihenfolge von Dateien einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem ersten physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der Dateien der ersten Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband; und
gleichzeitig:
Erzeugen einer zweiten Lesereihenfolge von Dateien einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem zweiten physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der Dateien der zweiten Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband, und Anweisen eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Lesereihenfolge zu lesen.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Datenspeichersysteme und insbesondere betrifft diese Erfindung einen Zugriff auf Dateien, die auf Magnetband gespeichert sind, unter Verwendung von Blockgruppierung.

HINTERGRUND

[0002] In magnetischen Speichersystemen lesen magnetische Wandler Daten von magnetischen Aufzeichnungsmedien und schreiben Daten auf diese. Daten werden auf die magnetischen Aufzeichnungsmedien geschrieben, indem ein magnetischer Aufzeichnungswandler zu einer Position über dem Medium bewegt wird, wo die Daten gespeichert werden sollen. Der magnetische Aufzeichnungswandler erzeugt dann ein magnetisches Feld, das die Daten in das magnetische Medium codiert. Analog werden Daten von den Medien gelesen, indem der magnetische Lesewandler positioniert und dann das Magnetfeld des magnetischen Mediums erfasst wird. Lese- und Schreibvorgänge können je unabhängig mit der Bewegung des Mediums synchronisiert sein, um sicherzustellen, dass die Daten von der gewünschten Stelle auf dem Medium gelesen und dorthin geschrieben werden können.

[0003] Ein wichtiges und anhaltendes Ziel in der Datenspeicherbranche ist es, die Dichte der auf einem Medium gespeicherten Daten zu erhöhen. Bei Bandspeichersystemen hat dieses Ziel dazu geführt, die Spur- und lineare Bitdichte auf dem Aufzeichnungsband zu erhöhen und die Dicke des Magnetbandmediums zu verringern. Dies hat auch zu einer Erhöhung der Speicherkapazität für Magnetbänder insgesamt geführt. Die Entwicklung von Bandlaufwerksystemen mit kleinen Maßen und höherer Leistung hat jedoch zu verschiedenen Herausforderungen geführt, die von der Konstruktion von Bandkopfanordnungen zur Verwendung in solchen Systemen bis zum tatsächlichen Zugriff auf Daten reichen, die auf einem Magnetband gespeichert sind.

[0004] Zum Beispiel umfasst der Vorgang des Lesens mehrerer Dateien von unterschiedlichen Orten auf einem Magnetband ein Neupositionieren des Magnetkopfes zwischen den verschiedenen physischen Orten, an denen die Dateien gespeichert sind. Herkömmliche Verfahren haben diese Lesevorgänge so ausgeführt, dass auf die Dateien in einer Reihenfolge zugegriffen wird, die dem Verhältnis der Dateien selbst zueinander entspricht. Zum Beispiel wird zuerst auf Datei A zugegriffen, dann auf Datei B, als drittes auf Datei C usw. Der Zugriff auf Dateien auf diese Weise ist jedoch aufgrund der wiederholten Bewegungen, die ausgeführt werden, um den Anfang jeder Datei auf dem Band zu finden, oft ineffizient. Darüber hinaus nimmt mit zunehmender Anzahl der Dateien, auf die zugegriffen wird, auch der Umfang der durch diese herkömmlichen Verfahren durchgeführten Kopfneupositionierung zu.

[0005] Daher besteht in der Technik ein Bedarf, das oben beschriebene Problem zu lösen.

[0006] Die Druckschrift US 2 972 131 A betrifft eine Vorrichtung zum selektiven Übertragen von Daten von einem ersten auf einen zweiten Signalträger gemäß einer Folge von Kriterien, mit Mitteln zum sequentiellen Erfassen von Daten von dem ersten Signalträger, ersten Mitteln zum Prüfen der erfassten Daten auf Übereinstimmung mit einem der Kriterien, Mitteln zum selektiven Aufzeichnen der erfassten Datenelemente auf dem zweiten Signalträger unter Steuerung der Prüfmittel, zweiten Mitteln zum Prüfen der erfassten Datenelemente auf Übereinstimmung mit mindestens dem nächsten Kriterium in der genannten Folge und Mitteln, die von den zweiten Prüfmitteln gesteuert werden, um die ersten Prüfmittel so einzustellen, dass sie anschließend entweder für das genannte nächste Kriterium oder für ein weiteres Kriterium in der genannten Folge prüfen.

[0007] Die Druckschrift US 2016 / 0 188 236 A1 betrifft ein Mechanismus zur Erzeugung von Aufzählungsinformationen, in dem eine Vielzahl von Dateien mit Ausnahme von vollständig ungültigen Dateien auf einem sequentiellen Medium aufgezählt wird. Verwaltungsinformationen zum Verwalten von Orten, an denen die Vielzahl von Dateien auf dem sequentiellen Medium aufgezeichnet sind, werden von dem sequentiellen Medium erfasst. Die aufgezählten Informationen, in denen die Vielzahl von Dateien aufgezählt sind, werden in einer Reihenfolge entsprechend den Orten, an denen die Vielzahl von Dateien aufgezeichnet sind, auf der Grundlage der erfassten Verwaltungsinformationen erzeugt.

KURZDARSTELLUNG

[0008] Die Erfindung betrifft ein durch einen Computer umgesetztes Verfahren gemäß Anspruch 1, ein Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 14, ein Computerprogramm gemäß Anspruch 15 sowie ein System gemäß Anspruch 16, deren Merkmale in den entsprechenden unabhängigen angegeben sind und ein Problem eines effizienten Lesens eines Magnetbandes lösen. Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Ein von einem Computer umgesetztes Verfahren zum Zugreifen auf Dateien weist auf: Empfangen einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband; Erhalten eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnet-

band identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind; Verwenden des Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist; Sortieren einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine erste Reihenfolge; und gleichzeitig: Sortieren einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben zweiten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine zweite Reihenfolge, und Anweisen eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Reihenfolge zu lesen.

[0010] Ein System weist auf: einen Prozessor; und eine in den Prozessor integrierte, durch den Prozessor ausführbare oder in den Prozessor integrierte und durch diesen ausführbare Logik, wobei die Logik konfiguriert ist zum: Empfangen, durch den Prozessor, einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband; Erhalten, durch den Prozessor, eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnetband identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind; Verwenden, durch den Prozessor, des Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist; Sortieren, durch den Prozessor, einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine erste Reihenfolge; und gleichzeitig: Sortieren, durch den Prozessor, einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben zweiten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine zweite Reihenfolge, und Anweisen, durch den Prozessor, eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Reihenfolge zu lesen.

[0011] Ein Computerprogrammproduktweist ein von einem Computer lesbares Speichermedium mit darin verkörperten Programmanweisungen auf, wobei die Programmanweisungen durch einen Prozessor lesbar und/oder ausführbar sind, um den Prozessor zu veranlassen zum: Empfangen, durch den Prozessor, einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband; Erhalten, durch den Prozessor, eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnetband identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind; Verwenden, durch den Prozessor, des Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist; Sortieren, durch den Prozessor, einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine erste Reihenfolge; und gleichzeitig: Sortieren, durch den Prozessor, einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben zweiten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine zweite Reihenfolge, und Anweisen, durch den Prozessor, eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Reihenfolge zu lesen.

[0012] Ein von einem Computer umgesetztes Verfahren umfasst gemäß einem Ansatz: Empfangen einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband und Erhalten eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnetband identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind. Das Bandverzeichnis wird verwendet, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist. Eine erste Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, werden zudem in einer ersten Reihenfolge sortiert. Das von einem Computer umgesetzte Verfahren umfasst ferner gleichzeitig: Sortieren einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben zweiten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in einer zweiten Reihenfolge, und Anweisen eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Reihenfolge zu lesen. In bevorzugten Fällen werden das Sortieren der zweiten Teilmenge der Dateien und das Anweisen des Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge zu lesen, ferner parallel ausgeführt.

[0013] Die Leistung wird erheblich verbessert, indem Dateien in einer bestimmten Teilmenge gleichzeitig sortiert werden, während Dateien in einer anderen Teilmenge (die bereits sortiert wurden) vom Bandlaufwerk vom Magnetband gelesen werden. Dies verringert wirksam die Menge an Rechenressourcen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt verwendet werden, indem Verarbeitungsoperationen überlappen und zusätzlich die zugehörige Rechenkomplexität in bereichsgroße Blöcke aufgeteilt wird. Darüber hinaus kann dieses Verfahren des gleichzeitigen Sortierens einer nächsten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben nächsten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine nächste Reihenfolge und Anweisens eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der vorherigen Teilmenge gemäß der vorherigen Reihenfolge zu lesen, iterativ wiederholt werden, z.B. für eine beliebige Anzahl von Dateien.

[0014] In einigen Fällen umfasst das Sortieren einer gegebenen Teilmenge der Dateien, die in einem gegebenen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine gegebene Reihenfolge, ein Verwenden eines physischen Orts aller Dateien, die in dem gegebenen Bereich gespeichert sind, um die gegebene Reihenfolge so zu bestimmen, dass ein Umfang der von dem Bandlaufwerk durchgeführten Kopfneupositionierungen beim Lesen der Dateien in

der gegebenen Reihenfolge minimiert wird. Dies führt auch zu einer Verbesserung der Leistungsverzögerung. Zum Beispiel ist eine Datenzugriffszeit, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in der gegebenen Teilmenge gemäß der gegebenen Reihenfolge erfahren wird, kürzer als eine Datenzugriffszeit, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in der gegebenen Teilmenge in einer von der gegebenen Reihenfolge abweichenden beliebigen Reihenfolge erfahren wird. Daraus folgt, dass das von einem Computer umgesetzte Verfahren in der Lage ist, von einem Magnetband auf eine Mehrzahl von Dateien auf effizientere Weise zuzugreifen (z.B. diese zu lesen), als dies herkömmlicherweise möglich ist.

[0015] Ein Computerprogrammprodukt enthält gemäß einem weiteren Ansatz ein von einem Computer lesbares Speichermedium mit darin verkörperten Programmanweisungen. Die Programmanweisungen sind von einem Prozessor lesbar und/oder ausführbar, um den Prozessor zu veranlassen, das vorangegangene Verfahren auszuführen.

[0016] Ein System gemäß noch einem weiteren Ansatz umfasst einen Prozessor und eine in den Prozessor integrierte, durch den Prozessor ausführbare oder in den Prozessor integrierte und durch diesen ausführbare Logik. Die Logik ist konfiguriert, um das vorangehende Verfahren auszuführen.

[0017] Jeder dieser Ansätze kann in einem magnetischen Datenspeichersystem wie einem Bandlaufwerksystem umgesetzt werden, das einen Magnetkopf, einen Antriebsmechanismus zum Bewegen eines magnetischen Mediums (z.B. eines Aufzeichnungsbands) über den Magnetkopf und eine elektrisch mit dem Magnetkopf verbundene Steuerung umfassen kann.

[0018] Weitere Aspekte und Ansätze der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung ersichtlich, die in Verbindung mit den Zeichnungen beispielhaft die Grundsätze der Erfindung darstellt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0019] Die vorliegende Erfindung wird nun lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben, wie sie in den folgenden Figuren gezeigt sind:

Fig. 1A ist ein Schema eines vereinfachten Bandlaufwerksystems gemäß einem Ansatz.

Fig. 1B ist ein Schema einer Bandkassette gemäß einem Ansatz.

Fig. 2A zeigt eine Seitenansicht eines flach geläppten bidirektionalen Magnetbandkopfes mit zwei Modulen gemäß einem Ansatz.

Fig. 2B ist eine Ansicht der Bandauflagefläche der Linie 2B von **Fig.** 2A.

Fig. 2C ist eine Detailansicht des Kreises 2C von **Fig.** 2B.

Fig. 2D ist eine Detailansicht eines Teils einer Bandauflagefläche eines Modulpaares.

Fig. 3 ist eine Ansicht eines Teils einer Bandauflagefläche eines Magnetkopfs mit einer Schreib-Lese-Schreib-Konfiguration.

Fig. 4 ist eine Ansicht eines Teils einer Bandauflagefläche eines Magnetkopfs mit einer Lese-Schreib-Lese-Konfiguration.

Fig. 5 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfes mit drei Modulen gemäß einem Ansatz, bei dem die Module alle im Allgemeinen entlang etwa paralleler Ebenen liegen.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfes mit drei Modulen in einer tangentialen (abgewinkelten) Konfiguration.

Fig. 7 ist eine Seitenansicht eines Magnetbandkopfes mit drei Modulen in einer Umwicklungskonfiguration.

Die **Fig.** 8A bis **Fig.** 8C sind Schemas, die die Grundsätze von Band-Tenting (bzw. Bandumlenkung) zeigen.

Fig. 9 ist eine schematische Darstellung von Dateien und Indizes, die gemäß einem Ansatz auf einem Magnetband gespeichert sind.

Fig. 10 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einem Ansatz.

Fig. 11 ist eine schematische Teildarstellung eines Datenspeichersystems gemäß einem Ansatz.

Fig. 12 ist eine schematische Darstellung eines abgestuften Datenspeichersystems gemäß einem Ansatz.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0020] Die folgende Beschreibung dient der Veranschaulichung der allgemeinen Grundsätze der vorliegenden Erfindung und soll die hierin beanspruchten erfinderischen Konzepte nicht einschränken. Ferner können hierin beschriebene besondere Merkmale in Kombination mit anderen beschriebenen Merkmalen in jeder der verschiedenen möglichen Kombinationen und Permutationen verwendet werden.

[0021] Sofern hierin nicht anders besonders definiert, sind alle Begriffe in ihrer weitest möglichen Auslegung zu verstehen, die von der Beschreibung implizierte Bedeutungen sowie von Fachleuten verstandene und/oder in Wörterbüchern, Abhandlungen usw. definierte Bedeutungen umfasst.

[0022] Es muss auch beachtet werden, dass die Singularformen „ein“, „eine“ und „der“, „die“, „das“, wie sie in der Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen verwendet werden, Pluralreferenzen einschließen, sofern nicht anders angegeben.

[0023] Die folgende Beschreibung offenbart mehrere bevorzugte Ansätze von Magnetspeichersystemen sowie deren Betrieb und/oder Bestandteile zum Zugreifen auf eine Mehrzahl von Dateien (z.B. Lesen derselben) von einem Magnetband auf eine effizientere Weise als herkömmlich möglich. Die Leistung wird in bevorzugten Ansätze verbessert, indem gleichzeitig Dateien in einer gegebenen Teilmenge sortiert werden, während Dateien in einer anderen Teilmenge (die bereits sortiert wurden) vom Magnetband durch das Bandlaufwerk gelesen werden. Dies verringert wirksam die Menge an Rechenressourcen, die zu einem gegebenen Zeitpunkt verwendet werden, indem Verarbeitungsoperationen überlappen und zusätzlich die zugehörige Rechenkomplexität in bereichsgroße Blöcke aufgeteilt wird, z.B. wie im Folgenden ausführlicher beschrieben.

[0024] Bei einem allgemeinen Ansatz umfasst ein von einem Computer umgesetztes Verfahren: Empfangen einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband und Erhalten eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnetband identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind. Das Bandverzeichnis wird verwendet, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist. Eine erste Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, werden zudem in einer ersten Reihenfolge sortiert. Das von einem Computer umgesetzte Verfahren umfasst ferner gleichzeitig: Sortieren einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem und demselben zweiten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in einer zweiten Reihenfolge, und Anweisen eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Reihenfolge zu lesen.

[0025] Bei einem weiteren allgemeinen Ansatz umfasst ein Computerprogrammprodukt ein von einem Computer lesbares Speichermedium mit darin verkörperten Programmanweisungen. Die Programmanweisungen sind von einem Prozessor lesbar und/oder ausführbar, um den Prozessor zu veranlassen, das vorangegangene Verfahren auszuführen.

[0026] Bei noch einem weiteren allgemeinen Ansatz umfasst ein System einen Prozessor und eine in den Prozessor integrierte, durch den Prozessor ausführbare oder in den Prozessor integrierte und durch diesen ausführbare Logik. Die Logik ist konfiguriert, um das vorangehende Verfahren auszuführen.

[0027] **Fig.** 1A zeigt ein vereinfachtes Bandlaufwerk 100 eines bandgestützten Datenspeichersystems, das im Kontext der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Während in **Fig.** 1A eine bestimmte Umsetzung eines Bandlaufwerks gezeigt ist, ist anzumerken, dass die hierin beschriebenen Ansätze im Kontext jeder Art von Bandlaufwerksystem umgesetzt werden können.

[0028] Wie gezeigt, sind eine Bandvorratskassette 120 und eine Aufwickelspule 121 vorgesehen, die ein Band 122 halten. Eine oder mehrere der Spulen können Teil einer herausnehmbaren Kassette sein und sind nicht unbedingt Teil des Bandlaufwerks 100. Das Bandlaufwerk, wie das in **Fig.** 1A gezeigte, kann ferner einen oder mehrere Antriebsmotoren enthalten, um die Bandvorratskassette 120 und die Aufwickelspule 121 so anzutreiben, dass das Band 122 über einen Bandkopf 126 jeglicher Art bewegt wird. Ein solcher Kopf kann ein Array von Lesern, Schreibern oder beidem umfassen.

[0029] Führungen 125 führen das Band 122 über den Bandkopf 126. Ein solcher Bandkopf 126 ist wiederum mit einem Controller 128 über ein Kabel 130 verbunden. Der Controller 128 kann ein Prozessor und/oder eine beliebige Logik zum Steuern eines beliebigen Teilsystems des Laufwerks 100 sein oder diese enthalten. Zum Beispiel steuert der Controller 128 üblicherweise Kopffunktionen wie Servo-Verfolgung, Datenschreiben, Datenlesen usw. Der Controller 128 kann mindestens einen Servokanal und mindestens einen Datenkanal umfassen, von denen jeder eine Datenflussverarbeitungslogik umfasst, die zum Verarbeiten und/oder Speichern von Informationen konfiguriert sind, die auf das Band 122 geschrieben und/oder von diesem gelesen werden sollen. Der Controller 128 kann unter einer in der Technik bekannten Logik sowie jeder hierin offenbarten Logik arbeiten und kann daher in verschiedenen Ansätzen als Prozessor für jede der hierin enthaltenen Beschreibungen von Bandlaufwerken betrachtet werden. Der Controller 128 kann mit einem Speicher 136 jeder bekannten Art verbunden sein, der vom Controller 128 ausführbare Anweisungen speichern kann. Außerdem kann der Controller 128 konfiguriert und/oder programmierbar sein, um einige oder alle der hierin vorgestellten Verfahren auszuführen oder zu steuern. Somit kann der Controller 128 als so konfiguriert verstanden werden, dass er mittels einer Logik, die in einem oder mehreren Chips, Modulen und/oder Blöcken programmiert ist; Software, Firmware und/oder anderen Anweisungen, die für einen oder mehrere Prozessoren verfügbar sind; usw. und Kombinationen davon verschiedene Vorgänge ausführt.

[0030] Das Kabel 130 kann Lese/Schreib-Schaltungen enthalten, um Daten an den Bandkopf 126 zu übertragen, die auf dem Band 122 aufgezeichnet

werden sollen, und Daten zu empfangen, die vom Bandkopf 126 vom Band 122 gelesen werden. Ein Aktuator 132 steuert die Position des Bandkopfs 126 relativ zum Band 122.

[0031] Eine Schnittstelle 134 kann auch für den Datenaustausch zwischen dem Bandlaufwerk 100 und einem (internen oder externen) Host zum Senden und Empfangen der Daten und zum Steuern des Betriebs des Bandlaufwerks 100 und Übertragen des Status des Bandlaufwerks 100 an den Host vorgesehen sein, wie Fachleute verstehen werden.

[0032] **Fig.** 1B zeigt eine beispielhafte Bandkassette 150 nach einem Ansatz. Eine solche Bandkassette 150 kann mit einem System wie dem in **Fig.** 1A gezeigten verwendet werden. Wie gezeigt, enthält die Bandkassette 150 ein Gehäuse 152, ein Band 122 im Gehäuse 152, und einen nichtflüchtiger Speicher 156, der mit dem Gehäuse 152 verbunden ist. Bei einigen Ansätzen kann der nichtflüchtige Speicher 156 in das Gehäuse 152 eingebettet sein, wie in **Fig.** 1B gezeigt. In weiteren Ansätzen kann der nichtflüchtige Speicher 156 an der Innen- oder Außenseite des Gehäuses 152 ohne Umbau des Gehäuses 152 befestigt sein. Der nichtflüchtige Speicher kann beispielsweise in ein selbstklebendes Etikett 154 eingebettet sein. In einem bevorzugten Ansatz kann der nichtflüchtige Speicher 156 eine Flash-Speichereinheit, eine Nur-Lese-Speicher-Einheit (ROM-Einheit) usw. sein, die in die Bandkassette 150 eingebettet oder mit ihrer Innenseite oder Außenseite verbunden ist. Auf den nichtflüchtigen Speicher kann durch das Bandlaufwerk und die Bandbetriebssoftware (die Treibersoftware) und/oder eine andere Einheit zugegriffen werden.

[0033] Als Beispiel zeigt **Fig.** 2A eine Seitenansicht eines flach geläppten, bidirektionalen Magnetbandkopfes mit zwei Modulen 200 der im Kontext der vorliegenden Erfindung umgesetzt sein kann. Wie gezeigt, enthält der Kopf ein Paar Basen 202, die jeweils mit einem Modul 204 ausgestattet und in einem geringen Winkel α gegeneinander befestigt sind. Die Basen können „U-Träger“ sein, die klebend miteinander verbunden sind. Jedes Modul 204 enthält ein Substrat 204A und ein Endstück 204B mit einem Dünnfilmabschnitt, der allgemein als „Spalt“ bezeichnet wird, in dem die Leser und/oder Schreiber 206 ausgebildet sind. Im Einsatz wird ein Band 208 wie gezeigt über die Module 204 entlang einer Auflagefläche für das Medium (Band) 209 bewegt, um unter Verwendung der Leser und Schreiber Daten vom Band 208 zu lesen und auf dieses zu schreiben. Der Umwicklungswinkel θ des Bandes 208 an Rändern beim Eintritt und Verlassen der flachen Medienauflageflächen 209 liegt normalerweise zwischen etwa 0,1 Grad und etwa 3 Grad.

[0034] Die Substrate 204A sind üblicherweise aus einem verschleißfesten Material konstruiert, beispielsweise Keramik. Die Endstücke 204B können aus der gleichen oder einer ähnlichen Keramik wie die Substrate 204A bestehen.

[0035] Die Leser und Schreiber können in einer gestapelten oder zusammengeführten Konfiguration angeordnet sein. Eine beispielhafte gestapelte Konfiguration umfasst einen (magnetisch induktiven) Schreiberwandler auf (oder unter) einem (magnetisch abgeschirmten) Leserwandler (z.B. einem magnetoresistiven Leser usw.), wobei die Pole des Schreibers und die Abschirmungen des Lesers generell getrennt sind. Eine beispielhafte zusammengeführte Konfiguration umfasst eine Leserabschirmung in derselben physischen Schicht wie einen Schreiberpol (daher „zusammengeführt“). Die Leser und Schreiber können auch in einer verschachtelten Konfiguration angeordnet sein. Alternativ kann jedes Array von Kanälen nur aus Lesern oder Schreibern bestehen. Jedes dieser Arrays kann einen oder mehrere Servospurleser zum Lesen von Servodaten auf dem Medium enthalten.

[0036] **Fig.** 2B zeigt die Bandauflagefläche 209 eines der Module 204, aufgenommen an Linie 2B von **Fig.** 2A. Ein beispielhaftes Band 208 ist in gestrichelten Linien gezeigt. Das Modul 204 ist vorzugsweise lang genug, um das Band tragen zu können, während der Kopf zwischen den Datenbändern wechselt.

[0037] In diesem Beispiel umfasst das Band 208 4 bis 32 Datenbänder, z.B. 16 Datenbänder und 17 Servospuren 210 auf einem eineinhalb Zoll breiten Band 208, wie in **Fig.** 2B gezeigt. Die Datenbänder sind zwischen den Servospuren 210 definiert. Jedes Datenband kann eine Anzahl von Datenspuren umfassen, beispielsweise 1024 Datenspuren (nicht gezeigt). Bei Lese-/Schreibvorgängen werden die Leser und/oder Schreiber 206 auf bestimmten Spurpositionen innerhalb eines der Datenbänder positioniert. Äußere Leser, manchmal Servoleser genannt, lesen die Servospuren 210. Die Servosignale werden wiederum verwendet, um die Leser und/oder Schreiber 206 während der Lese/Schreibvorgänge mit einem bestimmten Satz von Spuren ausgerichtet zu halten.

[0038] **Fig.** 2C zeigt eine Mehrzahl von Lesern und/oder Schreibern 206, die in einem Spalt 218 auf dem Modul 204 im Kreis 2C von **Fig.** 2B ausgebildet sind. Wie gezeigt, umfasst das Array von Lesern und Schreibern 206 zum Beispiel 16 Schreiber 214, 16 Leser 216 und zwei Servoleser 212, obwohl die Anzahl der Elemente schwanken kann. Beispielhafte Ansätze enthalten 8, 16, 32, 40 und 64 aktive Leser und/oder Schreiber 206 pro Array und alternativ enthalten verschachtelte Entwürfe

eine ungerade Anzahl von Lesern oder Schreibern wie beispielsweise 17, 25, 33 usw. Ein beispielhafter Ansatz umfasst 32 Leser pro Array und/oder 32 Schreiber pro Array, wobei die tatsächliche Anzahl von Wandlerelementen größer sein könnte, z.B. 33, 34 usw. Dadurch kann sich das Band langsamer bewegen, wodurch geschwindigkeitsinduziertes Nachführen und mechanische Probleme verringert werden und/oder weniger „Wicklungen“ ausgeführt werden müssen, um das Band zu beschreiben oder zu lesen. Während die Leser und Schreiber in einer gestapelten Konfiguration angeordnet sein können, wie in **Fig.** 2C gezeigt, können die Leser 216 und Schreiber 214 auch in einer verschachtelten Konfiguration angeordnet sein. Alternativ kann jedes Array von Lesern und/oder Schreibern 206 nur aus Lesern oder Schreiber bestehen, und die Arrays können einen oder mehrere Servoleser 212 umfassen. Wie im Anbetracht der **Fig.** 2A und **Fig.** 2B bis **Fig.** 2C insgesamt zu bemerken ist, kann jedes Modul 204 eine komplementäre Gruppe von Lesern und/oder Schreibern 206 für Vorgänge wie bidirektionales Lesen und Schreiben, gleichzeitige Lese-Schreib-Fähigkeiten, Abwärtskompatibilität usw. umfassen.

[0039] **Fig.** 2D zeigt eine Teilansicht der Bandauflagefläche von komplementären Modulen eines Magnetbandkopfes 200 nach einem Ansatz. Bei diesem Ansatz weist jedes Modul eine Mehrzahl von Lese/-Schreib-Paaren (R/W-Paaren) in einer gestapelten Konfiguration, die auf einem gemeinsamen Substrat 204A ausgebildet sind, und eine optionale elektrisch isolierende Isolierschicht 236 auf. Die Schreiber 214 und die Leser 216 sind parallel zu einer beabsichtigten Laufrichtung eines Bandmediums darüber ausgerichtet, so dass sie ein R/W-Paar bilden, beispielhaft gezeigt durch die R/W-Paare 222. Man beachte, dass die beabsichtigte Bandlaufrichtung hierin manchmal als die Bandlaufrichtung bezeichnet wird und solche Begriffe austauschbar verwendet werden können. Eine solche Bandlaufrichtung kann aus der Konstruktion des Systems, z.B. durch Untersuchung der Führungen; Beobachtung der tatsächlichen Bandlaufrichtung relativ zum Bezugspunkt; usw. abgeleitet werden. Darüber hinaus ist in einem System, das zum bidirektionalen Lesen und/oder Schreiben betreibbar ist, die Bandlaufrichtung in beiden Richtungen üblicherweise parallel, und somit können beide Richtungen als einander gleichwertig angesehen werden.

[0040] Mehrere R/W-Paare 222 können vorhanden sein, z.B. 8, 16, 32 Paare usw. Die R/W-Paare 222 wie gezeigt sind linear in einer im Allgemeinen senkrechten Richtung zu einer Richtung des Bandlaufs darüber ausgerichtet. Die Paare können aber auch diagonal ausgerichtet sein usw. Servoleser 212 sind auf der Außenseite des Arrays von R/W-Paaren angeordnet, deren Funktion bekannt ist.

[0041] Im Allgemeinen bewegt sich das Magnetbandmedium entweder in Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung, wie durch den Pfeil 220 angezeigt. Das Magnetbandmedium und die Kopfanordnung 200 arbeiten in einer Wandlerbeziehung in einer Weise, die in der Technik wohlbekannt ist. Die Kopfanordnung 200 umfasst zwei im Allgemeinen baugleiche Dünnschichtmodule 224 und 226.

[0042] Die Module 224 und 226 sind mit einem Zwischenraum zwischen deren Endstücken 204B (teilweise gezeigt) so miteinander verbunden, dass sie eine einzelne physische Einheit bilden, um eine gleichzeitige Lese-Schreib-Fähigkeit bereitzustellen, indem der Schreiber des vorderen Moduls und der Leser des hinteren Moduls aktiviert werden, der mit dem Schreiber des vorderen Moduls parallel zur Bandlaufrichtung ausgerichtet ist. Wenn ein Modul 224, 226 eines Magnetbandkopfes 200 konstruiert wird, werden Schichten in dem Spalt 218, der über einem elektrisch leitfähigen Substrat 204A (teilweise gezeigt), z.B. aus AlTiC, erzeugt wird, für die R/W-Paare 222 in der Regel in folgender Reihenfolge ausgebildet: eine isolierende Schicht 236, eine erste Abschirmung 232 üblicherweise aus einer Eisenlegierung wie NiFe (-), Kobalt-Zirconium-Tantal (CZT) oder Al-Fe-Si (Sendust), ein Sensor 234 zum Erfassen einer Datenspur auf einem magnetischen Medium, eine zweite Abschirmung 238 üblicherweise aus einer Nickel-Eisen-Legierung (z.B. ~80/20 At-% NiFe, auch als Permalloy bekannt), ein erster und ein zweiter Schreiberpol 228, 230, und eine Spule (nicht gezeigt). Der Sensor kann von einer beliebigen bekannten Art sein, beispielsweise solchen auf Grundlage von Magnetowiderstand (MR), GMR, AMR, Tunnelmagnetowiderstand (TMR) usw.

[0043] Der erste und der zweite Schreiberpol 228, 230 können aus Materialien mit hohem magnetischem Moment wie etwa ~45/55 NiFe hergestellt sein. Man beachte, dass diese Materialien nur beispielhaft angegeben sind und andere Materialien verwendet werden können. Zusätzliche Schichten wie eine Isolierung zwischen den Abschirmungen und/oder Polspitzen und eine den Sensor umgebende Isolierschicht können vorhanden sein. Beispielhafte Materialien für die Isolierung umfassen Aluminiumoxid und andere Oxide, isolierende Polymere usw.

[0044] Die Konfiguration des Bandkopfs 126 gemäß einem Ansatz enthält mehrere Module, vorzugsweise drei oder mehr. In einem Schreib-Lese-Schreib-Kopf (WRW-Kopf) flankieren äußere Module zum Schreiben ein oder mehrere innere Module zum Lesen. Bezugnehmend auf **Fig.** 3, die eine WRW-Konfiguration zeigt, enthalten die äußeren Module 252, 256 jeweils ein oder mehrere Arrays von Schreibern 260. Das innere Modul 254 von **Fig.** 3 enthält

ein oder mehrere Arrays von Lesern 258 in ähnlicher Konfiguration. Varianten eines Multimodulkopfes umfassen einen RWR-Kopf (**Fig.** 4), einen RRW-Kopf, einen WWR-Kopf usw. In noch weiteren Varianten können eines oder mehrere der Module Lese/Schreib-Paare von Wandlern aufweisen. Darüber hinaus können mehr als drei Module vorhanden sein. In weiteren Ansätzen können zwei äußere Module zwei oder mehr innere Module flankieren, z.B. in einer WRRW-, einer RWWR-Anordnung usw. Der Einfachheit halber wird hierin hauptsächlich ein WRW-Kopf verwendet, um Ansätze der vorliegenden Erfindung zu beschreiben. Mit den Lehren hierin vertraute Fachleute werden erkennen, wie Permutationen der vorliegenden Erfindung auf andere Konfigurationen als eine WRW-Konfiguration angewendet werden würden.

[0045] Fig. 5 zeigt einen Magnetkopf 126 gemäß einem Ansatz der vorliegenden Erfindung, der ein erstes, zweites und drittes Modul 302, 304, 306 mit einer Bandauflagefläche 308, 310 bzw. 312 umfasst, die flach, konturiert usw. sein können. Man beachte, dass obwohl der Begriff „Bandauflagefläche“ zu erzwingen scheint, dass die dem Band zugewandte Fläche 315 in physischem Kontakt mit der Bandauflagefläche steht, dies nicht unbedingt der Fall ist. Vielmehr kann nur ein Abschnitt des Bandes ständig oder zwischenzeitlich mit der Bandauflagefläche in Kontakt stehen, während andere Abschnitte des Bandes über der Bandauflagefläche auf einer Luftschicht gleiten (bzw. „fliegen“), die manchmal als „Luftlager“ bezeichnet wird. Das erste Modul 302 wird als „vorderes“ Modul bezeichnet, da es das erste Modul ist, auf das das Band in einem dreimoduligen Design für eine Bandbewegung in der angegebenen Richtung trifft. Das dritte Modul 306 wird als „hinteres“ Modul bezeichnet. Das hintere Modul folgt auf das mittlere Modul und ist das letzte Modul, auf das das Band in einem dreimoduligen Design trifft. Das vordere und das hintere Modul 302, 306 werden zusammen als äußere Module bezeichnet. Man beachte auch, dass die äußeren Module 302, 306 sich als vorderes Modul je nach Laufrichtung des Bandes 315 abwechseln.

[0046] Bei einem Ansatz liegen die Bandauflageflächen 308, 310, 312 des ersten, zweiten und dritten Moduls 302, 304, 306 auf ungefähr parallelen Ebenen (was parallele und nahezu parallele Ebenen, z.B. halb parallele, halb tangentiale Ebenen wie in **Fig.** 6, umfasst), und die Bandauflagefläche 310 des zweiten Moduls 304 liegt über den Bandauflageflächen 308, 312 des ersten und des dritten Moduls 302, 306. Dies bewirkt, wie unten beschrieben, den gewünschten Umwicklungswinkel α_2 des Bandes zur Bandauflagefläche 310 des zweiten Moduls 304.

[0047] Wenn die Bandauflageflächen 308, 310, 312 entlang paralleler oder nahezu paralleler, aber versetzter Ebenen liegen, sollte sich das Band intuitiv von der Bandauflagefläche 308 des vorderen Moduls 302 ablösen. Das durch eine Abhebekante 318 des vorderen Moduls 302 erzeugte Vakuum hat sich durch Experimente als ausreichend erwiesen, um das Band an der Bandauflagefläche 308 des vorderen Moduls 302 zu halten. Eine hintere Kante 320 des vorderen Moduls 302 (das Ende, an dem das Band das vordere Modul 302 verlässt) ist der ungefähre Bezugspunkt, der den Umwicklungswinkel α_2 über der Bandauflagefläche 310 des zweiten Moduls 304 definiert. Das Band bleibt in unmittelbarer Nähe der Bandauflagefläche bis nahe an der hinteren Kante 320 des vorderen Moduls 302. Dementsprechend können die Wandler 322 sich in der Nähe der hinteren Kante der äußeren Module 302, 306 befinden. Diese Ansätze sind insbesondere für Schreib-Lese-Schreib-Anwendungen geeignet.

[0048] Da die äußeren Module 302, 306 in einem bestimmten Versatz zum zweiten Modul 304 befestigt sind, besteht ein Vorteil dieser und anderer hierin beschriebener Ansätze darin, dass der innere Umwicklungswinkel α_2 festliegt, wenn die Module 302, 304, 306 miteinander verbunden oder auf andere Weise in einem Kopf befestigt sind. Der innere Umwicklungswinkel α_2 ist ungefähr $\tan^{-1}$ (δ/W), wobei 6 der Höhenunterschied zwischen den Ebenen der Bandauflageflächen 308, 310 und W die Breite zwischen den gegenüberliegenden Enden der Bandauflageflächen 308, 310 ist. Ein beispielhafter innerer Umwicklungswinkel α_2 liegt in einem Bereich von etwa 0,3° bis etwa 1,1°, kann jedoch jeder Winkel sein, der durch die Konstruktion erforderlich ist.

[0049] Vorteilhafterweise ist der innere Umwicklungswinkel α_2 an der Seite des Moduls 304, die das Band aufnimmt (der vorderen Kante), größer als der innere Umwicklungswinkel α_3 an der hinteren Kante, bei dem das Band 315 über das hintere Modul 306 läuft. Dieser Unterschied ist im Allgemeinen von Vorteil, da ein kleineres α_3 dazu neigt, dem entgegenzuwirken, was vorher ein steilerer effektiver Austritts-Umwicklungswinkel war.

[0050] Man beachte, dass die Bandauflageflächen 308, 312 der äußeren Module 302, 306 so angeordnet sind, dass ein negativer Umwicklungswinkel an der hinteren Kante 320 des vorderen Moduls 302 erreicht wird. Dies ist im Allgemeinen von Vorteil, um die Reibung aufgrund des Kontakts mit der hinteren Kante 320 zu verringern, vorausgesetzt, dass die Lage des Biegebereichs, der sich im Band bildet, wo es sich vom Kopf ablöst, gebührend berücksichtigt wird. Dieser negative Umwicklungswinkel verringert auch Flatter- und Scheuerschäden an den Elementen am vorderen Modul 302. Ferner schwebt das Band 315 am hinteren Modul 306 über der Bandauflagefläche 312, so dass praktisch kein Verschleiß an den Elementen auftritt, wenn sich das Band in diese

Richtung bewegt. Insbesondere führt das Band 315 Luft mit sich und läuft daher nicht wesentlich auf der Bandauflagefläche 312 des dritten Moduls 306 (etwas Kontakt kann bestehen). Dies ist zulässig, da das vordere Modul 302 schreibt, während das hintere Modul 306 inaktiv ist.

[0051] Schreib- und Lesefunktionen werden von verschiedenen Modulen gleichzeitig ausgeführt. In einem Ansatz Umfasst das zweite Modul 304 eine Mehrzahl von Daten- und optional Servolesern 331 und keine Schreiber. Das erste und das dritte Modul 302, 306 umfassen eine Mehrzahl von Schreibern 322 und keine Datenleser, mit der Ausnahme, dass die äußeren Module 302, 306 optionale Servoleser umfassen können. Die Servoleser können verwendet werden, um den Kopf während Lese- und/oder Schreibvorgängen zu positionieren. Der eine oder die mehreren Servoleser an jedem Modul befinden sich normalerweise am Ende des Arrays von Lesern oder Schreibern.

[0052] Indem nur Leser oder nebeneinanderliegend Schreiber und Servoleser in dem Spalt zwischen dem Substrat und dem Endstück vorhanden sind, kann die Länge des Spalts wesentlich verringert werden. Übliche Köpfe haben gestapelte Leser und Schreiber, wobei der Schreiber jeweils über dem Leser ausgebildet ist. Ein üblicher Spalt beträgt 20 bis 35 Mikrometer. Unregelmäßigkeiten auf dem Band können jedoch dazu neigen, in den Spalt zu hängen und zu einem Verschleiß des Spalts zu führen. Je kleiner der Spalt ist, desto besser. Der hierin ermöglichte kleinere Spalt weist weniger verschleißbezogene Probleme auf.

[0053] In einigen Ansätzen weist das zweite Modul 304 ein Endstück auf, während das erste und das dritte Modul 302, 306 kein Endstück aufweisen. Wenn kein Endstück vorhanden ist, wird das Modul vorzugsweise mit einer harten Beschichtung versehen. Eine bevorzugte Beschichtung ist diamantartiger Kohlenstoff (DLC).

[0054] Bei dem in **Fig.** 5 gezeigten Ansatz weisen das erste, das zweite und das dritte Modul 302, 304, 306 jeweils ein Endstück 332, 334, 336 auf, was die Bandauflagefläche des zugehörigen Moduls verlängert, wodurch die Lese/Schreib-Elemente wirksam entfernt von der Kante der Bandauflagefläche angeordnet werden. Das Endstück 332 an dem zweiten Modul 304 kann ein keramisches Endstück sein, wie es üblicherweise bei Bandköpfen zu finden ist. Die Endstücke 334, 336 des ersten und des dritten Moduls 302, 306 können jedoch, gemessen parallel zu einer Bandlaufrichtung über das jeweilige Modul, kürzer als das Endstück 332 des zweiten Moduls 304 sein. Dies ermöglicht eine engere Anordnung der Module. Eine Möglichkeit, kürzere Endstücke 334, 336 herzustellen, ist ein stärkeres Läppen der Standard-Keramikendstücke des zweiten Moduls 304. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, während der Dünnschichtverarbeitung Dünnschichtendstücke über den Elementen zu plattieren oder abzuscheiden. Beispielsweise kann auf dem Modul ein Dünnfilmendstück aus einem harten Material wie Sendust oder einer Nickel-Eisen-Legierung (z.B. 45/55) ausgebildet werden.

[0055] Mit Keramik- oder Dünnfilmendstücken 334, 336 verringerter Dicke oder ohne Endstücke an den äußeren Modulen 302, 306 kann der Spaltabstand von Schreiber und Leser auf weniger als etwa 1 mm, z.B. etwa 0,75 mm, oder 50 % weniger als der üblicherweise verwendete Bandkopfabstand für lineare Bandöffnungen (LTO) verringert werden. Der Freiraum zwischen den Modulen 302, 304, 306 kann noch auf ca. 0,5 bis 0,6 mm eingestellt werden, was in manchen Ansätzen ideal ist, um die Bandbewegung über das zweite Modul 304 zu stabilisieren.

[0056] Abhängig von der Bandspannung und -steifigkeit kann es wünschenswert sein, die Bandauflageflächen der äußeren Module relativ zur Bandauflagefläche des zweiten Moduls abzuwinkeln. **Fig.** 6 zeigt einen Ansatz, bei dem die Module 302, 304, 306 sich in einer tangentialen oder nahezu tangentialen (abgewinkelten) Konfiguration befinden. Insbesondere sind die Bandauflageflächen der äußeren Module 302, 306 etwa parallel zum Band im gewünschten Umwicklungswinkel α_2 des zweiten Moduls 304. Mit anderen Worten sind die Ebenen der Bandauflageflächen 308, 312 der äußeren Module 302, 306 etwa im gewünschten Umwicklungswinkel α_2 des Bandes 315 relativ zum zweiten Modul 304 ausgerichtet. Das Band hebt sich bei diesem Ansatz auch vom hinteren Modul 306 ab, wodurch der Verschleiß der Elemente im hinteren Modul 306 verringert wird. Diese Ansätze sind besonders nützlich für Schreib-Lese-Schreib-Anwendungen. Weitere Aspekte dieser Ansätze ähneln den oben angegebenen.

[0057] Üblicherweise können die Bandumwicklungswinkel etwa auf die Mitte zwischen den in den **Fig.** 5 und **Fig.** 6 gezeigten Ansätzen eingestellt werden.

[0058] Fig. 7 zeigt einen Ansatz, bei dem die Module 302, 304, 306 sich in einer Umwicklungskonfiguration befinden. Insbesondere sind die Bandauflageflächen 308, 312 der äußeren Module 302, 306 etwas stärker als das Band 315 abgewinkelt, wenn es im gewünschten Umwicklungswinkel α_2 relativ zum zweiten Modul 304 liegt. Bei diesem Ansatz hebt sich das Band nicht vom hinteren Modul ab, so dass es zum Schreiben oder Lesen verwendet werden kann. Dementsprechend können sowohl das vordere als auch das mittlere Modul Lese- und/oder Schreibfunktionen ausführen, während das hintere

Modul alle gerade geschriebenen Daten lesen kann. Somit werden diese Ansätze für Schreib-Lese-Schreib-, Lese-Schreib-Lese- und Schreib-Schreib-Lese-Anwendungen bevorzugt. Bei den letztgenannten Ansätzen sollten die Endstücke breiter als die Bandüberhänge sein, um die Lesefähigkeit sicherzustellen. Die breiteren Endstücke können einen breiteren Abstand zwischen den Spalten erfordern. Somit weist ein bevorzugter Ansatz eine Schreib-Lese-Schreib-Konfiguration auf, die verkürzte Endstücke verwenden kann, die somit einen engeren Abstand der Lücken ermöglichen.

[0059] Zusätzliche Aspekte der in den **Fig.** 6 und **Fig.** 7 gezeigten Ansätze ähneln den oben angegeben.

[0060] Eine 32-Kanal-Version eines Mehrmodul-Bandkopfs 126 kann Kabel 350 mit Anschlüssen auf dem gleichen oder einem kleineren Raster als aktuelle gestapelte 16-Kanal-LTO-Module verwenden, oder alternativ können die Anschlüsse am Modul für eine Verringerung der Kabelbreite um 50 % doppelt gestapelt ausgeführt werden. Für die Schreiber, die über integrierte Servoleser verfügen können, können ein Paar verzwirbelter ungeschirmter Schreibkabel verwendet werden.

[0061] Die äußeren Umwicklungswinkel α_1 können im Laufwerk eingestellt werden, beispielsweise durch Führungen jeglicher Art, die in der Technik bekannt sind, wie beispielsweise verstellbare Rollen, Gleiter usw. oder alternativ durch Ausleger, die mit dem Kopf einstückig sind. Zum Einstellen der Umwicklungswinkel können beispielsweise Rollen mit einer versetzten Achse verwendet werden. Die versetzte Achse erzeugt einen Umlauf-Drehbogen, der eine präzise Ausrichtung des Umwicklungswinkels α_1 ermöglicht.

[0062] Um einen der oben beschriebenen Ansätze zu montieren, kann eine herkömmliche U-Träger-Anordnung verwendet werden. Dementsprechend kann die Masse des resultierenden Kopfes relativ zu Köpfen früherer Generationen beibehalten oder sogar verringert werden. Bei anderen Ansätzen können die Module als einheitlicher Körper konstruiert sein. Fachleute, die mit den vorliegenden Lehren ausgestattet sind, werden erkennen, dass weitere bekannte Herstellungsverfahren solcher Köpfe zur Verwendung bei der Konstruktion solcher Köpfe angepasst werden können. Darüber hinaus können, sofern nicht anders angegeben, Verfahren und Materialien von in der Technik bekannten Arten zur Verwendung in verschiedenen Ansätzen in Übereinstimmung mit den Lehren hierin angepasst werden, wie es Fachleuten beim Lesen der vorliegenden Offenbarung klar wird.

[0063] Wenn ein Band über ein Modul läuft, wird es bevorzugt, dass das Band ausreichend nahe an magnetischen Wandlern auf dem Modul vorbeiläuft, so dass ein Lesen und/oder Schreiben effizient, z.B. mit einer geringen Fehlerrate, durchgeführt wird. Gemäß einigen Ansätzen kann Band-Tenting verwendet werden, um sicherzustellen, dass das Band nahe genug an dem Abschnitt des Moduls vorbeiläuft, der die magnetischen Wandler aufweist. Um diesen Vorgang besser zu verstehen, zeigen die **Fig.** 8A bis **Fig.** 8C die Grundsätze des Band-Tenting. **Fig.** 8A zeigt ein Modul 800 mit einer oberen Bandauflagefläche 802, die sich zwischen gegenüberliegenden Kanten 804, 806 erstreckt. Ein stehendes Band 808 ist gezeigt, das die Kanten 804, 806 umläuft. Wie gezeigt hebt die Biegesteifigkeit des Bandes 808 das Band von der Bandauflagefläche 802 ab. Die Bandspannung neigt dazu, das Bandprofil abzuflachen, wie in **Fig.** 8A gezeigt. Bei minimaler Bandspannung ist die Krümmung des Bandes parabolischer als gezeigt.

[0064] **Fig.** 8B zeigt das Band 808 in Bewegung. Die Vorderkante, d.h. die erste Kante, auf die das Band bei der Bewegung trifft, kann dazu dienen, Luft vom Band abzustreifen, wodurch ein subatmosphärischer Luftdruck zwischen dem Band 808 und der Bandauflagefläche 802 entsteht. In **Fig.** 8B ist die vordere Kante die linke Kante, und die rechte Kante ist die hintere Kante, wenn sich das Band von links nach rechts bewegt. Als Ergebnis drückt der Atmosphärendruck über dem Band das Band zur Bandauflagefläche 802 hin, wodurch Band-Tenting in der Nähe jeder der Kanten erzeugt wird. Die Biegesteifigkeit des Bandes widersteht der Wirkung des Atmosphärendrucks, wodurch Band-Tenting in der Nähe sowohl der vorderen als auch der hinteren Kante bewirkt wird. Die Modellierung sagt voraus, dass die beiden Bögen eine sehr ähnliche Form haben.

[0065] **Fig.** 8C zeigt, wie der subatmosphärische Luftdruck das Band 808 auch dann zur Bandauflagefläche 802 hindrückt, wenn eine nachgestellte Führung 810 über der Ebene der Bandauflagefläche angeordnet wird.

[0066] Daraus folgt, dass Band-Tenting verwendet werden kann, um den Weg eines Bandes zu lenken, wenn es über ein Modul läuft. Wie zuvor erwähnt, kann Band-Tenting verwendet werden, um sicherzustellen, dass das Band ausreichend nahe an dem Abschnitt des Moduls mit den magnetischen Wandlern vorbeiläuft, vorzugsweise so, dass ein Lesen und/oder Schreiben effizient, z.B. mit einer geringen Fehlerrate, durchgeführt wird.

[0067] Magnetbänder können in Bandkassetten eingesetzt sein, die wiederum in Speicherschächten oder dergleichen in einer Datenspeicherbibliothek gelagert werden. Die Bandkassetten können in der

Bibliothek so gelagert werden, dass sie für einen physischen Abruf zugänglich sind. Zusätzlich zu Magnetbändern und Bandkassetten können Datenspeicherbibliotheken Datenspeicherlaufwerke umfassen, die Daten auf den Magnetbändern speichern und/oder Daten von diesen abrufen. Darüber hinaus können Bandbibliotheken und die darin enthaltenen Komponenten ein Dateisystem umsetzen, das den Zugriff auf die Bänder und die auf den Bändern gespeicherten Daten ermöglicht.

[0068] Dateisysteme können verwendet werden, um zu steuern, wie Daten im Speicher gespeichert und aus diesem abgerufen werden. Somit kann ein Dateisystem die Verfahren und Datenstrukturen umfassen, die ein Betriebssystem verwendet, um Dateien im Speicher zu verfolgen, die z.B. die Art und Weise sind, wie die Dateien im Speicher organisiert sind. Das Linear Tape File System (LTFS) ist ein beispielhaftes Format eines Dateisystems, das in einer gegebenen Bibliothek umgesetzt sein kann, um den Zugriff auf kompatible Bänder zu ermöglichen. Es sollte beachtet werden, dass verschiedene Ansätze hierin mit einem weiten Bereich von Dateisystemformaten umgesetzt werden können, einschließlich zum Beispiel der IBM Spectrum Archive Library Edition (LTFS LE). Um jedoch einen Kontext anzugeben und den Leser zu unterstützen, können einige der folgenden Ansätze unter Bezugnahme auf das LTFS beschrieben werden, das eine Art von Dateisystemformat ist. Dies wurde nur zur Erläuterung durchgeführt und sollte nicht als die in den Ansprüchen definierte Erfindung einschränkend angesehen werden.

[0069] Eine Bandkassette kann „geladen“ werden, indem die Kassette in das Bandlaufwerk eingelegt wird, und die Bandkassette kann „entladen“ werden, indem die Bandkassette aus dem Bandlaufwerk entfernt wird. Nach dem Einlegen in ein Bandlaufwerk kann das Band in der Kassette durch das Laufwerk „gefädelt“ werden, indem das Band (der magnetische Aufzeichnungsabschnitt) physisch von der Bandkassette abgezogen und über einen Magnetkopf eines Bandlaufwerks geführt wird. Weiter kann das Band an einer Aufwickelspule befestigt werden (siehe z.B. 121 von **Fig.** 1A oben), um das Band über den Magnetkopf zu bewegen.

[0070] Nachdem das Band in das Bandlaufwerk eingefädelt ist, kann das Band in der Kassette „gemountet“ bzw. eingebunden werden, indem Metadaten auf einem Band gelesen werden und das Band in einen Zustand gebracht wird, in dem das LTFS das Band als Bestandteil eines Dateisystems verwenden kann. Darüber hinaus werden zum „Unmounten“ bzw. auskoppeln eines Bandes vorzugsweise zuerst die Metadaten (z.B. als Index) auf das Band geschrieben, wonach das Band aus dem Zustand entfernt werden kann, in dem das LTFS das Band als Bestandteil eines Dateisystems verwenden kann. Um das Band schließlich „auszufädeln“, wird das Band von der Aufwickelspule gelöst und physisch wieder in das Innere einer Bandkassette gelegt. Die Kassette kann selbst im Bandlaufwerk geladen bleiben, nachdem das Band ausgefädelt wurde, z.B. während es auf eine weitere Lese- und/oder Schreibanforderung wartet. In anderen Fällen kann die Bandkassette jedoch aus dem Bandlaufwerk entladen werden, nachdem das Band, z.B. wie oben beschrieben, ausgefädelt wurde.

[0071] Ein Magnetband ist ein Medium für sequentiellen Zugriff. Somit werden neue Daten auf das Band geschrieben, indem die Daten an das Ende zuvor geschriebener Daten angehängt werden. Daraus folgt, dass wenn Daten auf einem Band mit nur einer Partition aufgezeichnet werden, Metadaten (z.B. Zuordnungsinformationen) fortlaufend an ein Ende der zuvor geschriebenen Daten angehängt werden, da diese häufig aktualisiert und dementsprechend neu auf das Band geschrieben werden. Als Ergebnis werden die Informationen ganz am Ende gelesen, wenn ein Band anfangs gemountet wird, um auf die neueste Kopie der zu dem Band gehörenden Metadaten zuzugreifen. Dies führt jedoch zu einer beträchtlichen Verzögerung beim Mounten eines gegebenen Bandes.

[0072] Um diese Verzögerung zu beheben, die durch Bandmedien mit einer einzigen Partition verursacht wird, umfasst das LTFS-Format ein Band, das in zwei Partitionen unterteilt ist, die eine Indexpartition und eine Datenpartition umfassen. Die Indexpartition kann so konfiguriert sein, dass sie Metadaten (Metainformationen) aufzeichnet, beispielsweise Dateizuordnungsinformationen (einen Index), während die Datenpartition so konfiguriert sein kann, dass sie den Dateninhalt aufzeichnet, beispielsweise die Daten selbst.

[0073] In Hinsicht auf **Fig.** 9 ist ein Magnetband 900 mit einer Indexpartition 902 und einer Datenpartition 904 nach einem Ansatz gezeigt. Wie gezeigt sind Dateien und Indizes auf dem Band gespeichert. Das LTFS-Format ermöglicht ein Aufzeichnen von Indexinformationen in der Indexpartition 902 am Anfang des Bandes 906, wie Fachleute beim Lesen der vorliegenden Beschreibung erkennen werden.

[0074] Wenn Indexinformationen aktualisiert werden, wird vorzugsweise die vorherige Version der Indexinformationen überschrieben, wodurch ermöglicht wird, dass die gegenwärtig aktualisierten Indexinformationen am Bandanfang in der Indexpartition zugänglich sind. Gemäß dem in **Fig.** 9 gezeigten Beispiel wird eine neueste Version der Metadaten Index 3 in der Indexpartition 902 am Anfang des Bandes 906 aufgezeichnet. Umgekehrt werden alle drei Versionen der Metadaten Index 1, Index 2, Index 3 sowie

der Daten Datei A, Datei B, Datei C, Datei D in der Datenpartition 904 des Bandes aufgezeichnet. Obwohl Index 1 und Index 2 alte (z.B. veraltete) Indizes sind, da Informationen auf das Band geschrieben werden, indem sie wie oben beschrieben an das Ende der zuvor geschriebenen Daten angehängt werden, verbleiben diese alten Indizes Index 1, Index 2 auf dem Band 900 in der Datenpartition 904 gespeichert, ohne überschrieben zu werden.

[0075] Die Metadaten können in der Indexpartition 902 und/oder der Datenpartition 904 gleich oder unterschiedlich je nach gewünschter Vorgehensweise aktualisiert werden. Nach einigen Ansätzen können die Metadaten der Index- und/oder der Datenpartition 902, 904 als Reaktion auf ein Unmounten des Bands aktualisiert werden, z.B. so, dass der Index schnell aus der Indexpartition gelesen werden kann, wenn das Band erneut gemountet wird. Die Metadaten werden vorzugsweise auch in die Datenpartition 904 geschrieben, so dass das Band unter Verwendung der in der Datenpartition 904 aufgezeichneten Metadaten gemountet werden kann, z.B. als Sicherungs-Option.

[0076] Gemäß einem Beispiel, das die Erfindung nicht einschränken soll, kann LTFS LE verwendet werden, um die Funktionalität des Schreibens eines Index in die Datenpartition bereitzustellen, wenn ein Benutzer das System ausdrücklich dazu anweist, oder zu einem Zeitpunkt, der durch einen vorbestimmten Zeitraum bestimmt wird, der vom Benutzer festgelegt werden kann, z.B. derart, dass im Fall eines plötzlichen Stromausfalls Datenverlust vermieden werden kann.

[0077] Wie zuvor erwähnt, umfasst der Vorgang des Lesens mehrerer Dateien von unterschiedlichen Orten auf einem Magnetband ein Neupositionieren des Magnetkopfs zwischen den verschiedenen physischen Orten, an denen die Dateien gespeichert sind. Herkömmliche Verfahren haben diese Lesevorgänge so ausgeführt, dass auf die Dateien in einer Reihenfolge zugegriffen wird, die dem Verhältnis der Dateien selbst zueinander entspricht. Zum Beispiel wird zuerst auf Datei A zugegriffen, dann auf Datei B, als drittes auf Datei C usw. Dies liegt zum Teil daran, dass diese herkömmlichen Vorgänge nur bei der Auswertung der Reihenfolge, in der auf die Daten zugegriffen wird, auf die Datensatznummern der Dateiindizes verweisen. Infolgedessen ist der Zugriff auf Dateien auf diese Weise aufgrund der wiederholten Bewegungen, die ausgeführt werden, um den Anfang jeder Datei auf dem Band zu finden, oft ineffizient. Dies wird insbesondere in Fällen deutlich, in denen das Bandlaufwerk das Band wiederholt zurückspult, um auf Dateien zuzugreifen, die bereits passiert wurden. Darüber hinaus nimmt mit zunehmender Anzahl der Dateien, auf die zugegriffen wird, auch der Umfang der durch diese herkömmlichen Verfahren durchgeführten Kopfneupositionierungen zu, wodurch die Datenzugriffszeiten weiter erhöht werden. Magnetbänder sind beispielsweise in der Lage, ungefähr 12 Terabyte an unkomprimierten Daten zu speichern. Darüber hinaus beträgt die durchschnittliche Größe einer auf ein Magnetband geschriebenen Datei etwa 10 Megabyte, was einer Speicherung von ungefähr 1.200.000 Dateien auf einem bestimmten Magnetband entspricht.

[0078] In scharfem Gegensatz zu diesen herkömmlichen Mängeln, die bei traditionellen Umsetzungen auftreten, sind verschiedene der hierin vorgesehenen Ansätze in der Lage, auf eine Mehrzahl von Dateien von Magnetbändern auf effizientere Weise zuzugreifen (z.B. diese zu lesen). Diese Verbesserungen werden durch ein Sortieren der Dateien, auf die zugegriffen werden soll, in einer bestimmten Reihenfolge erreicht, was den Umfang der Neupositionierungen minimiert, die von einem Bandlaufwerk durchgeführt werden, während die Dateien tatsächlich gelesen werden. Außerdem unterteilen verschiedene der hierin enthaltenen Ansätze die unterschiedlichen Dateien, auf die zugegriffen werden soll, in unterschiedliche Gruppen (oder Abschnitte) auf Grundlage ihres jeweiligen physischen Speicherorts auf dem Magnetband. Dadurch kann eine Gruppe von Dateien sortiert werden, während gleichzeitig auf jede der Dateien in einer anderen Gruppe zugegriffen wird. Als Ergebnis wird nicht nur die Anzahl der Kopfneupositionierungsvorgänge verringert, sondern auch die Effizienz wird verbessert, mit der Rechenressourcen während des Sortierverfahrens der Dateien verwendet werden, wie z.B. weiter unten ausführlicher beschrieben wird.

[0079] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 10 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens 1000 zum Kopieren mehrerer Dateien, die in einer Leseanforderung angegeben sind, gemäß einem Ansatz gezeigt. Das Verfahren 1000 kann gemäß der vorliegenden Erfindung in verschiedenen Ansätzen, unter anderen, in jeder der Umgebungen ausgeführt werden, die in den **Fig.** 1A bis **Fig.** 9 gezeigt sind. Natürlich können mehr oder weniger Vorgänge als diejenigen in dem Verfahren 1000 vorgesehen sein, die speziell in **Fig.** 10 beschrieben sind, wie Fachleute beim Lesen der vorliegenden Beschreibungen verstehen werden.

[0080] Jeder der Schritte des Verfahrens 1000 kann von jeder geeigneten Komponente der Betriebsumgebung ausgeführt werden. In verschiedenen Ansätzen kann das Verfahren 1000 beispielsweise teilweise oder vollständig von einem Controller, einem Prozessor, einem Computer usw. oder einer anderen Einheit mit einem oder mehreren Prozessoren darin ausgeführt werden. Daher kann in einigen Ansätzen das Verfahren 1000 ein von einem Computer umgesetztes Verfahren sein. Bei solchen Ansätzen kann

der Computer, der zum Umsetzen des Verfahrens verwendet wird, das Bandlaufwerk selbst oder einen Teil davon umfassen, etwa den Controller, das Band, einen externen Host, einen Server usw. Darüber hinaus können die Begriffe Computer, Prozessor und Controller in Bezug auf jeden der hierin beschriebenen Ansätze austauschbar verwendet werden, wobei solche Komponenten als Äquivalente in den vielen verschiedenen Permutationen der vorliegenden Erfindung angesehen werden.

[0081] Darüber hinaus kann bei denjenigen Ansätzen mit einem Prozessor der Prozessor, z.B. eine oder mehrere Verarbeitungsschaltungen, Chips und/oder Module, die in Hardware und/oder Software umgesetzt sind und vorzugsweise mindestens eine Hardwarekomponente aufweisen, in einer beliebigen Einheit zum Ausführen eines oder mehrerer Schritte des Verfahrens 1000 verwendet werden. Beispielhafte Prozessoren umfassen, sind aber nicht beschränkt auf, eine Zentraleinheit (CPU), eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), ein feldprogrammierbares Gatter-Array (FPGA) usw., Kombinationen davon oder jede andere geeignete Recheneinheit, die in der Technik bekannt ist.

[0082] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, umfasst Vorgang 1002 des Verfahrens 1000 ein Empfangen einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband. Je nach Ansatz kann die Anfrage von einem Benutzer (z.B. einem Host), einer laufenden Anwendung, einer anderen Speichereinheit usw. empfangen werden. Es sollte auch beachtet werden, dass der Begriff „Datei“, wie er hierin verwendet wird, in keiner Weise als einschränkend zu verstehen ist. Vielmehr kann eine „Datei“, wie hierin verwendet, jede gewünschte Gruppierung von Informationen bezeichnen, z.B. ein Datenobjekt, ein bestimmtes Dokument (z.B. ein Textverarbeitungsdokument), eine vorbestimmte Menge von Daten und/oder Metadaten usw.

[0083] Als Reaktion auf das Empfangen der Anfrage umfasst Vorgang 1004 ein Senden einer Anforderung nach einem oder mehreren Bandverzeichnissen, von denen jedes Informationen enthält, die Bereiche auf dem Magnetband identifizieren, in denen die Mehrzahl von Dateien gespeichert (z.B. in diese geschrieben) sind. Mit anderen Worten identifizieren die Bandverzeichnisse die physischen Orte auf dem Magnetband, an denen verschiedene Dateien gespeichert sind, vorzugsweise einschließlich derer, die in der empfangenen Anforderung angegeben sind.

[0084] Bei einigen Ansätzen sind die Bandverzeichnisse in einem Speicher gespeichert, der in einem Bandlaufwerk enthalten und/oder mit diesem verbunden ist, das zum Zugreifen auf die Magnetbänder verwendet wird. Bei anderen Ansätzen kann ein Bandverzeichnis als Informationen in einem Kassettenspeicher, auf einem Magnetband selbst als Verwaltungsdaten am Anfang usw. gespeichert sein. Somit ist der Speicher, auf dem die Bandverzeichnisse gespeichert sind, in keiner Weise auf einen oder mehrere Speicherchips an dem Bandlaufwerk und/oder dem Host-Server beschränkt. Dementsprechend wird die Anfrage nach den Bandverzeichnissen, die in Vorgang 1004 gesendet wird, in einigen Ansätzen vom Host-Server an ein oder mehrere Bandlaufwerke gesendet. Die Anforderung nach den Bandverzeichnissen kann jedoch an jeden gewünschten Ort gesendet werden, z.B. abhängig davon, wo das Bandverzeichnis gespeichert ist und/oder von wo aus darauf zugegriffen werden kann.

[0085] Vorgang 1006 umfasst ferner ein Erhalten eines oder mehrerer Bandverzeichnisse. Wie oben erwähnt, wird bei einigen Ansätzen die Anforderung nach einem oder mehreren Bandverzeichnissen von einem oder mehreren Bandlaufwerken gesendet, die die Bandverzeichnisse speichern. Somit kann das Erhalten der Bandverzeichnisse bei einigen Ansätzen einfach ein Empfangen der Bandverzeichnisse von dem einen oder den mehreren Bandlaufwerken umfassen. Gemäß einem beispielhaften Ansatz, der die Erfindung in keiner Weise einschränken soll, können das eine oder die mehreren Bandverzeichnisse erhalten werden, indem die gewünschten Bandverzeichnisse unter Verwendung einer neu definierten Pufferkennung spezifiziert werden, die den Verzeichnissen zugeordnet ist, und die Terminal-Ausgabe von dem Bandlaufwerk unter Verwendung eines Pufferlesebefehls gelesen werden. Bei anderen Ansätzen können die Bandverzeichnisse als Ergebnis eines direkten Zugriffs auf einen Speicher erhalten werden, in dem die Bandverzeichnisse gespeichert sind.

[0086] Weiter umfasst Vorgang 1008 ein Verwenden eines ersten des einen oder der mehreren Bandverzeichnisse, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist. Bei einigen Ansätzen kann die Datensatznummer jeder der Dateien in Kombination mit dem Bandverzeichnis verwendet werden, um jede der Dateien ihrem jeweiligen Bereich auf dem Magnetband zuzuordnen. Auf Dateien, die auf ein Magnetband geschrieben sind, wird auf Grundlage von Datensätzen zugegriffen. Diese Datensätze sind vom Anfang des Bandes her logisch sequentiell nummeriert. Da jedoch das Bandlaufwerk die Dateien (z.B. Daten) auf das Magnetband schreibt, während die Datensätze komprimiert werden, schwankt der Ort der auf das Band geschriebenen Dateien, abhängig von der Art der Daten und deren Komprimierbarkeit. Daraus folgt, dass eine Vorhersage bezüglich des physischen Ortes einer Datei auf dem Magnetband unter Verwendung der im

Bandverzeichnis enthaltenen Informationen gemacht werden kann, wenn der Datensatz spezifiziert und eine Suchanforderung für diese Datei empfangen wurde.

[0087] Gemäß einem beispielhaften Ansatz, der die Erfindung in keiner Weise einschränken soll, umfasst das Verwenden des Bandverzeichnisses und/oder der Datensatznummer jeder der Dateien, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist, ein Identifizieren eines Bereichs von Blöcken, die zu der gegebenen Datei gehören. Die Blockbereiche für die verschiedenen Dateien können unter Verwendung jeglicher Informationen und/oder Verfahren identifiziert werden, die Fachleuten nach dem Lesen der vorliegenden Beschreibung offensichtlich sind. Beispielsweise können bei einigen Ansätzen die Datensatznummern der Dateien verwendet werden, um die entsprechenden Blockbereiche zu bestimmen. Darüber hinaus wird die gegebene Datei einem Bereich auf dem Magnetband zugeordnet, der den Bereich von Blöcken enthält, die zu der gegebenen Datei gehören, wie z.B. für Fachleute nach dem Lesen der vorliegenden Beschreibung erkennbar ist.

[0088] Gemäß anderen Ansätzen kann das Identifizieren eines Blockbereichs, der zu der gegebenen Datei gehört, ein Empfangen eines Bereichs von Blöcken umfassen, die zu einem Speicherbereich (bzw. Extent) gehören, der die erste Datensatznummer und/oder die Größe auf der Datei beschreibt. Dies kann in einigen Ansätzen durch die Verwendung einer Schnittstelle des jeweiligen Dateisystems erreicht werden. Darüber hinaus kann der Blockbereich aller Dateien auf dem Dateisystem weiter verwendet werden, um die gewünschte Reihenfolge zu bestimmen, in der die Mehrzahl von Dateien gelesen werden, wie beispielsweise unten ausführlicher beschrieben wird. Es sollte auch beachtet werden, dass wenn ein Speicherbereich zu mehreren Bandverzeichnissen gehört, der Speicherbereich vorzugsweise in mehrere Blockbereiche von Speicherbereichen unterteilt wird, die den Unterbrechungen jeder der Bandverzeichnisse entsprechen, wie z.B. für Fachleute nach dem Lesen der vorliegenden Beschreibung erkennbar ist. Die aufgeteilten Speicherbereiche werden danach als zu den jeweiligen Blockbereichen gehörend behandelt. Das Erhalten von Metadaten, die zu den Dateien gehören, kann auch ausgeführt werden, um den Bereich von Blöcken zu identifizieren, die zu der gegebenen Datei gehören.

[0089] In Bezug auf die hierin verwendeten Bereiche kann das Magnetband wirksam in eine Anzahl von Bereichen unterteilt werden, von denen jeder einem anderen physischen Abschnitt (z.B. einer Fläche) des Magnetbands entspricht. Beispielsweise kann das Magnetband in einigen Ansätzen wirksam in zwei Bereiche entlang der Bandlängsrichtung unterteilt werden. Jeder dieser Bereiche kann bei einigen Ansätzen in einem und demselben Bandverzeichnis wiedergegeben werden, während bei anderen Ansätzen jeweils ein Bandverzeichnis für jede Teilmenge der Bereiche eingerichtet sein kann. Gemäß einem Beispiel, das die Erfindung in keiner Weise einschränken soll, kann ein Magnetband mit einer Länge von etwa 1000 Metern ein Bandverzeichnis für jeden 500 Meter langen Abschnitt (z.B. die Hälfte) des Magnetbandes bereitstellen. Bei einigen Ansätzen kann das Magnetband auf Grundlage der Windungen des Magnetbands weiter unterteilt sein. Daraus folgt, dass ein gesamtes Magnetband mit 208 Windungen in insgesamt 416 Bereiche unterteilt sein kann, im Hinblick darauf, dass das Band weiter entlang seiner Länge in zwei Abschnitte unterteilt sein kann, wie oben beschrieben. Somit entspricht bei einigen Ansätzen jeder Bereich auf einem Magnetband einer Hälfte einer vollständigen Wicklung auf dem Magnetband.

[0090] Bei einigen Ansätzen ist auch eine zuletzt geschriebene Datensatznummer in jedem Bereich des Bandverzeichnisses gespeichert. Wenn die Datensatznummer für eine Datei von Interesse spezifiziert ist, kann somit ein Bandlaufwerk in der Lage sein, auf ein Bandverzeichnis zu verweisen, um einen Bereich auf dem Magnetband zu bestimmen, in dem die Datei von Interesse gespeichert ist. Mit anderen Worten kann das Bandverzeichnis verwendet werden, um den physischen Speicherort für eine Datei von Interesse zu bestimmen. Der physische Speicherort kann ferner verwendet werden, um das Bandlaufwerk anzuweisen, die relative Position zwischen einem Magnetkopf und dem Magnetband so einzustellen, dass die Datei von Interesse gelesen werden kann. Gemäß einigen Ansätzen transportiert das Bandlaufwerk das Magnetband mit einer relativ hohen Geschwindigkeit vor und/oder zurück (führt z.B. eine grobe Suche durch), bis es eine Position auf dem Magnetband erreicht, die nahe genug an dem physischen Ort ist, an dem die Datei von Interesse gespeichert ist. Zu diesem Zeitpunkt kann das Bandlaufwerk die Geschwindigkeit verringern, mit der das Band vor- und/oder zurückgespult wird (z.B. eine feine Suche durchführen), so dass die auf das Band geschriebenen Daten sogar gelesen werden können, bis die Datei von Interesse gefunden wurde.

[0091] Wie oben erwähnt, umfasst Vorgang 1008 ein Verwenden des ersten des einen oder der mehreren Bandverzeichnisse, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist. Dementsprechend gruppiert Vorgang 1008 die angeforderten Dateien so, dass diejenigen Dateien, die in demselben Bereich gespeichert sind, in einer und derselben Teilmenge enthalten sind. Immer noch mit Bezug auf

Fig. 10 umfasst Vorgang 1010 ferner ein Sortieren einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem demselben ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine erste Reihenfolge. Mit anderen Worten werden die Dateien, die in einem und demselben Bereich gespeichert sind und die einer und dergleichen Teilmenge zugeordnet wurden, vorzugsweise in einer bestimmten Reihenfolge angeordnet. Es sollte beachtet werden, dass die Dateien in der ersten Teilmenge nicht physisch in eine erste Reihenfolge auf dem Magnetband sortiert (z.B. umgeschrieben) werden, sondern vielmehr wird eine bevorzugte Reihenfolge bestimmt, in der auf die Dateien in der ersten Teilmenge zugegriffen wird.

[0092] Wiederum sind verschiedene der hierin enthaltenen Ansätze in der Lage, auf eine Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband auf effizientere Weise zuzugreifen (z.B. diese zu lesen), als dies herkömmlich möglich war. Diese Verbesserungen werden durch das Sortieren von Dateien, auf die zugegriffen werden soll, in einer bestimmten Reihenfolge realisiert, das den Umfang der Neupositionierungen des Magnetbandes minimiert, die von einem Bandlaufwerk durchgeführt werden, während die Dateien tatsächlich gelesen werden. Dementsprechend sortiert Vorgang 1010 vorzugsweise die Dateien in der ersten Teilmenge so, dass eine Datenzugriffszeit, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Reihenfolge erfahren wird, kleiner als eine Datenzugriffszeit ist, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in der ersten Teilmenge in einer anderen Reihenfolge als der ersten Reihenfolge erfahren wird. Diese verbesserte Datenzugriffszeit resultiert aus der Verwendung eines physischen Ortes jeder Datei, die in dem ersten Bereich gespeichert ist, um die Reihenfolge zu bestimmen, die den Umfang der vom Bandlaufwerk durchgeführten Kopfneupositionierungen in Bezug auf das Magnetband minimiert, während die Dateien in der gegebenen Reihenfolge gelesen werden. Bei einigen Ansätzen werden die Dateien in der ersten Teilmenge auch unter Verwendung (z.B. auf Grundlage) einer ersten Datensatznummer, die zu jeder der jeweiligen Dateien gehört, in die erste Reihenfolge sortiert.

[0093] Von Vorgang 1010 geht das Verfahren 1000 zu Entscheidung 1012 über, die ein Ermitteln umfasst, ob alle Dateien sortiert wurden, die in der Leseanforderung identifiziert wurden und die zu dem ersten Bandverzeichnis gehören. Mit anderen Worten ermittelt Entscheidung 1012, ob jede der Teilmengen von Dateien, die im ersten Bandverzeichnis wiedergegeben sind, ausgewertet wurde. Als Reaktion auf ein Feststellen, dass mindestens eine der Dateien noch nicht sortiert wurde, fährt das Verfahren 1000 mit Vorgang 1014 fort. Hier umfasst Vorgang 1014 ein Vorrücken zu einer nachfolgenden (z.B. nächsten) Teilmenge der Dateien. Es ist zu beachten, dass das Verfahren 1000 in beliebiger Reihenfolge zwischen den Teilmengen der Dateien vorrücken kann. Somit kann in Bezug auf die vorliegende Beschreibung eine „nachfolgende Teilmenge der Dateien“ diejenigen Dateien bezeichnen, die in einem Bereich, der benachbart zu dem zuvor sortierten Bereich ist, in einem Bereich, der eine nächstgrößere Anzahl der angeforderten Dateien enthält, usw. enthalten sind.

[0094] Ferner umfasst Vorgang 1016 ein Sortieren der nachfolgenden Teilmenge der Dateien in eine nachfolgende Reihenfolge. Es wird bevorzugt, dass die nachfolgende Teilmenge von Dateien auf Grundlage des physischen Orts jeder der Dateien und/oder einer ersten Datensatznummer sortiert wird, die zu jeder der Dateien gehört. Die nachfolgende Teilmenge von Dateien kann jedoch unter Verwendung eines oder mehrerer der oben in Bezug auf Vorgang 1010 beschriebenen Ansätze in die nachfolgende Reihenfolge sortiert werden.

[0095] Wenn die Anzahl der angeforderten Dateien zunimmt, nimmt auch die Rechenkomplexität zu, die mit dem Sortieren der angeforderten Dateien derart, dass auf sie auf effiziente Weise zugegriffen wird (sie z.B. gelesen werden), verbunden ist. Durch das Sortieren der Dateien in jeder Teilmenge einzeln kann das Verfahren 1000 somit mehr als eine Teilmenge der Dateien gleichzeitig und parallel verarbeiten, wodurch die Betriebseffizienz erheblich verbessert wird. Während beispielsweise die nachfolgende Teilmenge von Dateien in Vorgang 1016 sortiert wird, wird ein Bandlaufwerk angewiesen, jede der Dateien in der vorherigen Teilmenge (hier der ersten Teilmenge) gemäß der vorherigen Reihenfolge (hier der ersten Reihenfolge) zu lesen. Siehe Vorgang 1018. Eine oder mehrere Anweisungen können an das Bandlaufwerk gesendet werden, die die spezifische Reihenfolge angeben, in der die Dateien vom Magnetband gelesen werden sollen. Der Vorgang des tatsächlichen Lesens der Dateien vom Magnetband kann jedoch unter Verwendung beliebiger gewünschter Verfahren durchgeführt werden, z.B. derjenigen, die in den **Fig.** 1A bis **Fig.** 9 beschrieben sind.

[0096] Daraus folgt, dass die Vorgänge 1016 und 1018 vorzugsweise gleichzeitig und parallel ausgeführt werden, so dass eine Teilmenge der Dateien sortiert wird, während eine andere Teilmenge der Dateien tatsächlich in einer zuvor bestimmten Reihenfolge gelesen wird. Die Vorgänge 1016 und 1018 können in einigen Ansätzen gleichzeitig und parallel unter Verwendung eines und desselben Host-Servers durchgeführt werden (siehe z.B. 1102 von **Fig.** 11 unten). Bei anderen Ansätzen können jedoch mehr als ein Server, Prozessor usw. umgesetzt werden, um die Vorgänge gleichzeitig und parallel auszuführen.

[0097] Von Vorgang 1018 geht das Verfahren 1000 zu Vorgang 1020 über, der ein tatsächliches Empfangen der Informationen (z.B. Daten, Metadaten usw.) umfasst, die von der Teilmenge der Dateien von dem Bandlaufwerk gelesen wurden. Bei einigen Ansätzen können die Informationen in einem Strom empfangen werden, während die Dateien gelesen werden, während bei anderen Ansätzen die Informationen, die aus allen Dateien in der Teilmenge gelesen wurden, vom Bandlaufwerk als Reaktion auf den Abschluss des Lesevorgangs als Paket gesendet werden können. Darüber hinaus werden die vom Bandlaufwerk empfangenen Informationen in Speicher (z.B. einem Cache, Puffer usw.) gespeichert. Siehe Vorgang 1022.

[0098] Der optionale Vorgang 1023 umfasst ferner ein Kompilieren der Informationen, die von dem Bandlaufwerk empfangen und im Speicher gespeichert wurden. Die kompilierten Informationen werden auch an eine ferne Speichereinheit gesendet (z.B. übertragen). Die ferne Speichereinheit entspricht vorzugsweise einem beabsichtigten Zielort für die Kopie der Informationen. Daraus folgt, dass bei einigen Ansätzen der beabsichtigte Zielort in der Leseanforderung spezifiziert sein kann, die in Vorgang 1002 empfangen wurde. Außerdem können eine oder mehrere Anweisungen an die ferne Speichereinheit gesendet werden, um eine Kopie der empfangenen Informationen in der fernen Speichereinheit zu speichern, wie z.B. unten ausführlicher beschrieben wird.

[0099] Von Vorgang 1023 kehrt das Verfahren 1000 zur Entscheidung 1012 zurück, um das Ermitteln zu wiederholen, ob alle in der Leseanforderung identifizierten Dateien sortiert wurden, die zu dem ersten Bandverzeichnis gehören. Als Reaktion auf ein Feststellen, dass noch eine oder mehrere der Dateien vorhanden sind, die in der Leseanforderung identifiziert wurden und die zu dem ersten Bandverzeichnis gehören, die noch nicht sortiert wurden, geht das Verfahren 1000 zu Vorgang 1014 über, so dass die Vorgänge 1014 bis 1022 für eine nächste nachfolgende Teilmenge der Dateien zusätzlich zu der vorherigen nachfolgenden Teilmenge wiederholt werden. Zum Beispiel kann Vorgang 1014 wiederholt werden, so dass zu einer nächsten nachfolgenden Teilmenge von Dateien vorgerückt werden kann, während Vorgang 1018 wiederholt werden kann, so dass die vorherige nachfolgende Teilmenge von Dateien gemäß der vorherigen nachfolgenden Reihenfolge gelesen werden kann. Es sollte beachtet werden, dass „nächste nachfolgende Teilmenge der Dateien“ die nächste Teilmenge der Dateien bezeichnet, die auf die zuvor untersuchte Teilmenge der Dateien folgt. In ähnlicher Weise bezeichnet „vorherige nachfolgende Teilmenge der Dateien“ die Teilmenge der Dateien, die ausgewertet wurde, bevor mit der „nächsten nachfolgenden Teilmenge der Dateien“ fortgefahren wurde. Dementsprechend stehen die Begriffe „nächste nachfolgende“ und „vorherige nachfolgende“ zumindest in Bezug zueinander. Daraus folgt, dass die Vorgänge 1012 bis 1022 beliebig oft wiederholt werden können, z.B. als iteratives Verfahren, abhängig von der Anzahl der Dateien, die in der Leseanforderung identifiziert wurden und die zu dem ersten Bandverzeichnis gehören.

[0100] Als Reaktion auf ein Feststellen, dass alle in der Leseanforderung identifizierten Dateien sortiert wurden, die zu dem ersten Bandverzeichnis gehören, geht das Verfahren 1000 zur Entscheidung 1024 über. Hier umfasst die Entscheidung 1024 ein Ermitteln, ob alle des einen oder der mehreren in Vorgang 1006 erhaltenen Bandverzeichnisse ausgewertet wurden. Als Reaktion auf ein Feststellen, dass mindestens eines der erhaltenen Bandverzeichnisse noch nicht ausgewertet wurde, geht das Verfahren 1000 wieder zu Vorgang 1008 über, so dass ein nächstes der Bandverzeichnisse verwendet werden kann, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist. Daraus folgt, dass einer oder mehrere der oben beschriebenen Ansätze umgesetzt werden können, um Vorgang 1008 sowie die Vorgänge 1010 bis 1022 zu wiederholen.

[0101] Zurück zu Entscheidung 1024 geht das Verfahren 1000 als Reaktion auf ein Feststellen, dass alle erhaltenen Bandverzeichnisse ausgewertet wurden, zu Vorgang 1026 über. Hier umfasst Vorgang 1026 ein Anweisen eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der aktuellen Teilmenge gemäß der Reihenfolge zu lesen, die in einer letzten Iteration des Vorgangs 1016 gebildet wurde. Daraus folgt, dass einer oder mehrere der oben beschriebenen Ansätze in Bezug auf Vorgang 1018 umgesetzt werden können, um Vorgang 1026 auszuführen. Darüber hinaus umfasst Vorgang 1028 ein tatsächliches Empfangen der Informationen, die von dem Bandlaufwerk aus der aktuellen Teilmenge von Dateien gelesen wurden, z.B. gemäß einem der oben beschriebenen Ansätze in Bezug den Vorgang 1020. Diese empfangenen Informationen werden außerdem zusammen mit den anderen vom Bandlaufwerk empfangenen Informationen im Speicher gespeichert. Siehe Vorgang 1030. Einer oder mehrere der oben beschriebenen Ansätze in Bezug auf Vorgang 1022 können während Vorgang 1030 umgesetzt werden, wie es Fachleuten beim Lesen der vorliegenden Offenbarung klar wird.

[0102] Fortfahrend mit Vorgang 1032 werden die vom Bandlaufwerk empfangenen und im Speicher gespeicherten Informationen kompiliert und an eine ferne Speichereinheit gesendet (z.B. übertragen). Wie oben erwähnt, können Speicherbereiche, die sich über mehr als ein Bandverzeichnis erstrecken, entsprechend aufgeteilt und als zu den jeweiligen

Blockbereichen gehörend behandelt werden. Dementsprechend werden diejenigen Dateien, die durch einen Blockbereich strukturiert sind, unter Verwendung des einzelnen Blockbereichs erzeugt. Dateien, die durch mehrere Blockbereiche strukturiert sind, werden jedoch vorzugsweise erzeugt, indem die Daten des Blockbereichs an dem entsprechenden Offset gefüllt werden und die verbleibenden Abschnitte vorübergehend leer bleiben, z.B. unter Verwendung einer Sparse-Funktion. Wenn weitere Blockbereiche gelesen und empfangen werden, die mindestens einen weiteren Abschnitt solcher Dateien enthalten, wird bevorzugt, dass der mindestens eine Abschnitt der Datei verwendet wird, um die fehlenden Abschnitte zu füllen und die jeweiligen Dateien aufzubauen. Mit anderen Worten werden Dateien, die durch mehrere Blockbereiche strukturiert sind, inkrementell kompiliert, während jeder der entsprechenden Blöcke gelesen wird.

[0103] Die ferne Speichereinheit entspricht vorzugsweise einem beabsichtigten Zielort für die Kopie der Informationen. Bei einigen Ansätzen kann der beabsichtigte Zielort in der in Vorgang 1002 empfangenen Leseanforderung angegeben sein. Darüber hinaus werden eine oder mehrere Anweisungen an die ferne Speichereinheit gesendet, um eine Kopie der empfangenen Informationen in der fernen Speichereinheit zu speichern. Siehe Vorgang 1034. Daraus folgt, dass die ferne Speichereinheit sich vorzugsweise von dem Magnetband, von dem die Informationen zuvor gelesen wurde, unterscheidet und getrennt von diesem ist. Somit kann eine Sicherungskopie der angeforderten Informationen für die weitere Verwendung, redundante Speicherzwecke, Datenmigration usw. erstellt werden.

[0104] Von Vorgang 1034 geht das Flussdiagramm von **Fig.** 10 zu Vorgang 1036 über, bei dem das Verfahren 1000 enden kann. Es sollte jedoch beachtet werden, dass obwohl das Verfahren 1000 beim Erreichen von Vorgang 1036 enden kann, einer oder mehrere der in dem Verfahren enthaltenen Vorgänge 1000 wiederholt werden kann, um weitere Lesevorgänge durchzuführen, die eine Mehrzahl von auf Magnetband gespeicherten Dateien umfassen. Mit anderen Worten können ein oder mehrere beliebige der in dem Verfahren 1000 enthaltenen Vorgänge wiederholt werden, um nachfolgend empfangene Leseanforderungen auszuführen.

[0105] Daraus folgt, dass die verschiedenen in dem Verfahren 1000 enthaltenen Vorgänge in der Lage sind, auf eine Mehrzahl von Dateien auf einem Magnetband auf effizientere Weise zuzugreifen (z.B. diese zu lesen), als dies herkömmlich möglich ist. Wie bereits erwähnt, ermöglicht die Verwendung eines physischen Speicherorts aller Dateien, die in einem bestimmten Bereich gespeichert sind, zum Bestimmen der bevorzugten Reihenfolge, in der die Dateien gelesen werden, den Umfang von Kopfneupositionierungen zu minimieren, die vom Bandlaufwerk in Bezug auf das Magnetband durchgeführt werden, während die Dateien in der vorgegebenen Reihenfolge gelesen werden. Dies führt auch zu einer Verbesserung der Leistungsverzögerung. Zum Beispiel ist eine Datenzugriffszeit, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in einer gegebenen Teilmenge gemäß der Reihenfolge erfahren wird, die durch die verschiedenen Vorgänge in dem Verfahren 1000 bestimmt wird, kürzer als eine Datenzugriffszeit, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in derselben Teilmenge in einer beliebigen anderen Reihenfolge erfahren wird.

[0106] Die Leistung wird weiter verbessert, indem Dateien in einer gegebenen Teilmenge gleichzeitig sortiert werden, während Dateien in einer anderen Teilmenge (die bereits sortiert wurden) durch das Bandlaufwerk vom Magnetband gelesen werden. Dies verringert wirksam die Menge an Rechenressourcen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt verbraucht werden, indem Verarbeitungsoperationen überlappen und zusätzlich die zugehörige Rechenkomplexität in bereichsgroße Blöcke aufgeteilt wird.

[0107] Die in dem Verfahren 1000 enthaltenen Vorgänge können von jeder geeigneten Komponente der Betriebsumgebung ausgeführt werden. In verschiedenen Ansätzen kann das Verfahren 1000 beispielsweise teilweise oder vollständig von einem Host-Server, einem Controller, einem Prozessor, einem Computer usw. oder einer anderen Einheit mit einem oder mehreren Prozessoren darin ausgeführt werden. Betrachtet man nun **Fig.** 11, ist ein Datenspeichersystem 1100 gemäß einem Ansatz gezeigt, das verwendet werden kann, um einen oder mehrere der in dem Verfahren 1000 oben enthaltenen Vorgänge umzusetzen. Somit kann das vorliegende Datenspeichersystem 1100 in Verbindung mit Merkmalen von jedem anderen hierin aufgeführten Ansatz umgesetzt werden kann, beispielsweise denjenigen, die unter Bezugnahme auf die anderen FIG. wie beispielsweise **Fig.** 10 beschrieben wurden. Ein solches Datenspeichersystem 1100 und andere, die hierin vorgestellt werden, können in verschiedenen Anwendungen und/oder Permutationen verwendet werden, die in den hierin aufgeführten beispielhaften Ansätzen speziell beschrieben sein können, aber nicht müssen. Darüber hinaus kann das hierin präsentierte Datenspeichersystem 1100 in jeder gewünschten Umgebung verwendet werden. Somit kann **Fig.** 11 (und die anderen FIG.) als jede mögliche Permutation umfassend angesehen werden.

[0108] Wie gezeigt, umfasst das Datenspeichersystem 1100 einen Server 1102, der mit einem Bandlaufwerk 1104 verbunden ist. In Bezug auf die vorliegende Beschreibung ist anzumerken, dass „verbunden“ bedeuten soll, dass der Server 1102

zumindest in der Lage ist, mit dem Bandlaufwerk 1104 Daten auszutauschen. Dementsprechend können Informationen, Anfragen, Befehle usw. zwischen dem Server 1102 und dem Bandlaufwerk 1104 übertragen werden. Je nach Ansatz kann der Server 1102 mit dem Bandlaufwerk 1104 unter Verwendung einer drahtlosen Verbindung, z.B. WiFi, Bluetooth, eines Mobilfunknetzes usw.; einer drahtgebundenen Verbindung, z.B. eines Kabels, einer Lichtwellenleiterverbindung, eines Drahts usw.; usw., oder jeder anderen Art von Verbindung verbunden sein, die Fachleuten nach dem Lesen der vorliegenden Beschreibung offensichtlich sind.

[0109] In bevorzugten Ansätzen fungiert der Server 1102 als Host-Server. Dementsprechend umfasst der Server 1102 ein Anwendungsmodul 1106, das verwendet werden kann, um eine beliebige Anzahl und/oder Art von Anwendungen auszuführen. Gemäß einigen Ansätzen kann das Anwendungsmodul 1106 einen oder mehrere der in dem Verfahren 1000 von **Fig.** 10 oben enthaltenen Vorgänge ausführen. Unter weiterer Bezugnahme auf **Fig.** 11 ist das Anwendungsmodul 1106 auch mit einem LTFS-Modul 1108 verbunden. Das LTFS-Modul 1108 wird verwendet, um ein LTFS zu verwalten, das auf dem Server 1102 und/oder dem Bandlaufwerk 1104 umgesetzt sein kann. Das LTFS ist ein Dateisystem, in dem ein Band als Datei aufgefasst wird und das in der Lage ist, einen Datensatz als Datei in einem Dateisystem mit zuvor aufgezeichneten Metadaten aufzufassen, z.B. einer Datensatznummer und/oder einem Dateinamen, die in der Datei auf dem Index enthalten sind. Dementsprechend tauscht das LTFS-Modul 1108 bei einigen Ansätzen über den Einheitentreiber mit dem Bandlaufwerk Daten aus. Das Anwendungsmodul 1106 kann auch die eine oder mehreren von einem Benutzer angegebenen Dateien über eine Anwendungsprogrammierschnittstelle des Dateisystems 1100 lesen.

[0110] Daten, die von einem Magnetband gelesen werden, können an einen Zielspeicherort kopiert werden, z.B. gemäß einem der hierin beschriebenen Ansätze. Beispielsweise kann bei einigen Ansätzen eine redundante Kopie einer Mehrzahl von Dateien auf einer anderen Speichereinheit wie etwa einer HDD erstellt werden. Daraus folgt, dass die verschiedenen hierin beschriebenen Ansätze in Fällen umgesetzt werden können, in denen Daten zwischen Ebenen eines Mehrebenen-Datenspeichersystems übertragen werden.

[0111] Betrachtet man beispielsweise **Fig.** 12, ist ein Speichersystem 1200 nach einem Ansatz gezeigt. Man beachte, dass einige der in **Fig.** 12 gezeigten Elemente gemäß verschiedenen Ansätzen als Hardware und/oder Software umgesetzt sein können. Das Speichersystem 1200 kann einen Speichersystemmanager 1212 zum Datenaustausch mit einer Mehrzahl von Medien und/oder Laufwerken auf mindestens einer höheren Speicherebene 1202 und mindestens einer niedrigeren Speicherebene 1206 umfassen. Die eine oder mehreren höheren Speicherebenen 1202 können vorzugsweise ein oder mehrere Medien 1204 mit wahlfreiem Zugriff und/oder Direktzugriff umfassen, beispielsweise Festplatten in Festplattenlaufwerken (HDDs), nichtflüchtigen Speicher (NVM), Solid-State-Speicher in Solid-State-Laufwerken (SSDs), Flash-Speicher, SSD-Arrays, Flash-Speicherarrays usw. und/oder andere, die hierin erwähnt oder in der Technik bekannt sind. Die eine oder mehreren niedrigeren Speicherebenen 1206 können vorzugsweise ein oder mehrere leistungsschwächere Speichermedien 1208 umfassen, beispielsweise Medien mit sequentiellem Zugriff wie Magnetbänder in Bandlaufwerken und/oder optische Medien, langsamer zugreifende HDDs, langsamer zugreifende SSDs usw. und/oder andere, die hierin erwähnt oder in der Technik bekannt sind. Eine oder mehrere zusätzliche Speicherebenen 1216 können jede beliebige Kombination von Speichermedien umfassen, die von einem Entwickler des Systems 1200 gewünscht wird. Zudem kann jede der höheren Speicherebenen 1202 und/oder der niedrigeren Speicherebenen 1206 eine Kombination von Speichereinheiten und/oder Speichermedien umfassen.

[0112] Der Speichersystemmanager 1212 kann mit den Laufwerken und/oder Speichermedien 1204, 1208 auf der einen oder den mehreren höheren Speicherebenen 1202 und niedrigeren Speicherebenen 1206 über ein Netzwerk 1210 Daten austauschen, beispielsweise ein Speicherbereichsnetzwerk (SAN), wie in **Fig.** 12 gezeigt, oder eine andere geeignete Netzwerkart. Der Speichersystemmanager 1212 kann auch mit einem oder mehreren Hostsystemen (nicht gezeigt) über eine Hostschnittstelle 1214 Daten austauschen, die Teil des Speichersystemmanagers 1212 sein kann, aber nicht muss. Der Speichersystemmanager 1212 und/oder jede andere Komponente des Speichersystems 1200 kann in Hardware und/oder Software umgesetzt sein und kann einen Prozessor (nicht gezeigt) zum Ausführen von Befehlen einer in der Technik bekannten Art verwenden, wie etwa eine Zentraleinheit (CPU), ein feldprogrammierbares Gatter-Array (FPGA), eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) usw. Natürlich kann jede Anordnung eines Speichersystems verwendet werden, wie es für Fachleute beim Lesen der vorliegenden Beschreibung offensichtlich ist.

[0113] In mehreren Ansätzen kann das Speichersystem 1200 eine beliebige Anzahl von Datenspeicherebenen umfassen und kann das gleiche oder unterschiedliche Speichermedien innerhalb jeder Speicherebene umfassen. Jede Datenspeicherebene kann beispielsweise dieselbe Art von Speichermedien umfassen, etwa HDDs, SSDs, sequen-

tielle Zugriffsmedien (Bänder in Bandlaufwerken, optische Platten in optischen Laufwerken usw.), Direktzugriffsmedien (CD-ROM, DVD-ROM usw.) oder eine beliebige Kombination von Medienspeicherarten. In einer solchen Konfiguration kann eine höhere Speicherebene 1202 hauptsächlich SSD-Speichermedien zum Speichern von Daten in einer leistungsfähigeren Speicherumgebung umfassen, und verbleibende Speicherebenen wie beispielsweise die niedrigere Speicherebene 1206 und die zusätzlichen Speicherebenen 1216 können eine beliebige Kombination von SSDs, HDDs, Bandlaufwerken usw. zum Speichern von Daten in einer Speicherumgebung mit geringerer Leistung umfassen. Auf diese Weise können Daten, auf die häufiger zugegriffen wird, Daten mit einer höheren Priorität, Daten, auf die schneller zugegriffen werden muss, usw. auf der höheren Speicherebene 1202 gespeichert werden, während Daten, die keine dieser Eigenschaften aufweisen, in den zusätzlichen Speicherebenen 1216 sowie der niedrigeren Speicherebene 1206 gespeichert werden können. Natürlich können sich Fachleute beim Lesen der vorliegenden Beschreibungen viele andere Kombinationen von Speichermedienarten ausdenken, um sie gemäß den hierin vorgestellten Ansätzen in verschiedenen Speicherschemata umzusetzen.

[0114] Nach einigen Ansätzen kann das Speichersystem (wie z.B. 1200) Logik, die zum Empfangen einer Anforderung zum Öffnen eines Datensatzes konfiguriert ist, Logik, die zum Ermitteln konfiguriert ist, ob der angeforderte Datensatz auf eine niedrigere Speicherebene 1206 eines abgestuften Datenspeichersystems 1200 in mehreren zugehörigen Abschnitten gespeichert wird, Logik, die zum Verschieben jedes der zugehörigen Abschnitte des angeforderten Datensatzes auf eine höhere Speicherebene 1202 des abgestuften Datenspeichersystems 1200 konfiguriert ist, und Logik umfassen, die zum Zusammenfügen des angeforderten Datensatzes auf der höheren Speicherebene 1202 des abgestuften Datenspeichersystems 1200 aus den dazugehörigen Abschnitten konfiguriert ist.

[0115] Gemäß einem Anwendungsbeispiel, das die durch die verschiedenen hierin enthaltenen Ansätze erzielten Verbesserungen darstellt, das jedoch in keiner Weise die Erfindung einschränken soll, wird eine Leseanforderung empfangen, die 1.000.000 Dateien (d.h. n = 1.000.000) spezifiziert. Herkömmliche Verfahren zum bloßen Sortieren dieser Anzahl spezifizierter Dateien haben eine Rechenkomplexität von O(n × log(n)). Dementsprechend kann geschätzt werden, dass das Sortieren dieser 1.000.000 angegebenen Dateien in eine Reihenfolge, in der sie mit herkömmlichen Verfahren gelesen werden sollten, etwa 24 Stunden dauern würde.

[0116] In klarem Gegensatz dazu führen die verschiedenen hierin vorgestellten Ansätze Verfahren zum Unterteilen der „n“ Dateien in „k“ verschiedene Bereiche bei einer Rechenkomplexität von O(n × log (k)) ein. Obwohl diese Berechnungskomplexitäten nicht einfach verglichen werden können, ist in dem Fall, in dem „n“ gleich 1.000.000 und „k“ gleich 2 Hälften × 208 Wicklungen, also insgesamt 416 Bereichen ist, zu erwarten, dass die Berechnungskomplexität gegenüber der herkömmlich erreichbaren Berechnungskomplexität um folgenden Prozentsatz verringert werden kann:

$$\frac{n \log k}{n \log n} = \log_n k = \frac{2.62}{6} = 43.7\%$$

[0117] Daraus folgt, dass einige der hierin enthaltenen Ansätze in der Lage sind, dieselben 1.000.000 angegebenen Dateien in eine Reihenfolge, in der sie gelesen werden sollen, in der folgenden Zeit zu sortieren: 24 Stunden × 43,7% = 10 Stunden und 29 Minuten.

[0118] Die Berechnungskomplexität in jedem Bandverzeichnisbereich kann ferner als O((n/k) × log(n/k)) dargestellt werden. Die folgende Gleichung berücksichtigt jedoch ferner die Recheneffizienz, die durch das gleichzeitige und parallele Sortieren von Dateien damit, dass zuvor sortierte Dateien von einem Bandlaufwerk gelesen werden, erreicht wird:

$$\frac{n/k \log n/k}{n \log n} = \frac{\log_n \frac{n}{k}}{k} = \frac{3.38}{416 \times 6} = 0.135\%$$

[0119] Daraus folgt, dass verschiedene der hierin enthaltenen Ansätze in der Lage sind, die Rechenkomplexität auf nur 0,135 % derjenigen zu verringern, die herkömmliche Verfahren zum Zugreifen auf eine Mehrzahl von Dateien auf einem Magnetband erfahren. Dem vorhergehenden Beispiel herkömmlicher Verfahren folgend, die ungefähr 24 Stunden benötigen, um alle 1.000.000 Dateien zu sortieren, sind die hierin enthaltenen Ansätze in der Lage, die in jedem Bandverzeichnis enthaltenen Dateien in ungefähr 2 Minuten zu sortieren. Darüber hinaus können Bandlaufwerke ein Magnetband mit etwa 5,6 Meter/Sekunde vor- und/oder zurückspulen. Somit ist ein Bandlaufwerk in der Lage, die Daten in Dateien aus einem gegebenen Bandverzeichnisbereich mit einer Länge von ungefähr 500 Meter in ungefähr 1 Minute und 30 Sekunden zu lesen. Im Vergleich dazu kann ein Bandlaufwerk mit der halben Höhe eines Standardbandlaufwerks die gleichen 500 Meter Magnetband bei einer Lesegeschwindigkeit von etwa 4,7 Meter/Sekunde in etwa 1 Minute und 46 Sekunden durchlaufen.

[0120] Da der Sortiervorgang für jedes der Bandverzeichnisse in bevorzugten Ansätzen parallel zum

Lesevorgang der Dateien vom Band durchgeführt wird, werden zusätzliche 15 bis 30 Sekunden verwendet, um den Sortiervorgang für ein jeweiliges Bandverzeichnis durchzuführen. Wenn also ein nachfolgender Lesevorgang eingeleitet wird, wenn die Berechnung nach dem Lesen der Daten vom Magnetband abgeschlossen ist, wird ein Rücklauf von etwa 3 bis 5 Sekunden von der „Stop"-Position zur „Start"-Position zum Lesen erzeugt, wie z.B. von Fachleuten nach dem Lesen der vorliegenden Beschreibung erkannt werden würde. Daher ist es wünschenswert, die Zeit im Voraus vorherzusagen, die mit der Durchführung der Berechnung verbunden ist, und die Vorlauf- oder Rückspulgeschwindigkeit des Magnetbandes anzupassen.

[0121] Gemäß einem Beispiel, das wiederum in keiner Weise die Erfindung einschränken soll, werden Rechenzeiten von ungefähr 118 Sekunden für Bandgeschwindigkeiten von ungefähr 4,23 Meter/Sekunde und ungefähr 129 Sekunden für Bandgeschwindigkeiten von ungefähr 3,87 Meter/Sekunde erfahren. Darüber hinaus können die Feineinstellungen auch durch Kombinieren mehrerer Bandgeschwindigkeiten vorgenommen werden. Wenn für jeden Bereich des Bands 15 bis 30 Sekunden hinzugefügt werden, ist der Zeitbedarf für die Auswertung eines gesamten Magnetbands wie folgt: 15 Sekunden × 208 Bereiche = 52 Minuten oder alternativ 30 Sekunden × 208 Bereiche = 104 Minuten (1 Stunde und 44 Minuten).

[0122] Die Kombination dieser Bandpositionierungsverzögerungen mit den oben beschriebenen Dateisortierungsleistungen ergibt eine Gesamtzeit, die mit der Durchführung eines Lesevorgangs verbunden ist, der 1.000.000 Dateien spezifiziert, wie folgt: (24 Stunden × 43,7%) + (52 Minuten oder alternativ 1 Stunde und 44 Minuten) = 11 Stunden und 21 Minuten oder 12 Stunden und 13 Minuten, abhängig von der Zeit, die für jeden Bereich des Bandes verwendet wird. Dementsprechend kann erwartet werden, dass die verschiedenen hierin enthaltenen Ansätze in der Lage sind, Mehrdatei-Lese- und/oder -Kopieranforderungen in etwa der Hälfte der Zeit auszuführen, in der herkömmliche Verfahren das gleiche Ergebnis erzielen können.

[0123] Diese signifikanten Verbesserungen werden wiederum, zumindest teilweise, durch die Verwendung von Bandverzeichnissen erreicht. Wenn beispielsweise eine Lese- oder Kopieranforderung empfangen wird, die mehrere Dateien spezifiziert, wird im Voraus eine Kategorisierung auf Grundlage der Bereiche durchgeführt, in denen die Daten der jeweiligen Dateien auf dem Magnetband gespeichert sind, insbesondere unter Bezugnahme auf Bandverzeichnisse. Das Bandlaufwerk kann dann die Datensätze für jeden Bereich sortieren und kann dann die Datensätze in der sortierten Reihenfolge lesen, während gleichzeitig die Dateien in einem nächsten Bereich des Magnetbands sortiert werden. Gemäß einem beispielhaften Ansatz, der die Erfindung in keiner Weise einschränken soll, wird eine Lese- und/oder Kopieranforderung empfangen, die eine Mehrzahl von Dateien spezifiziert, die auf ein Magnetband geschrieben wurden. Nachfolgend werden Bandverzeichnisinformationen von einem Bandlaufwerk erhalten und die Datensatznummer jeder Kopierzieldatei wird abgefragt, gefolgt von einer Kategorisierung in eine Gruppe, die zu dem Bandverzeichnisbereich gehört. Dateien, die zu einem ersten Bandverzeichnisbereich gehören, werden dann nach Datensatznummer und physischem Ort in dem Bereich sortiert. Nach dem Sortieren werden die Dateien in der sortierten Reihenfolge gelesen, während die Dateien in einem nachfolgenden Bereich des Magnetbandes gleichzeitig sortiert werden. Dateien werden unter Verwendung der vom Magnetband gelesenen Daten erzeugt und schließlich an den Zielspeicherort kopiert.

[0124] Bei der vorliegenden Erfindung kann es sich um ein System, ein Verfahren und/oder ein Computerprogrammprodukt auf jeder möglichen technischen Integrationsstufe handeln. Das Computerprogrammprodukt kann ein durch einen Computer lesbares Speichermedium (oder -medien) mit durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen darauf umfassen, um einen Prozessor dazu zu veranlassen, Aspekte der vorliegenden Erfindung auszuführen.

[0125] Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich um eine physische Einheit handeln, die Anweisungen zur Verwendung durch ein System zur Ausführung von Anweisungen aufbewahren und speichern kann. Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich zum Beispiel um eine elektronische Speichereinheit, eine magnetische Speichereinheit, eine optische Speichereinheit, eine elektromagnetische Speichereinheit, eine Halbleiterspeichereinheit oder jede geeignete Kombination daraus handeln, ohne auf diese beschränkt zu sein. Zu einer nicht erschöpfenden Liste spezifischerer Beispiele des durch einen Computer lesbaren Speichermediums gehören die Folgenden: eine tragbare Computerdiskette, eine Festplatte, ein Direktzugriffsspeicher (RAM), ein Nur-Lese-Speicher (ROM), ein löschbarer programmierbarer Nur-Lese-Speicher (EPROM bzw. Flash-Speicher), ein statischer Direktzugriffsspeicher (SRAM), ein tragbarer Kompaktspeicherplatte-Nur-Lese-Speicher (CD-ROM), eine DVD (digital versatile disc), ein Speicher-Stick, eine Diskette, eine mechanisch kodierte Einheit wie zum Beispiel Lochkarten oder erhabene Strukturen in einer Rille, auf denen Anweisungen gespeichert sind, und jede geeignete Kombination daraus. Ein durch einen Computer lesbares Speichermedium soll in der Ver-

wendung hierin nicht als flüchtige Signale an sich aufgefasst werden, wie zum Beispiel Funkwellen oder andere sich frei ausbreitende elektromagnetische Wellen, elektromagnetische Wellen, die sich durch einen Wellenleiter oder ein anderes Übertragungsmedium ausbreiten (z.B. Lichtwellenleiterkabel durchlaufende Lichtimpulse) oder durch einen Draht übertragene elektrische Signale.

[0126] Hierin beschriebene, durch einen Computer lesbare Programmanweisungen können von einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium auf jeweilige Datenverarbeitungs-/Verarbeitungseinheiten oder über ein Netzwerk wie zum Beispiel das Internet, ein lokales Netzwerk, ein Weitverkehrsnetz und/oder ein drahtloses Netzwerk auf einen externen Computer oder eine externe Speichereinheit heruntergeladen werden. Das Netzwerk kann Kupferübertragungskabel, Lichtwellenübertragungsleiter, drahtlose Übertragung, Leitwegrechner, Firewalls, Vermittlungseinheiten, Gateway-Computer und/oder Edge-Server aufweisen. Eine Netzwerkadapterkarte oder Netzwerkschnittstelle in jeder Datenverarbeitungs-/Verarbeitungseinheit empfängt durch einen Computer lesbare Programmanweisungen aus dem Netzwerk und leitet die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen zur Speicherung in einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium innerhalb der entsprechenden Datenverarbeitungs-/Verarbeitungseinheit weiter.

[0127] Bei durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen zum Ausführen von Arbeitsschritten der vorliegenden Erfindung kann es sich um Assembler-Anweisungen, ISA-Anweisungen (Instruction-Set-Architecture), Maschinenanweisungen, maschinenabhängige Anweisungen, Mikrocode, Firmware-Anweisungen, zustandssetzende Daten, Konfigurationsdaten für integrierte Schaltungen oder entweder Quellcode oder Objektcode handeln, die in einer beliebigen Kombination aus einer oder mehreren Programmiersprachen geschrieben werden, darunter objektorientierte Programmiersprachen wie Smalltalk, C++ o.ä. sowie prozedurale Programmiersprachen wie die Programmiersprache „C“ oder ähnliche Programmiersprachen. Die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können vollständig auf dem Computer des Benutzers, teilweise auf dem Computer des Benutzers, als eigenständiges Software-Paket, teilweise auf dem Computer des Benutzers und teilweise auf einem fernen Computer oder vollständig auf dem fernen Computer oder Server ausgeführt werden. In letzterem Fall kann der entfernt angeordnete Computer mit dem Computer des Benutzers durch eine beliebige Art Netzwerk verbunden sein, darunter ein lokales Netzwerk (LAN) oder ein Weitverkehrsnetz (WAN), oder die Verbindung kann mit einem externen Computer hergestellt werden (zum Beispiel über das Internet unter Verwendung eines Internet-Dienstanbieters). In einigen Ausführungsformen können elektronische Schaltungen, darunter zum Beispiel programmierbare Logikschaltungen, vor Ort programmierbare Gatter-Anordnungen (FPGA, field programmable gate arrays) oder programmierbare Logikanordnungen (PLA, programmable logic arrays) die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen ausführen, indem sie Zustandsinformationen der durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen nutzen, um die elektronischen Schaltungen zu personalisieren, um Aspekte der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

[0128] Aspekte der vorliegenden Erfindung sind hierin unter Bezugnahme auf Ablaufpläne und/oder Blockschaltbilder bzw. Schaubilder von Verfahren, Vorrichtungen (Systemen) und Computerprogrammprodukten gemäß Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass jeder Block der Ablaufpläne und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder sowie Kombinationen von Blöcken in den Ablaufplänen und/oder den Blockschaltbildern bzw. Schaubildern mittels durch einen Computer lesbare Programmanweisungen ausgeführt werden können.

[0129] Diese durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können einem Prozessor eines Computers oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungseinheit bereitgestellt werden, um eine Maschine zu erzeugen, so dass die über den Prozessor des Computers bzw. der anderen programmierbaren Datenverarbeitungseinheit ausgeführten Anweisungen Mittel zur Umsetzung der in dem Block bzw. den Blöcken der Ablaufpläne und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder festgelegten Funktionen/Schritte erzeugen. Diese durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können auch auf einem durch einen Computer lesbaren Speichermedium gespeichert sein, das einen Computer, eine programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung und/oder andere Einheiten so steuern kann, dass sie auf eine bestimmte Art funktionieren, so dass das durch einen Computer lesbare Speichermedium, auf dem Anweisungen gespeichert sind, ein Herstellungsprodukt aufweist, darunter Anweisungen, welche Aspekte der/des in dem Block bzw. den Blöcken des Ablaufplans und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder angegebenen Funktion/Schritts umsetzen.

[0130] Die durch einen Computer lesbaren Programmanweisungen können auch auf einen Computer, eine andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtung oder eine andere Einheit geladen werden, um das Ausführen einer Reihe von Prozessschritten auf dem Computer bzw. der anderen programmierbaren Vorrichtung oder anderen Einheit zu verursachen, um einen auf einem Computer ausgeführten Prozess zu erzeugen, so dass die auf dem

Computer, einer anderen programmierbaren Vorrichtung oder einer anderen Einheit ausgeführten Anweisungen die in dem Block bzw. den Blöcken der Ablaufpläne und/oder der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder festgelegten Funktionen/Schritte umsetzen.

[0131] Die Ablaufpläne und die Blockschaltbilder bzw. Schaubilder in den Figuren veranschaulichen die Architektur, die Funktionalität und den Betrieb möglicher Ausführungen von Systemen, Verfahren und Computerprogrammprodukten gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In diesem Zusammenhang kann jeder Block in den Ablaufplänen oder Blockschaltbildern bzw. Schaubildern ein Modul, ein Segment oder einen Teil von Anweisungen darstellen, die eine oder mehrere ausführbare Anweisungen zur Ausführung der bestimmten logischen Funktion(en) aufweisen. In einigen alternativen Ausführungen können die in den Blöcken angegebenen Funktionen in einer anderen Reihenfolge als in den Figuren gezeigt stattfinden. Zwei nacheinander gezeigte Blöcke können zum Beispiel in Wirklichkeit im Wesentlichen als ein Schritt, gleichzeitig, im Wesentlichen gleichzeitig oder in einer teilweise oder vollständig zeitlich überlappenden Weise ausgeführt werden, oder die Blöcke können manchmal je nach entsprechender Funktionalität in umgekehrter Reihenfolge ausgeführt werden. Es ist ferner anzumerken, dass jeder Block der Blockschaltbilder bzw. Schaubilder und/oder der Ablaufpläne sowie Kombinationen aus Blöcken in den Blockschaltbildern bzw. Schaubildern und/oder den Ablaufplänen durch spezielle auf Hardware beruhende Systeme umgesetzt werden können, welche die festgelegten Funktionen oder Schritte durchführen, oder Kombinationen aus Spezial-Hardware und Computeranweisungen ausführen.

[0132] Darüber hinaus kann ein System gemäß verschiedenen Ausführungsformen einen Prozessor und Logik umfassen, die mit dem Prozessor integriert und/oder von diesem ausführbar ist, wobei die Logik konfiguriert ist, um einen oder mehrere der hierin aufgeführten Verfahrensschritte auszuführen. Mit „integriert“ ist gemeint, dass der Prozessor eine darin eingebettete Logik als Hardwarelogik aufweist, wie beispielsweise eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), ein feldprogrammierbares Gatter-Array (FPGA) usw. Mit „durch den Prozessor ausführbar“ ist gemeint, dass die Logik HardwareLogik; Softwarelogik wie Firmware, Teil eines Betriebssystems, Teil eines Anwendungsprogramms; usw., oder eine Kombination aus Hardware- und Softwarelogik ist, auf die der Prozessor zugreifen kann und die konfiguriert ist, um zu bewirken, dass der Prozessor bei Ausführung durch den Prozessor eine gewisse Funktionalität ausführt. Softwarelogik kann in einem lokalen und/oder fernen Speicher einer beliebigen Speicherart gespeichert sein, wie in der Technik bekannt. Jeder im Stand der Technik bekannte Prozessor kann verwendet werden, beispielsweise ein Software-Prozessormodul und/oder ein Hardware-Prozessor, etwa ein ASIC, ein FPGA, eine Zentraleinheit (CPU), eine integrierte Schaltung (IC) usw.

[0133] Es ist klar, dass die verschiedenen Merkmale der vorstehenden Systeme und/oder Verfahren auf beliebige Weise kombiniert werden können, wodurch eine Mehrzahl von Kombinationen aus den oben angegebenen Beschreibungen erzeugt wird.

[0134] Es versteht sich ferner, dass Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Form eines Dienstes bereitgestellt werden können, der im Auftrag eines Kunden geleistet wird.

[0135] Die hierin offenbarten erfinderischen Konzepte wurden beispielhaft angegeben, um ihre unzähligen Merkmale in einer Mehrzahl von beispielhaften Szenarien, Ausführungsformen und/oder Umsetzungen darzustellen. Es versteht sich, dass die allgemein offenbarten Konzepte als modular zu verstehen sind und in jeder Kombination, Permutation oder Synthese davon umgesetzt werden können. Darüber hinaus sollten alle Modifikationen, Änderungen oder Äquivalente der hierin offenbarten Merkmale, Funktionen und Konzepte, die Fachleute beim Lesen der vorliegenden Beschreibungen erkennen, ebenfalls als in den Umfang dieser Offenbarung fallend angesehen werden.

Patentansprüche

1. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren, wobei das Verfahren aufweist:
Empfangen einer Anforderung, eine Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband zu lesen;
Erhalten eines Bandverzeichnisses, das Bereiche auf dem Magnetband identifiziert, in denen die Dateien gespeichert sind;
Verwenden des Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der physischen Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist;
Erzeugen einer ersten Lesereihenfolge von Dateien einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem ersten physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der Dateien der ersten Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband; und
gleichzeitig:
Erzeugen einer zweiten Lesereihenfolge von Dateien einer zweiten Teilmenge der Dateien, die in einem zweiten physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der Dateien der zweiten Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband, und Anweisen eines Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten

Teilmenge gemäß der ersten Lesereihenfolge zu lesen.

2. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach Anspruch 1, wobei die physischen Orte der Dateien der ersten Teilmenge bei deren Sortieren unverändert bleiben und/oder die Dateien der ersten Teilmenge in der ersten Leserreihenfolge nach deren ersten Datensatznummern auf dem Magnetband sortiert sind.

3. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Sortieren der zweiten Teilmenge der Dateien und das Anweisen des Bandlaufwerks, jede der Dateien in der ersten Teilmenge zu lesen, parallel ausgeführt werden.

4. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend:
gleichzeitig:
Erzeugen einer nachfolgenden Lesereihenfolge von Dateien einer nachfolgenden Teilmenge der Dateien, die in einem nachfolgenden physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der Dateien der nachfolgenden Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband; und
Anweisen des Bandlaufwerks, jede der Dateien in der zweiten Teilmenge gemäß der zweiten Lesereihenfolge zu lesen.

5. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach Anspruch 4, ferner aufweisend:
Ausführen eines iterativen Verfahrens, welches umfasst:
Ermitteln, ob alle Dateien sortiert wurden;
als Reaktion auf ein Feststellen, dass eine oder mehrere der Dateien nicht sortiert wurden, Vorrücken zu einer nächsten nachfolgenden Teilmenge der Dateien; und
gleichzeitig:
Erzeugen einer nachfolgenden Lesereihenfolge von Dateien der nächsten nachfolgenden Teilmenge der Dateien, die in einem nächsten nachfolgenden physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der Dateien der nächsten nachfolgenden Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband, und
Anweisen des Bandlaufwerks, jede der Dateien in der vorherigen nachfolgenden Teilmenge gemäß der vorherigen nachfolgenden Lesereihenfolge zu lesen.

6. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach Anspruch 5, ferner aufweisend:
als Reaktion auf ein Feststellen, dass alle Dateien sortiert wurden, Anweisen des Bandlaufwerks, jede der Dateien in der nächsten nachfolgenden Teilmenge gemäß der nächsten nachfolgenden Lesereihenfolge zu lesen.

7. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend:
Empfangen von Informationen, die aus jeder der Dateien in der ersten Teilmenge gelesen wurden;
Senden der empfangenen Informationen an eine Speichereinheit; und
Senden einer oder mehrerer Anweisungen zum Speichern einer Kopie der empfangenen Informationen in der Speichereinheit.

8. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeder Bereich einer Hälfte einer vollständigen Wicklung auf dem Magnetband entspricht.

9. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das von einem Computer umgesetzte Verfahren von einem Host-Server ausgeführt wird, der mit dem Bandlaufwerk verbunden ist.

10. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Host-Server ein Linear Tape File System (LTFS) umsetzt.

11. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verwenden des Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist, umfasst:
Identifizieren eines Bereichs von Blöcken, die zu der gegebenen Datei gehören; und
Zuordnen der gegebenen Datei zu einem Bereich auf dem Magnetband, der den Bereich von Blöcken enthält, die zu der gegebenen Datei gehören.

12. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Erzeugen einer gegebenen Lesereihenfolge von Dateien einer gegebenen Teilmenge der Dateien, die in einem gegebenen physischen Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, durch das Sortieren der gegebenen Teilmenge nach deren physischen Orten auf dem Magnetband umfasst:
Verwenden eines physischen Ortes jeder der Dateien, die in dem gegebenen physischen Bereich gespeichert sind, zum Bestimmen der gegebenen Lesereihenfolge, so dass ein Ausmaß an Kopfneupositionierungen minimiert wird, die durch das Bandlaufwerk durchgeführt werden, während die Dateien gemäß der gegebenen Lesereihenfolge gelesen werden.

13. Durch einen Computer umgesetztes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Datenzugriffszeit, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in der ersten Teilmenge gemäß der ersten Lesereihenfolge erfahren wird, kleiner als eine Datenzugriffszeit ist, die als Ergebnis des Lesens jeder der Dateien in der ersten Teilmenge in einer anderen Lesereihenfolge als der ersten Lesereihenfolge erfahren wird.

14. Computerprogrammprodukt, das ein von einem Computer lesbares Speichermedium mit darin verkörperten Programmanweisungen aufweist, wobei die Programmanweisungen durch einen Prozessor lesbar und/oder ausführbar sind, um den Prozessor zu veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 auszuführen.

15. Computerprogramm, das auf einem von einem Computer lesbaren Medium gespeichert ist und in den internen Speicher eines digitalen Computers ladbar ist, das Softwarecodeabschnitte aufweist, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 auszuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

16. System, aufweisend:
einen Prozessor; und
in den Prozessor integrierte, durch den Prozessor ausführbare oder in den Prozessor integrierte und durch diesen ausführbare Logik, wobei die Logik konfiguriert ist, um ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 durch den Prozessor auszuführen.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

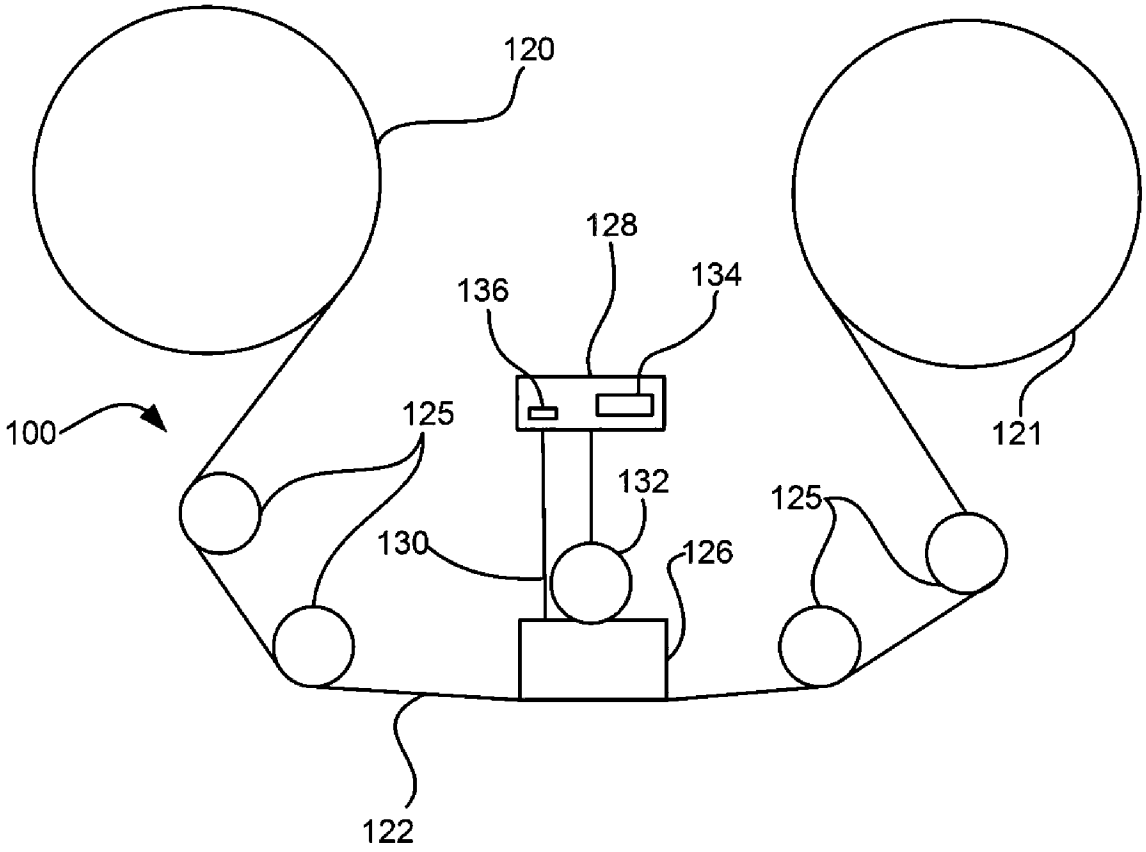


FIG. 1A

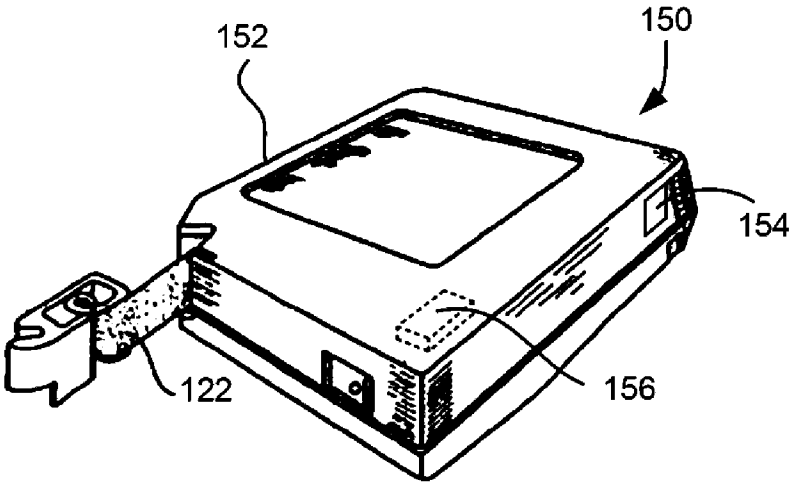


FIG. 1B

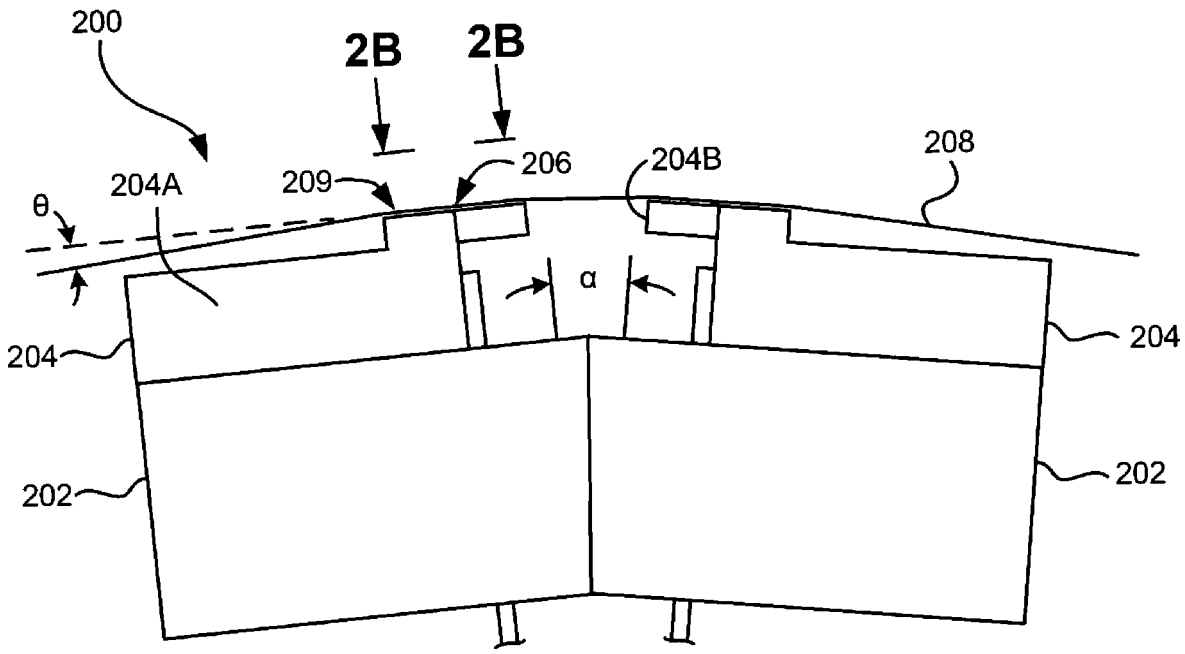

200
2B
2B
206
204B
208
204A
209
θ
α
204
204
202
202

FIG. 2A

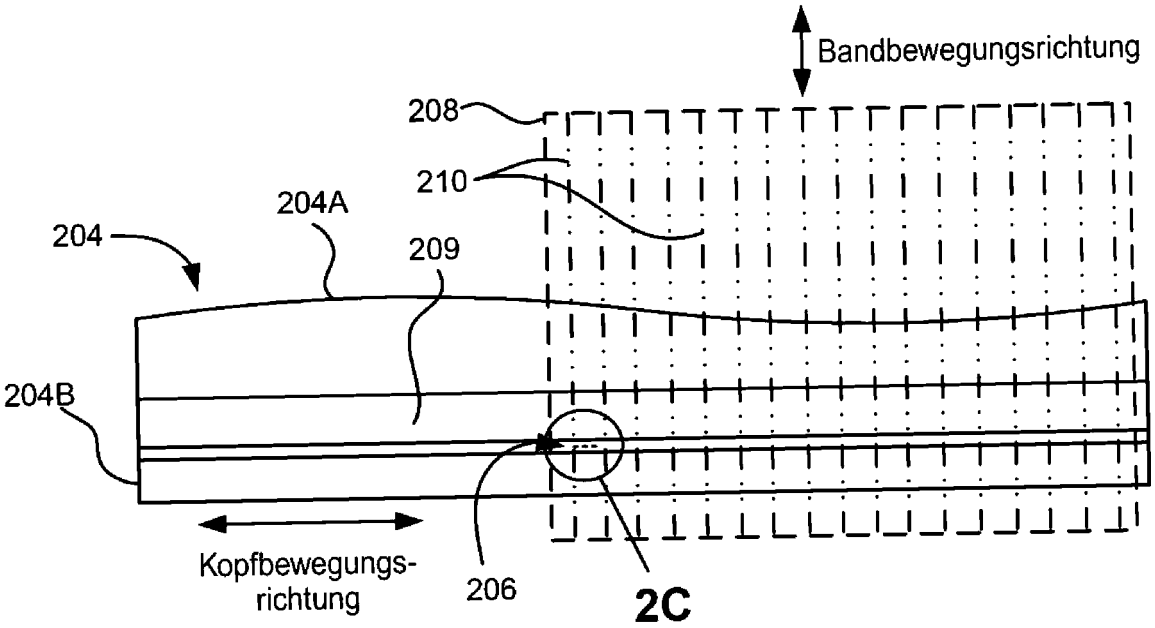

Bandbewegungsrichtung
208
210
204A
204
209
204B
Kopfbewegungs-
richtung
206
2C

FIG. 2B

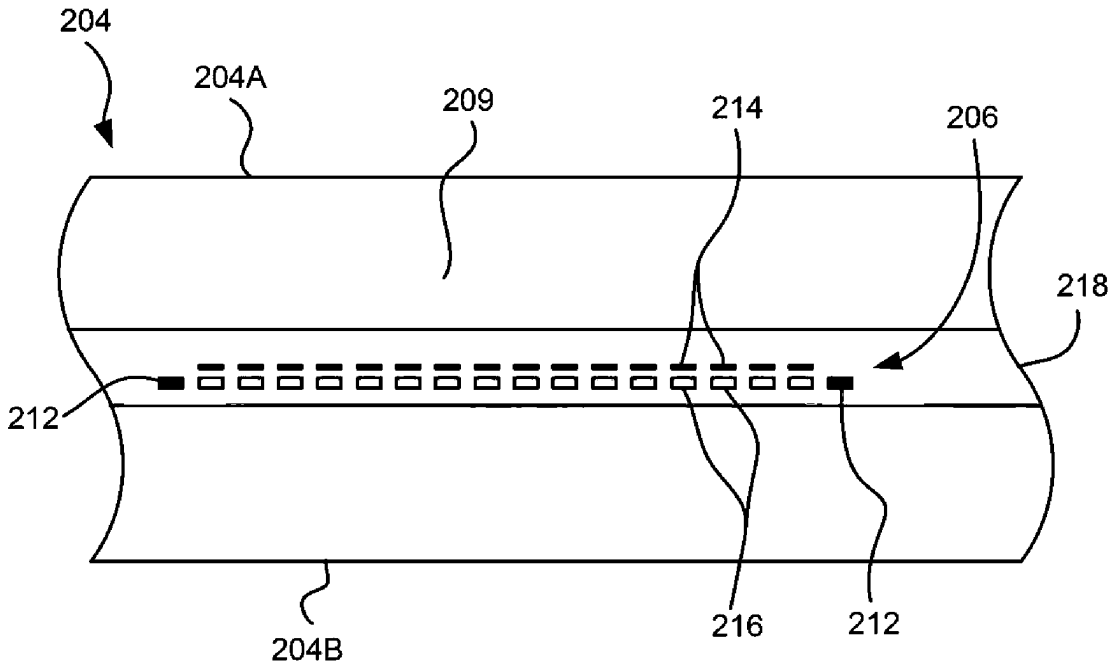

204
204A
209
214
206
218
212
216
212
204B

FIG. 2C

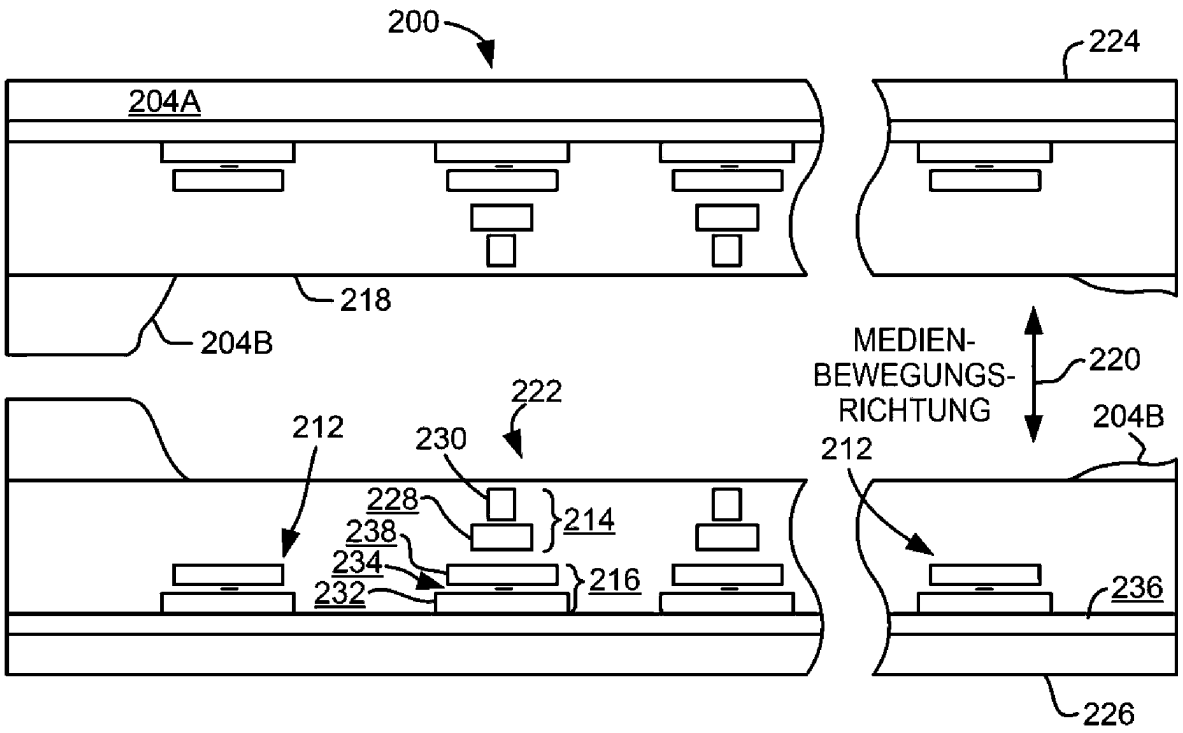

200
224
204A
218
204B
MEDIEN-
BEWEGUNGS-
RICHTUNG
220
222
212
230
204B
212
228
214
238
234
216
232
236
226

FIG. 2D

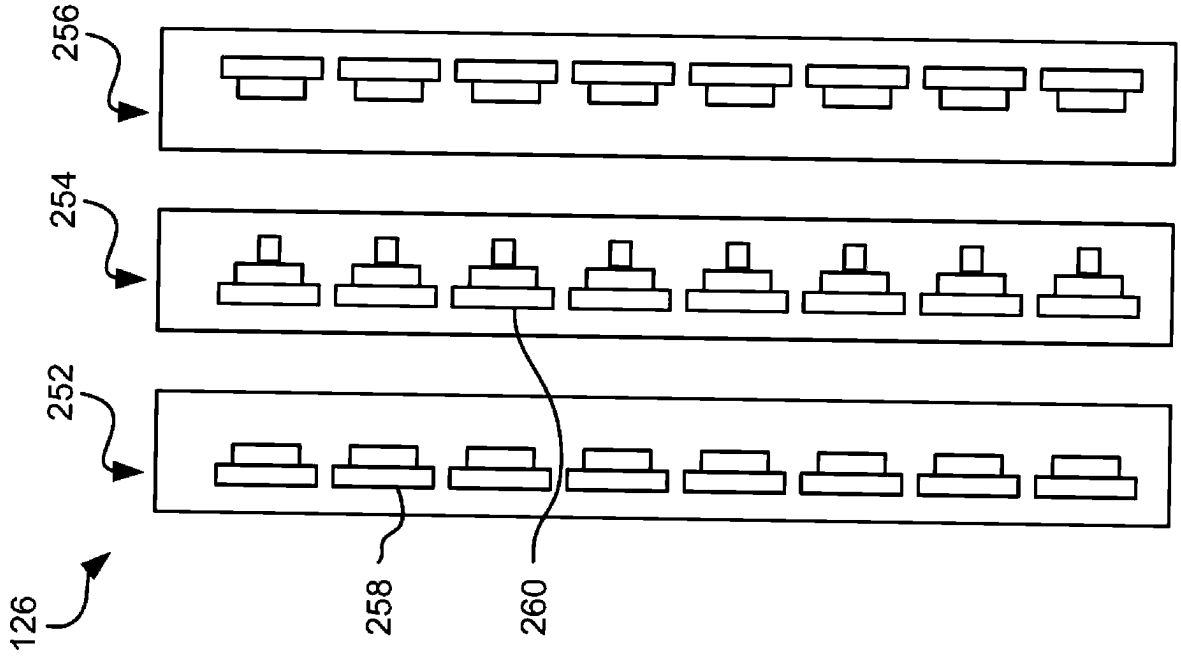


FIG. 4

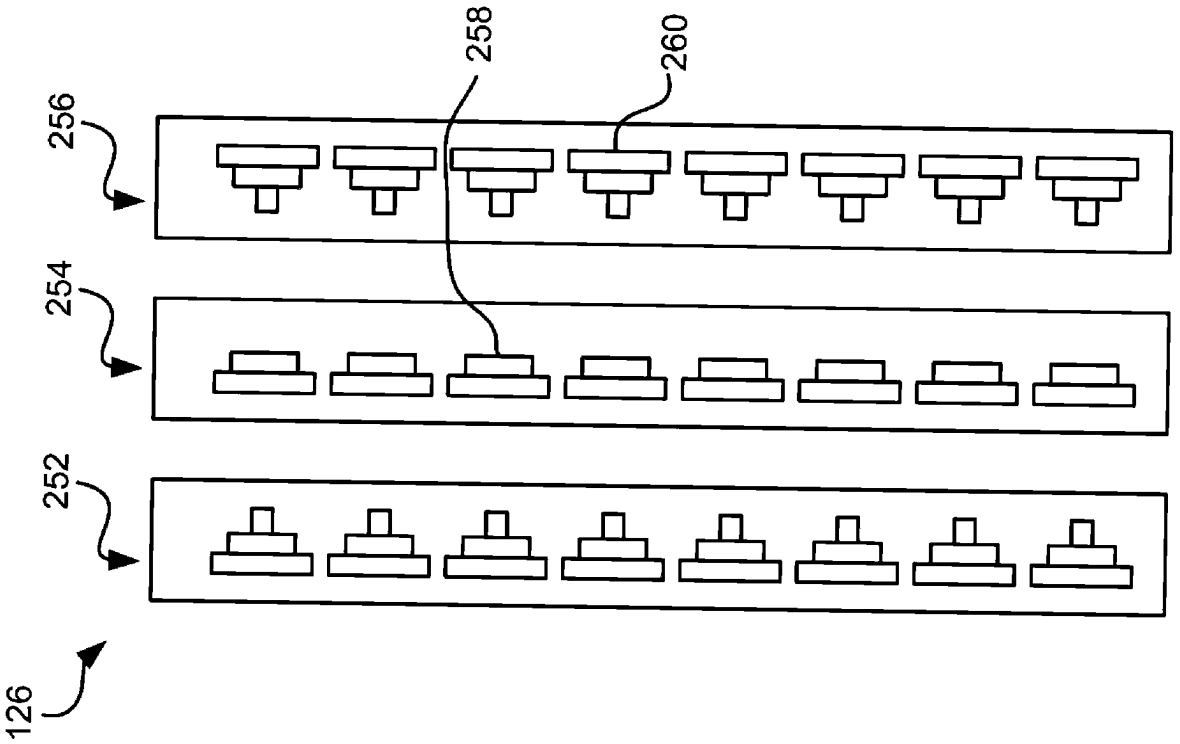


FIG. 3

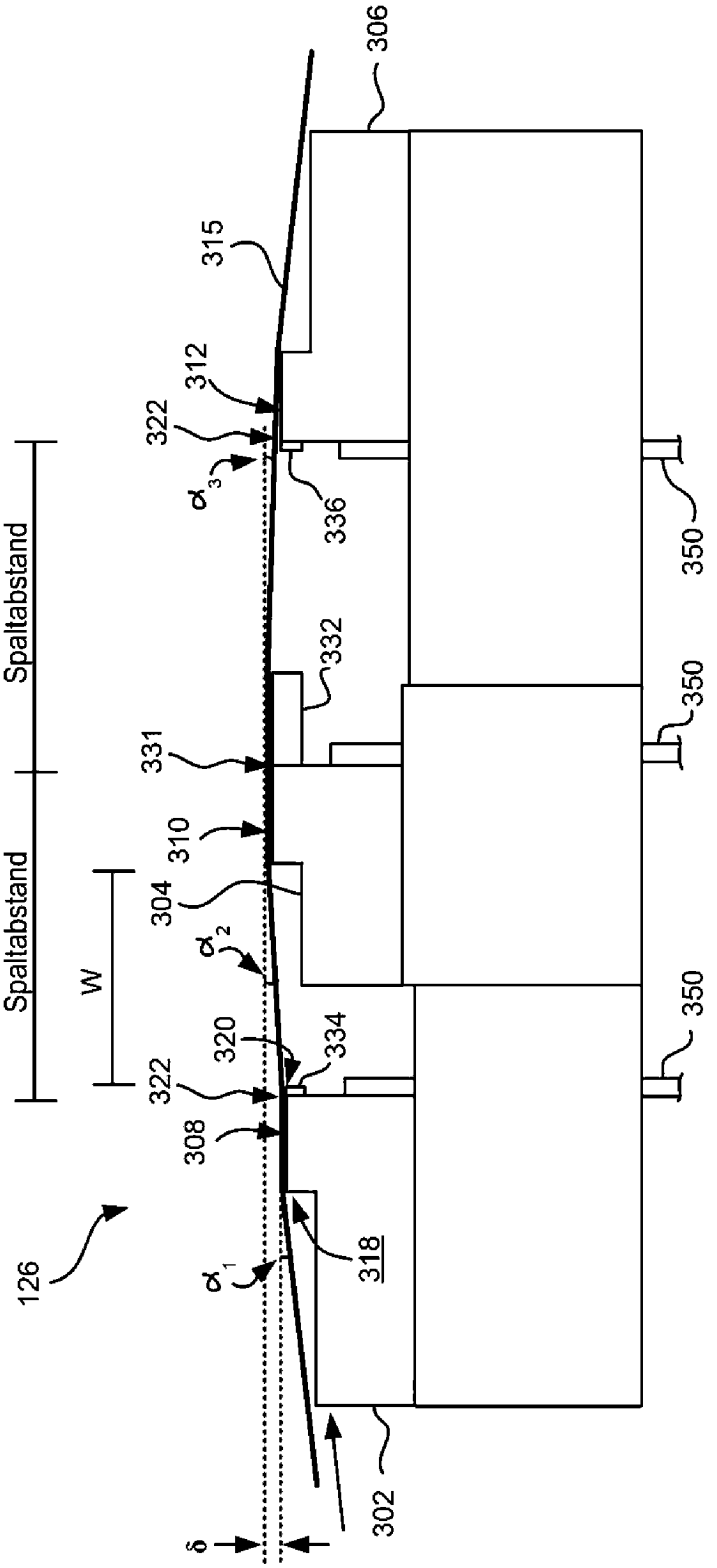

306
315
312
322
α3
336
350
Spaltabstand
332
350
331
310
304
Spaltabstand
W
α2
350
320
334
322
308
126
α1
318
302
δ

FIG. 5

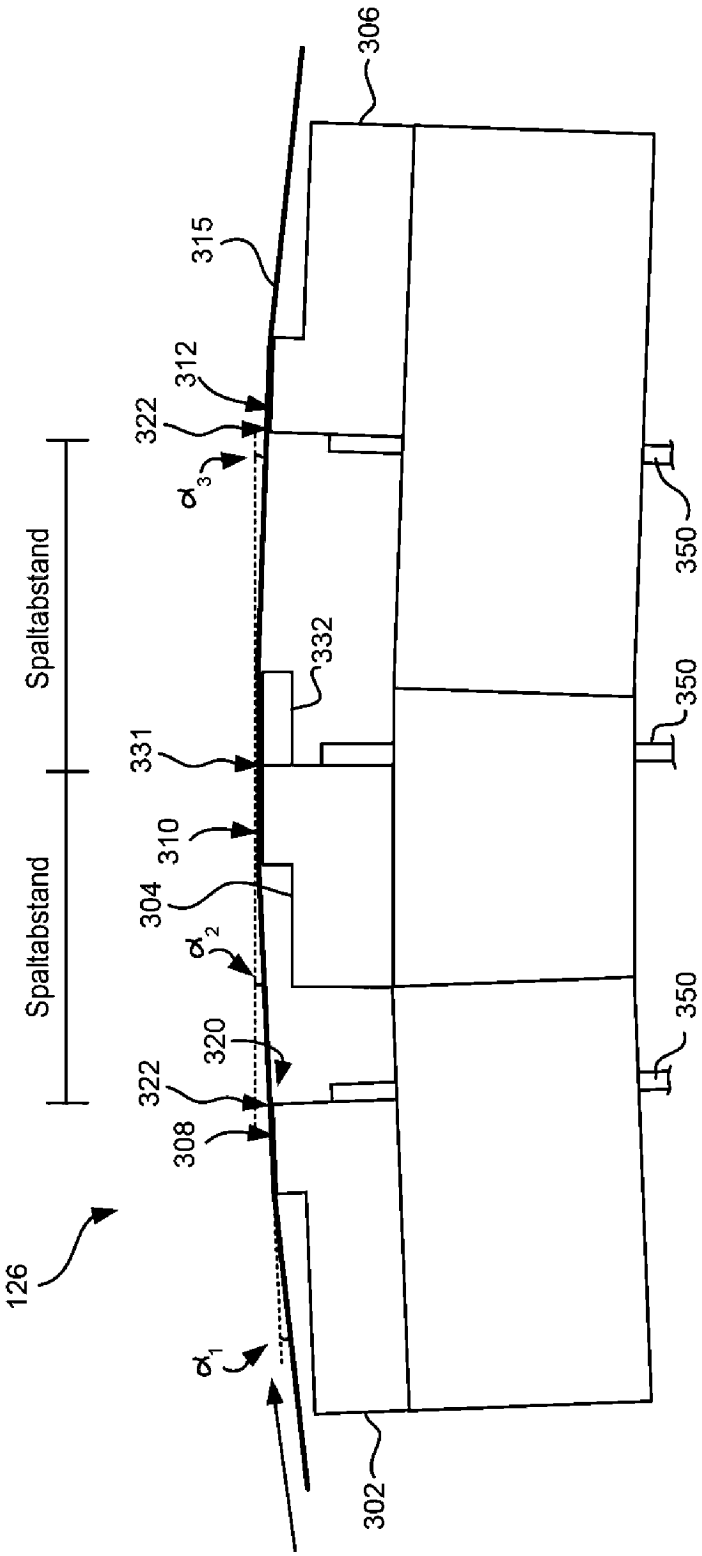

306
315
312
322
α_3
Spaltabstand
332
331
310
304
α_2
Spaltabstand
320
322
308
126
α_1
302
350
350
350

FIG. 6

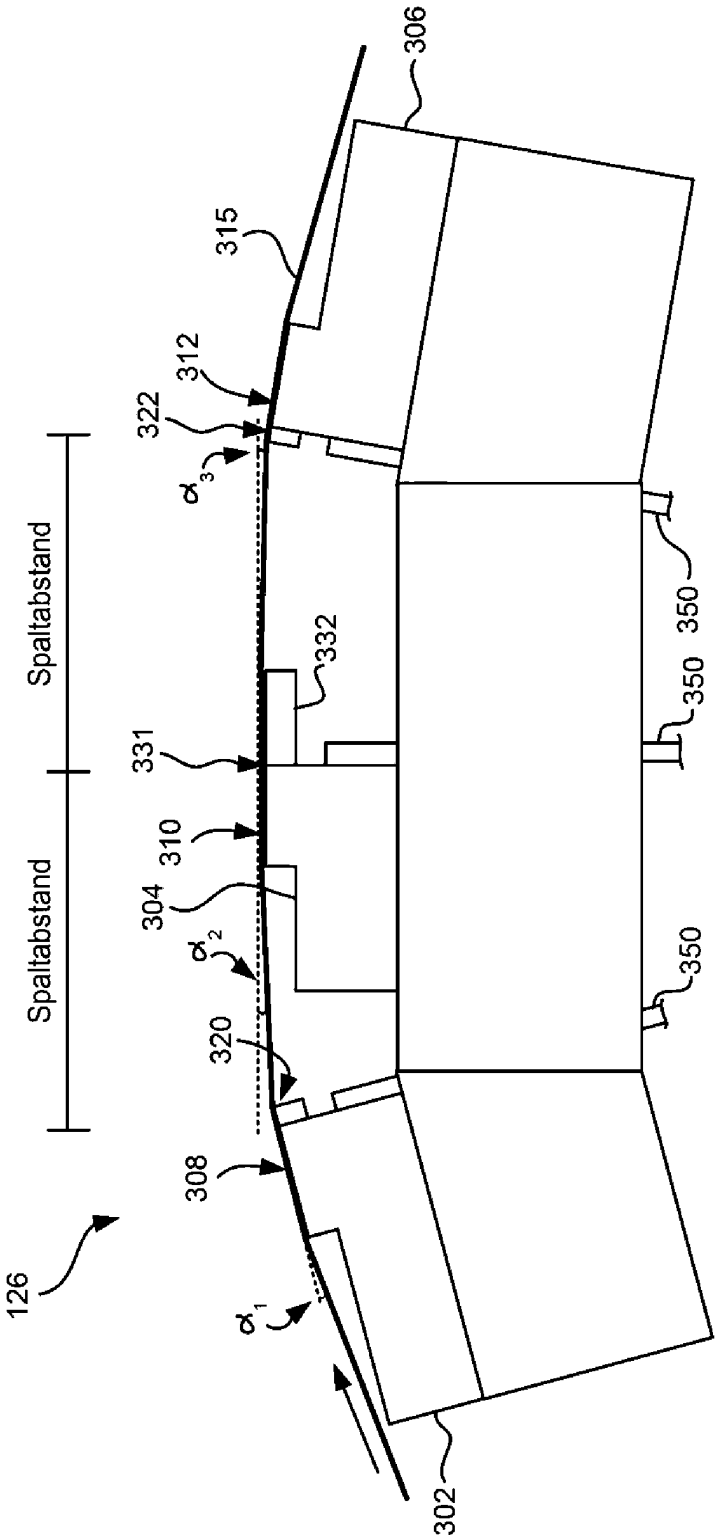

306
315
312
322
α_3
Spaltabstand
332
331
310
304
α_2
Spaltabstand
320
308
126
α_1
302
350
350
350

FIG. 7

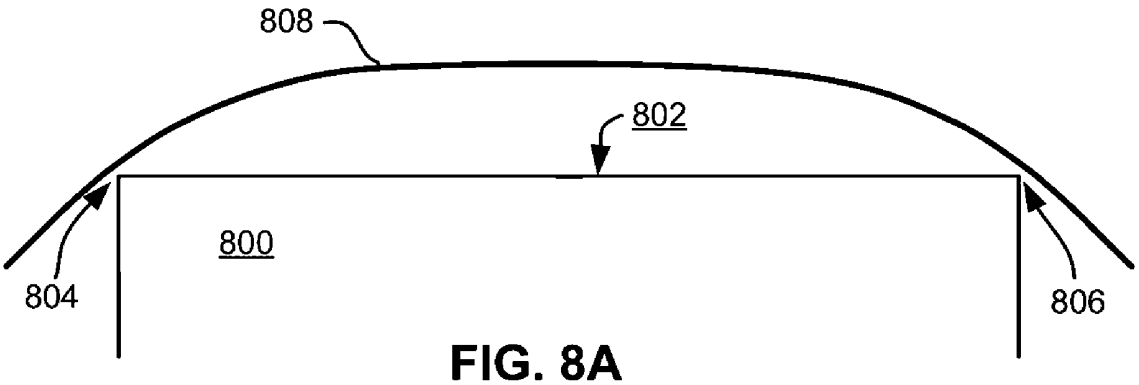


FIG. 8A

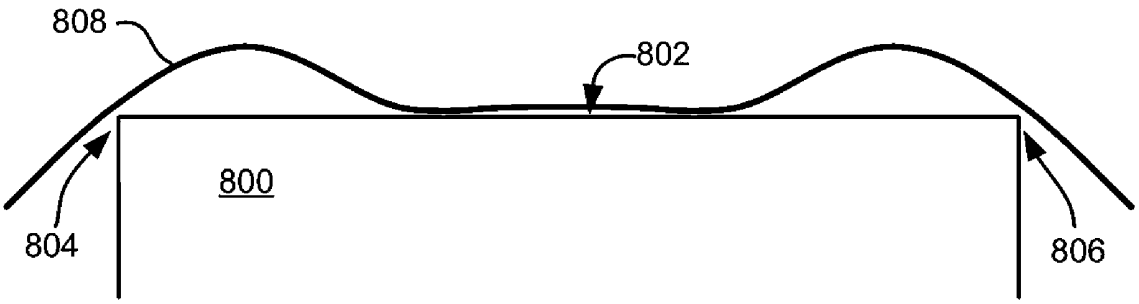


FIG. 8B

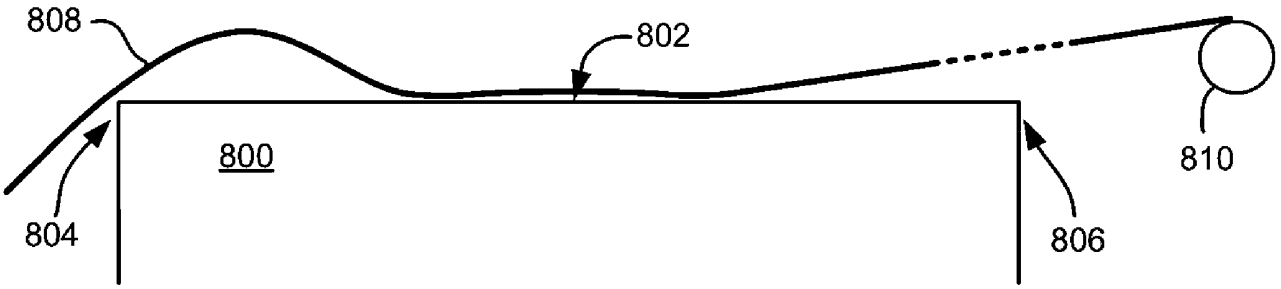


FIG. 8C

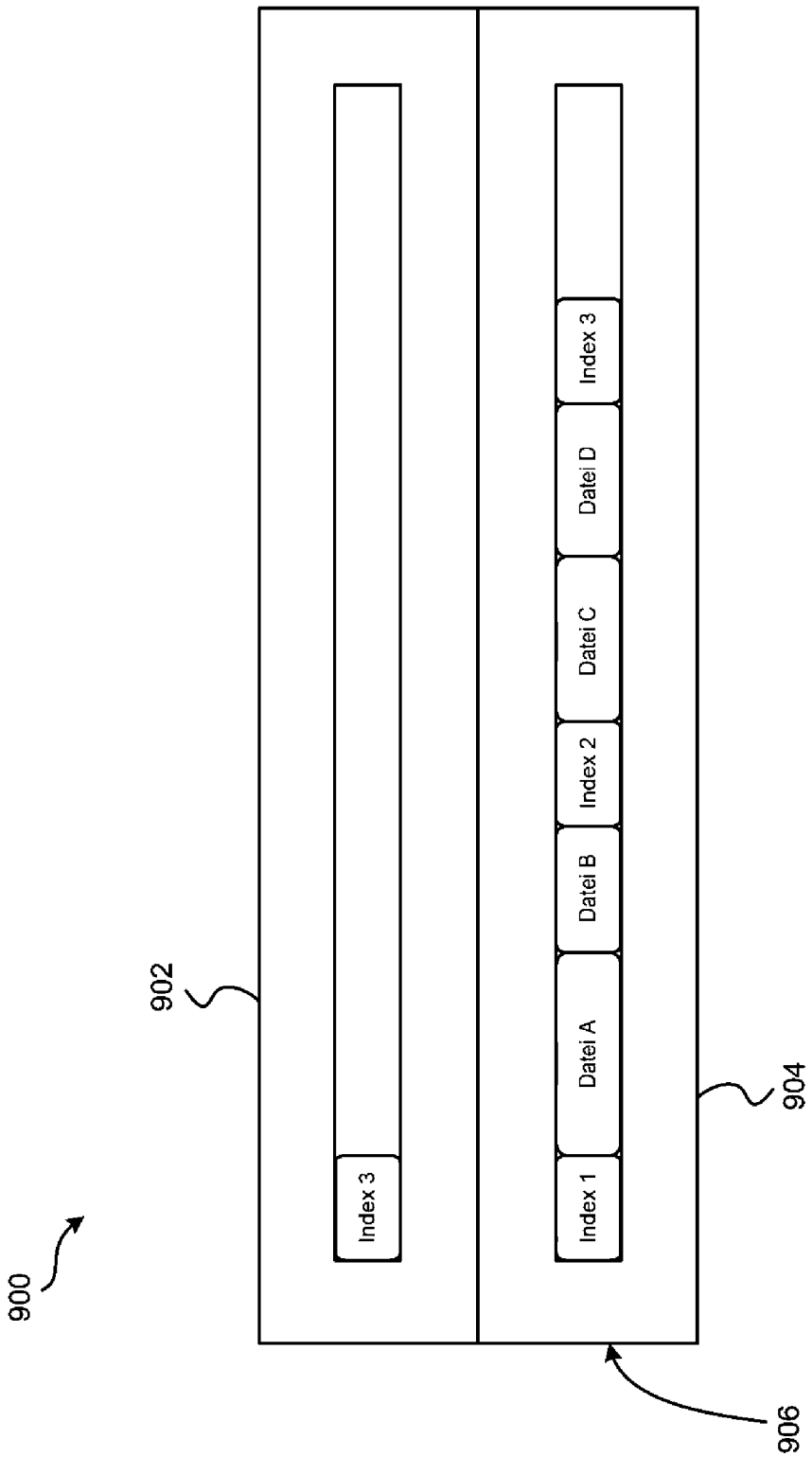

900
902
904
906
Index 3
Index 1
Datei A
Datei B
Index 2
Datei C
Datei D
Index 3

FIG. 9

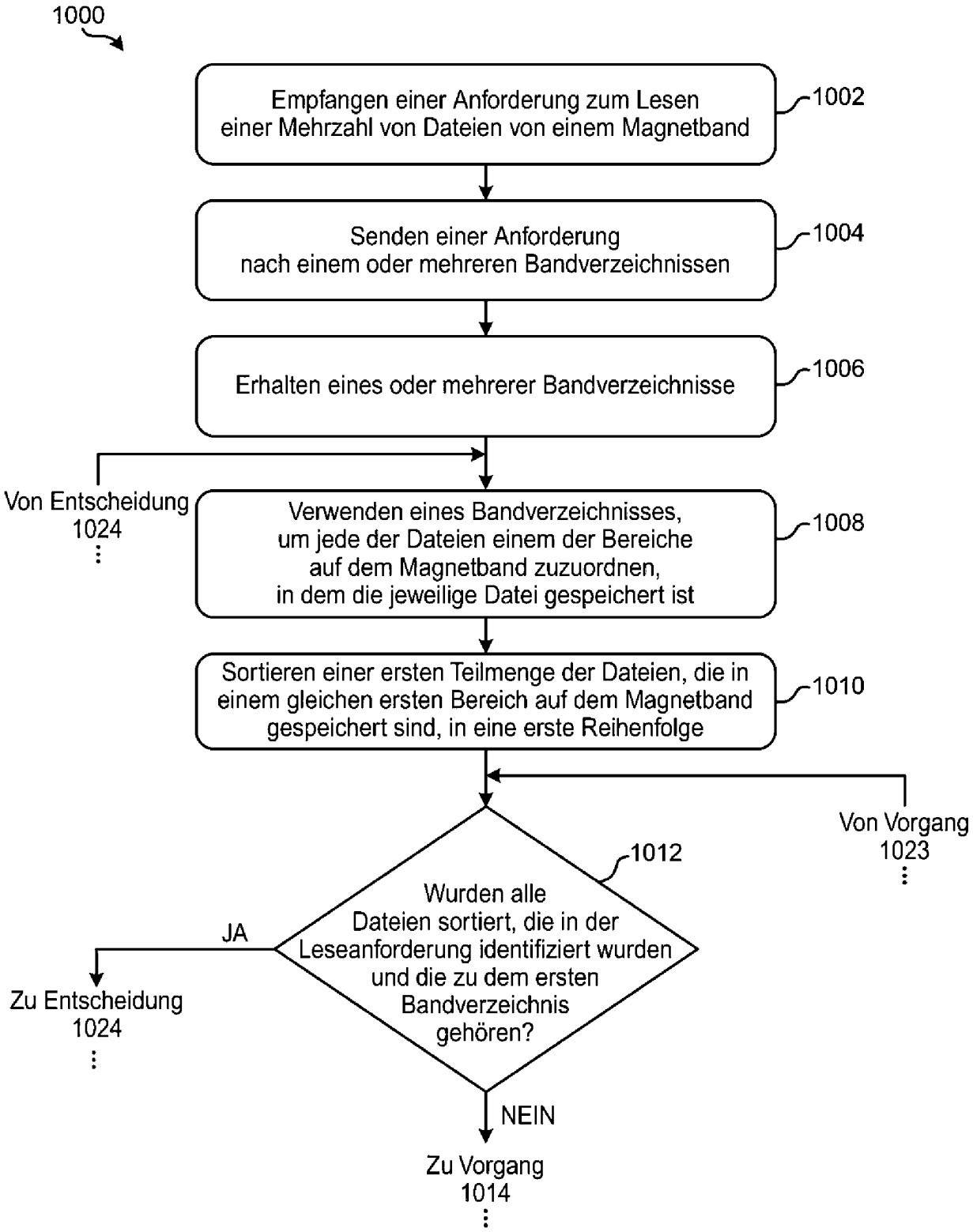

1000
Empfangen einer Anforderung zum Lesen einer Mehrzahl von Dateien von einem Magnetband
1002
Senden einer Anforderung nach einem oder mehreren Bandverzeichnissen
1004
Erhalten eines oder mehrerer Bandverzeichnisse
1006
Von Entscheidung 1024
Verwenden eines Bandverzeichnisses, um jede der Dateien einem der Bereiche auf dem Magnetband zuzuordnen, in dem die jeweilige Datei gespeichert ist
1008
Sortieren einer ersten Teilmenge der Dateien, die in einem gleichen ersten Bereich auf dem Magnetband gespeichert sind, in eine erste Reihenfolge
1010
Von Vorgang 1023
1012
Wurden alle Dateien sortiert, die in der Leseanforderung identifiziert wurden und die zu dem ersten Bandverzeichnis gehören?
JA
Zu Entscheidung 1024
NEIN
Zu Vorgang 1014

FIG. 10

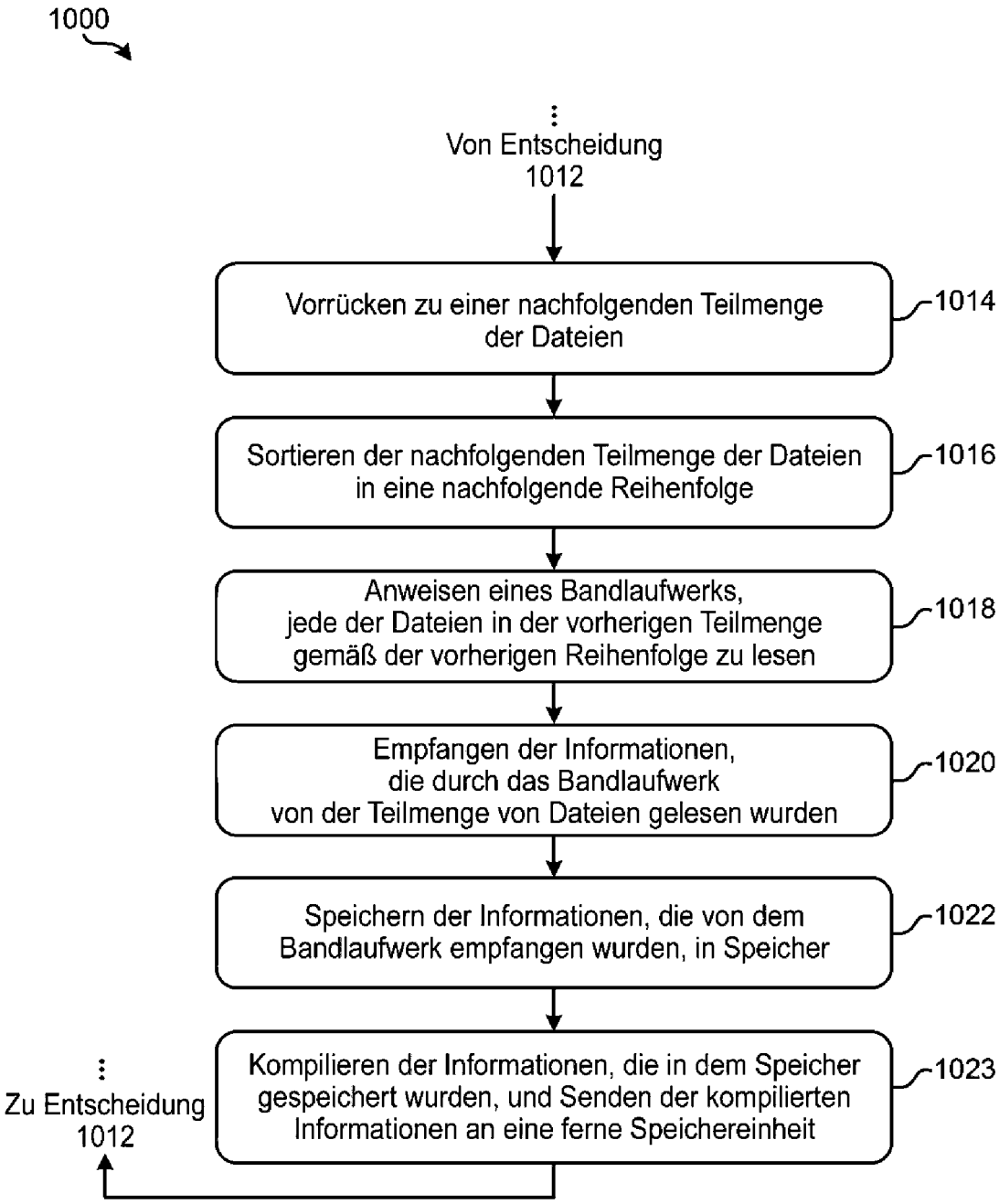


FIG. 10
(Fortsetzung)

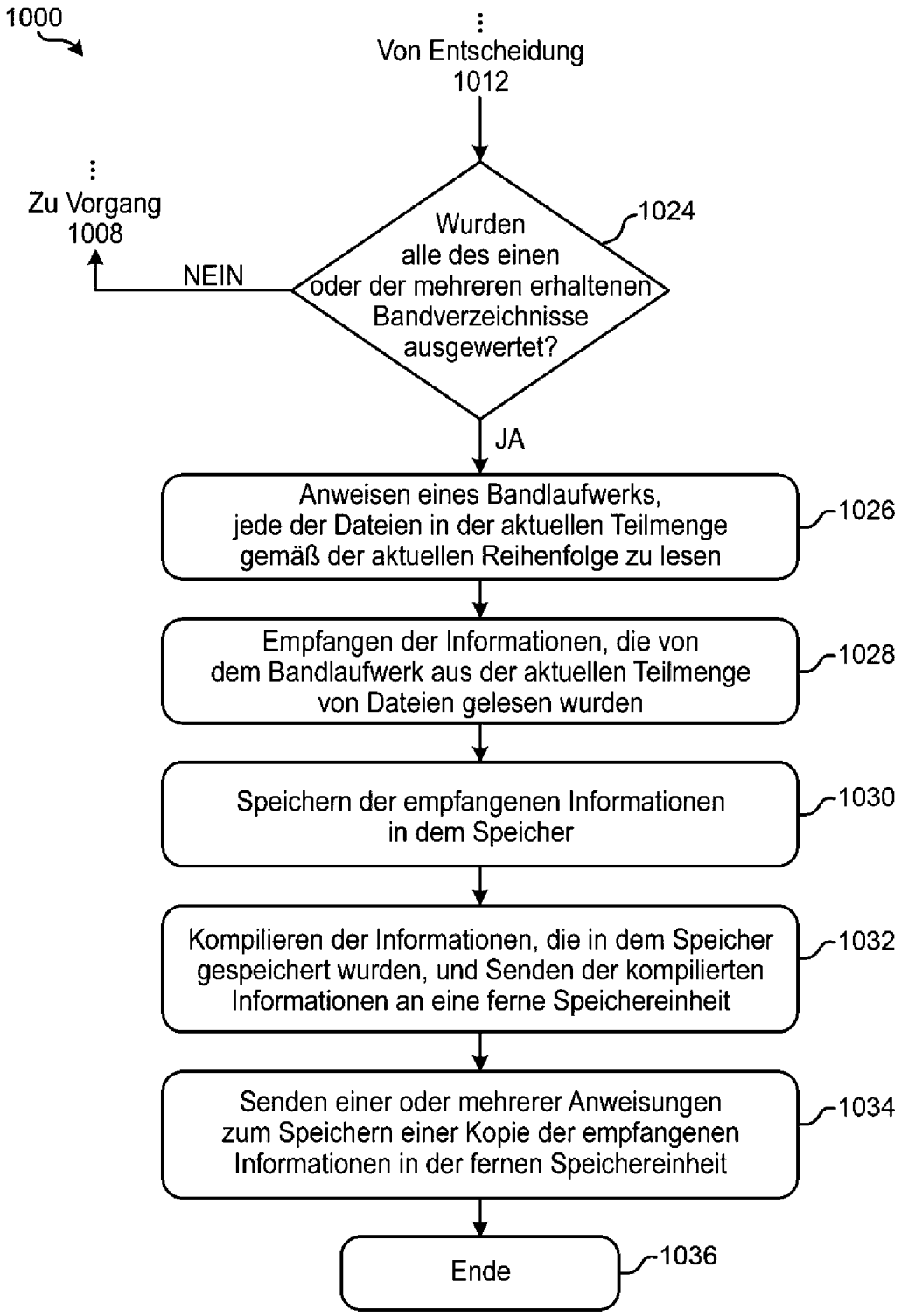


FIG. 10
(Fortsetzung)

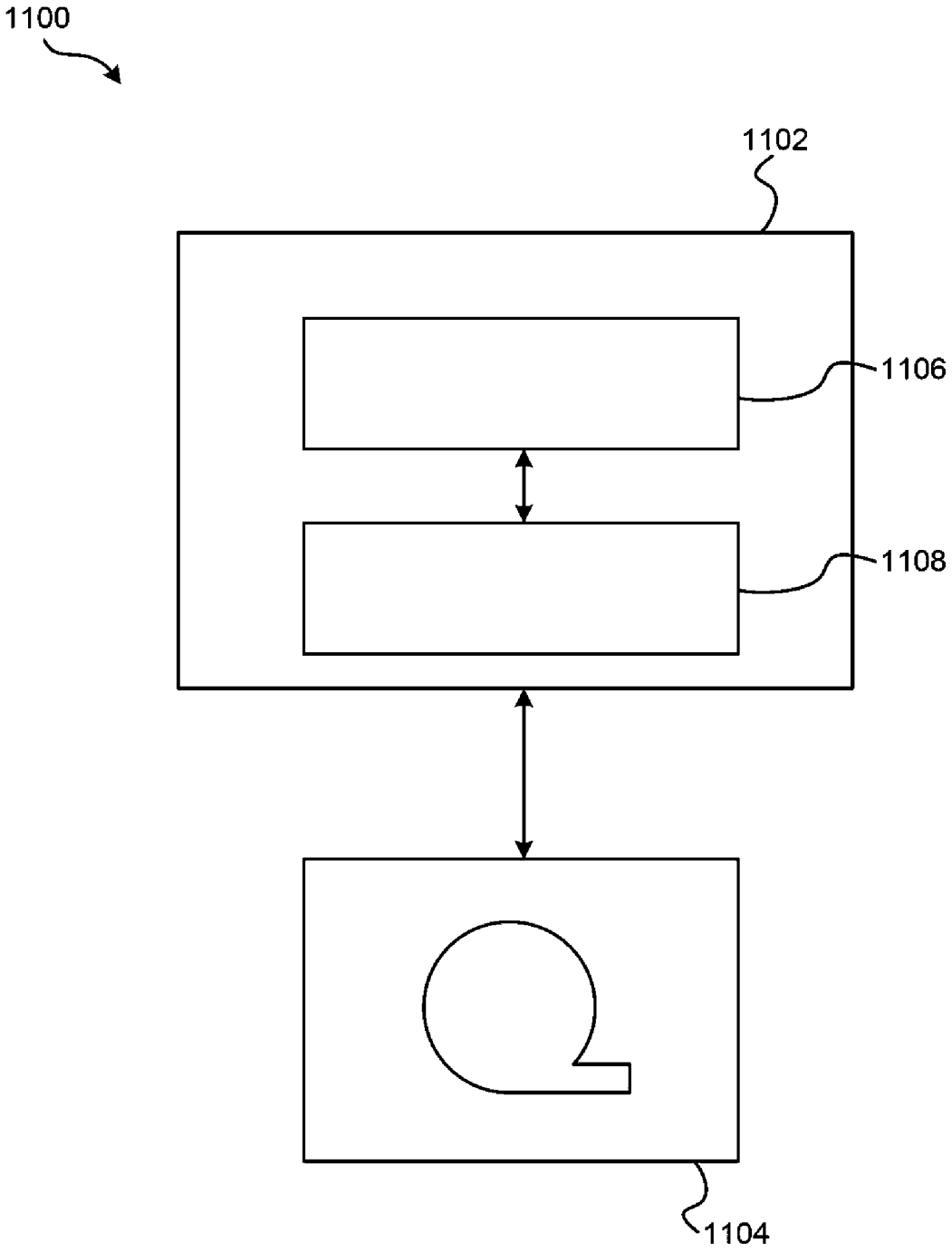


FIG. 11

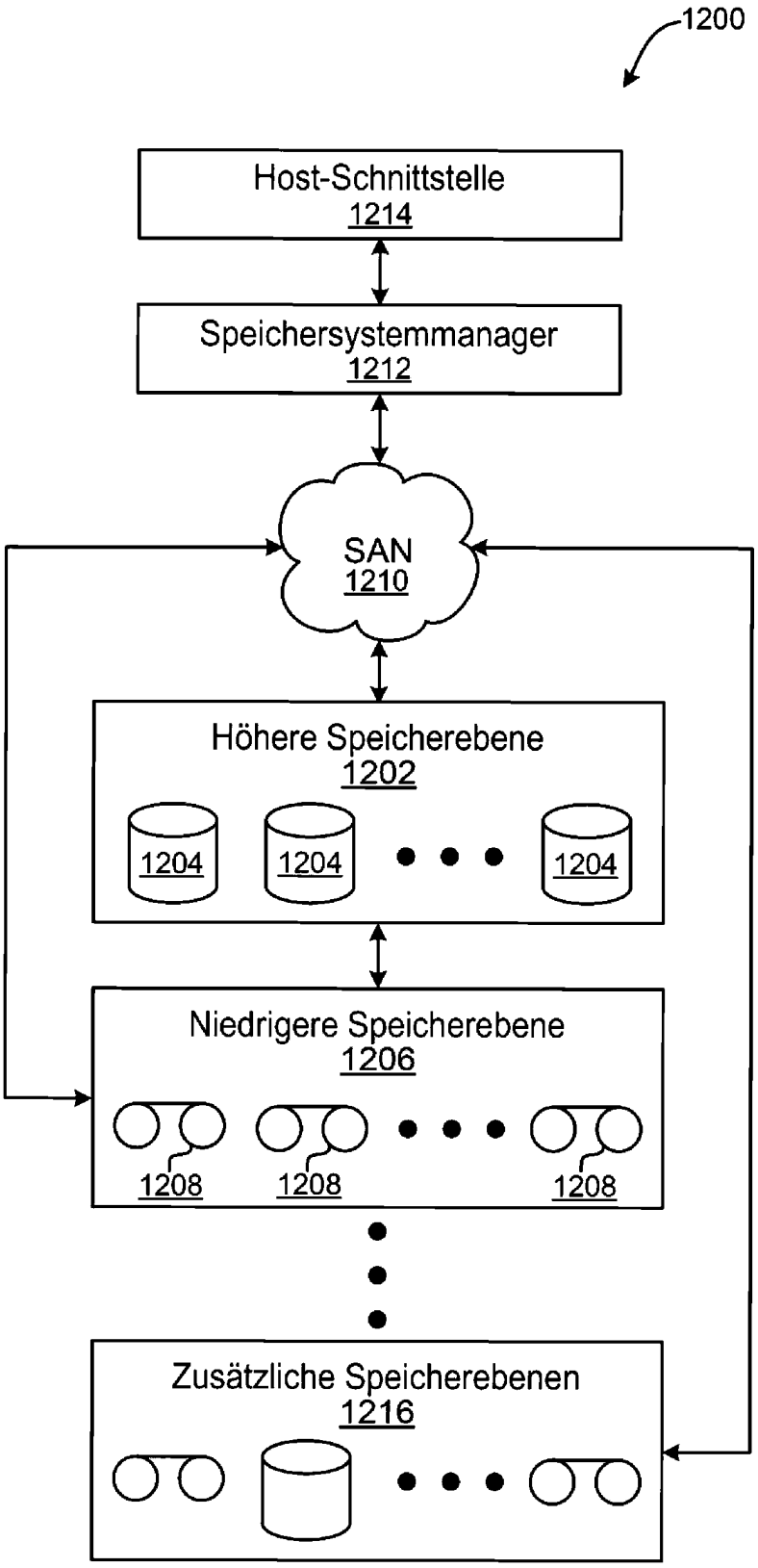


FIG. 12

 Das Dokument wurde durch die Firma Luminess hergestellt.