



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/034976**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 003 133.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2018/056028**
(86) PCT-Anmeldetag: **10.08.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **21.02.2019**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **05.03.2020**

(51) Int Cl.: **G06F 12/08 (2016.01)**

(30) Unionspriorität:
15/680,577 18.08.2017 US

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

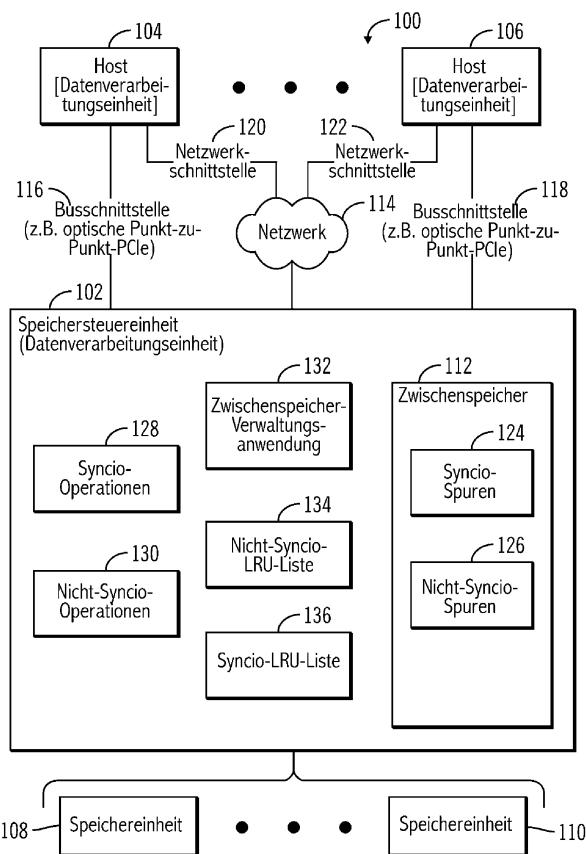
(71) Anmelder:
International Business Machines Corporation, Armonk, N.Y., US

(72) Erfinder:
Gupta, Lokesh, Tucson, Ariz., US; Ash, Kevin J., Tucson, Ariz., US; Anderson, Kyler, Tucson, AZ, US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **ZWISCHENSPEICHERVERWALTUNG**



(57) Zusammenfassung: Eine Liste einer ersten Art von Spuren in einem Zwischenspeicher wird erzeugt. Eine Liste einer zweiten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher wird erzeugt, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller abgeschlossen werden als bei der zweiten Art von Spuren. Es wird ermittelt, ob eine Spur in der Liste der ersten Art von Spuren oder in der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist.

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Ausführungsformen beziehen sich auf eine Zwischenspeicherverwaltung, die auf Arten von Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) beruht.

Hintergrund der Erfindung

[0002] In bestimmten Speichersystemumgebungen kann eine Speichersteuereinheit (oder ein Speichersteuereinheitskomplex) eine Mehrzahl von Speicherservern aufweisen, die miteinander verbunden sind. Die Speichersteuereinheit ermöglicht es Host-Datenverarbeitungssystemen, Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) durchzuführen, bei denen die Speichereinheiten von der Speichersteuereinheit gesteuert werden, wobei die Host-Datenverarbeitungssysteme als Hosts bezeichnet werden können.

[0003] Die Speichersteuereinheit weist einen Zwischenspeicher auf, der Daten speichert, sodass künftige Anforderungen nach diesen Daten vom Host schneller bearbeitet werden können. Daten können viel schneller in den Zwischenspeicher geschrieben oder aus dem Zwischenspeicher gelesen werden, als in die Speichereinheit geschrieben oder aus der Speichereinheit gelesen werden. Ein Zwischenspeichertreffer liegt vor, wenn sich vom Host angeforderte Daten im Zwischenspeicher befinden, während ein Zwischenspeicherfehltreffer vorliegt, wenn die angeforderten Daten nicht im Zwischenspeicher gefunden werden können. Bei Zwischenspeichertreffern können Daten aus dem Zwischenspeicher gelesen werden, was schneller ist, als Daten aus einer Speichereinheit zu lesen, die mit der Speichersteuereinheit verbunden ist.

[0004] Wenn ein Zwischenspeicher wenig Platz oder Segmente hat, muss der Zwischenspeicher Datenelemente aus dem Zwischenspeicher entfernen, und dieses Entfernen von Datenelementen aus dem Zwischenspeicher wird als Herabstufen bezeichnet. Eine Strategie zum Austausch des Zwischenspeicherinhalts kann verwendet werden, um zu ermitteln, welche Datenelemente im Zwischenspeicher herabgestuft werden sollen, um Platz für neue Datenelemente zu schaffen. Bei einer Strategie gemäß „am längsten nicht verwendet“ (least recently used = LRU) werden zuerst die Datenelemente herabgestuft, die am längsten nicht verwendet wurden.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0005] Ein Verfahren, ein System und ein Computerprogrammprodukt für die Zwischenspeicherverwaltung werden bereitgestellt, bei der eine Liste einer

ersten Art von Spuren in einem Zwischenspeicher erzeugt wird. Eine Liste einer zweiten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher wird erzeugt, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller abgeschlossen werden als bei der zweiten Art von Spuren. Es wird ermittelt, ob eine Spur aus der Liste der ersten Art von Spuren oder aus der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist. Dies hat zur Folge, dass die herabgestuften Spuren die Rate von E/A-Operationen erhöhen.

[0006] In weiteren Ausführungsformen handelt es sich bei der ersten Art von Spuren um Syncio-Spuren, wobei zum Durchführen einer E/A-Operation auf einer Syncio-Spur ein Anwendungs-Thread in einer Spin-Schleife gehalten wird und darauf wartet, dass die E/A-Operation abgeschlossen wird. In bestimmten Ausführungsformen kann es daher wünschenswert sein, Syncio-Spuren nicht herabzustufen, um die Rate von E/A-Operationen zu erhöhen.

[0007] In noch weiteren Ausführungsformen handelt es sich bei der zweiten Art von Spuren um Nicht-Syncio-Spuren, wobei zum Durchführen der E/A-Operation auf einer Nicht-Syncio-Spur vermieden wird, den Anwendungs-Thread in der Spin-Schleife zu halten, und wobei zu der Liste der ersten Art von Spuren oder zu der Liste der zweiten Art von Spuren eine Spur hinzugefügt wird, abhängig davon, ob es sich bei einer letzten auf der Spur durchgeföhrten E/A-Operation um eine erste Art von E/A-Operation handelt, die eine Syncio-Operation aufweist, oder um eine zweite Art von E/A-Operation, die eine Nicht-Syncio-Operation aufweist. Indem zwei unterschiedliche Arten von Listen erzeugt werden, wird die Rate von E/A-Operationen somit erhöht.

[0008] In weiteren Ausführungsformen sind die Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der ersten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde, wobei die Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der zweiten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde. Indem zwei unterschiedliche Arten von am längsten nicht verwendeten Listen von Spuren erzeugt werden, wird die Rate von E/A-Operationen somit erhöht.

[0009] In bestimmten Ausführungsformen wird als Reaktion darauf, dass eine Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren geringer ist als ein zuvor festgelegter Faktor einer Lesetrefferquote für Spuren in der ersten Art von Spuren, eine Spur aus der Liste der zweiten Art von Spuren herabgestuft. Infolge des Herabstufens der zweiten Art von Spuren wird die Rate von E/A-Operationen erhöht.

[0010] In zusätzlichen Ausführungsformen werden die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren und die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren auf Grundlage von Lesetreffern in einem zuvor festgelegten unteren Teil der Liste der ersten Art von Spuren und der zweiten Art von Spuren berechnet. Das Herabstufen von Spuren beruht somit darauf, dass Statistiken über eine Reihe von zuletzt verwendeten Spuren gesammelt werden.

[0011] In weiteren Ausführungsformen wird der zuvor festgelegte Faktor angepasst, um eine Rate von Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) zu erhöhen. Wann immer es möglich ist, werden infolgedessen eher Spuren aus einer LRU-Liste von Nicht-Syncio-Spuren herabgestuft als Spuren aus einer LRU-Liste von Syncio-Spuren, es sei denn, die Rate von E/A-Operationen im System nimmt aufgrund dieser Herabstufungen ab.

Figurenliste

[0012] Im Folgenden wird Bezug auf die Zeichnungen genommen, in denen gleiche Bezugszahlen durchweg gleichen Teilen entsprechen:

Fig. 1 veranschaulicht ein Blockschaubild einer Datenverarbeitungsumgebung mit einer Speichersteuereinheit, die mit einem oder mehreren Hosts und einer oder mehreren Speichereinheiten verbunden ist, wobei gemäß bestimmten Ausführungsformen synciogestützte E/A-Operationen vom Host zur Speichersteuereinheit stattfinden;

Fig. 2 veranschaulicht ein Blockschaubild, das zeigt, wie am längsten nicht verwendete Listen (LRU-Listen) von Spuren in der Speichersteuereinheit gemäß bestimmten Ausführungsformen verwaltet werden;

Fig. 3 veranschaulicht einen ersten Ablaufplan, der ein Herabstufen von Spuren aus einer Nicht-Syncio-LRU-Liste oder aus einer Syncio-LRU-Liste gemäß bestimmten Ausführungsformen zeigt;

Fig. 4 veranschaulicht einen zweiten Ablaufplan, der ein Herabstufen von Spuren aus einer Nicht-Syncio-LRU-Liste oder aus einer Syncio-LRU-Liste gemäß bestimmten Ausführungsformen zeigt;

Fig. 5 veranschaulicht einen Ablaufplan, der zeigt, wie eine Lesetrefferquote gemäß bestimmten Ausführungsformen berechnet wird;

Fig. 6 veranschaulicht ein Blockschaubild, das zeigt, wie ein zuvor festgelegter Faktor für ein Herabstufen von Spuren gemäß bestimmten Ausführungsformen berechnet wird;

Fig. 7 veranschaulicht einen Ablaufplan, der ein Herabstufen von Spuren auf Grundlage eines Erzeugens von Listen von zwei unterschiedlichen Arten von Spuren gemäß bestimmten Ausführungsformen zeigt;

Fig. 8 veranschaulicht ein Blockschaubild einer Cloud-Computing-Umgebung gemäß bestimmten Ausführungsformen;

Fig. 9 veranschaulicht ein Blockschaubild mit weiteren Einzelheiten der Cloud-Computing-Umgebung von **Fig. 8** gemäß bestimmten Ausführungsformen; und

Fig. 10 veranschaulicht ein Blockschaubild eines Datenverarbeitungssystems, das bestimmte Elemente zeigt, die wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 9** gemäß bestimmten Ausführungsformen beschrieben in der Speichersteuereinheit oder dem Host enthalten sein können.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0013] In der nachfolgenden Beschreibung wird Bezug auf die Begleitzzeichnungen genommen, die Teil hieron sind und mehrere Ausführungsformen veranschaulichen. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen verwendet und strukturelle und funktionsbezogene Änderungen vorgenommen werden können.

[0014] Syncio (auch als sync I/O (Sync-E/A) bezeichnet) weist eine dazugehörige Hardware und ein Protokoll für Datenverarbeitungseinheiten auf. Syncio ist für wahlfreie Leseoperationen mit sehr geringer Latenz und sequenzielle Schreiboperationen mit kleinen Blöcken vorgesehen. Syncio-Verbindungen zwischen Datenverarbeitungseinheiten können über optische Punktzu-Punkt-Peripheral-Component-Interconnect Express-Schnittstellen (PCIe-Schnittstellen) erfolgen. Syncio-Operationen verhalten sich anders als herkömmliche E/A-Operationen, da bei Syncio-Operationen eine Host-Datenverarbeitungseinheit einen Anwendungs-Thread in einer Spin-Schleife halten kann, während dieser auf den Abschluss der E/A-Operation wartet. Auf diese Weise wird vermieden, dass Prozessorzyklen die beiden Kontexttauschs herkömmlicher E/A durchführen müssen, dass Operationen durchgeführt werden müssen, um den E/A-Thread in den Ruhezustand zu versetzen und dann den E/A-Thread neu zuzuteilen, und dass eine E/A-Unterbrechung ausgeführt werden muss.

[0015] Der Code-Pfad in einer Datenverarbeitungseinheit muss in hohem Maße optimiert werden, um die Zeitanforderungen für eine Syncio-Operation zu erfüllen. Bedingungen, die eine Syncio-Operation verzögern wie z.B. ein Zwischenspeicherfehler, können einen Status erzeugen, der anzeigt, dass die Syncio-Operation nicht durchgeführt werden kann,

und die Syncio-Operation muss möglicherweise erneut versucht werden. Da eine Syncio-Operation nur dann erfolgreich durchgeführt werden kann, wenn ein Zwischenspeichertreffer vorliegt, werden bestimmte Ausführungsformen bereitgestellt, um Zwischenspeichertreffer für Syncio-Operationen zu erhöhen. In dem getrennte am längsten nicht verwendete Listen (LRU-Listen) für Syncio-Spuren und Nicht-Syncio-Spuren verwaltet und Herabstufungsmechanismen auf Grundlage der getrennten LRU-Listen verwendet werden, werden in diesen Ausführungsformen Syncio-Operationen im Vergleich zu Ausführungsformen, in denen nur eine einzelne LRU-Liste verwaltet wird, schneller ausgeführt. Wann immer es möglich ist, werden in bestimmten Ausführungsformen eher Spuren aus der LRU-Liste von Nicht-Syncio-Spuren herabgestuft als Spuren aus der LRU-Liste von Syncio-Spuren, es sei denn, die Rate von E/A-Operationen im System nimmt aufgrund dieser Herabstufungen ab.

Beispielhafte Ausführungsformen

[0016] Fig. 1 veranschaulicht gemäß bestimmten Ausführungsformen ein Blockschaubild einer Datenverarbeitungsumgebung **100** mit einer Speichersteuereinheit **102**, die mit einem oder mehreren Hosts **104, 106** sowie mit einer oder mehreren Speichersteuereinheiten **108, 110** verbunden ist. Die Speichersteuereinheit **102** ermöglicht es der Mehrzahl von Hosts **104, 106**, Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) durchzuführen, wobei der logische Speicher von der Speichersteuereinheit **102** verwaltet wird. Der physische Speicher, der dem logischen Speicher entspricht, kann sich in einer oder mehreren der Speichersteuereinheiten **108, 110** und/oder einem Zwischenspeicher **112** (z.B. einem Speicher) der Speichersteuereinheit **102** befinden.

[0017] Die Speichersteuereinheit **102** und die Hosts **104, 106** können geeignete Datenverarbeitungseinheiten aufweisen, darunter die in der Technik bekannten wie beispielsweise ein Personal Computer, eine Workstation, ein Server, ein Großrechner, ein Handheld-Computer, ein Palmtop-Computer, eine Telefonieeinheit, ein Netzwerkergerät, ein Blade-Computer, eine Verarbeitungseinheit usw. Bei der Speichersteuereinheit **102**, den Hosts **104, 106** und den Speichersteuereinheiten **108, 110** kann es sich um Elemente in jedem geeigneten Netzwerk **114** wie beispielsweise einem Speicherbereichsnetzwerk, einem Weitbereichsnetzwerk, dem Internet, einem Intranet handeln. In bestimmten Ausführungsformen kann es sich bei der Speichersteuereinheit **102**, den Hosts **104, 106** und den Speichersteuereinheiten **108, 110** um Elemente in einer Cloud-Computing-Umgebung handeln, die die Datenverarbeitungsumgebung **100** aufweist. Die Speichersteuereinheiten **108, 110** können aus Speicherplatten, Bandlaufwerken, Halbleiterspeichern usw.

bestehen und von der Speichersteuereinheit **102** gesteuert werden.

[0018] In bestimmten Ausführungsformen können die Hosts **104, 106** mit der Speichersteuereinheit **102** über eine Busschnittstelle (z.B. eine optische Punkt-zu-Punkt-PCIe-Schnittstelle) **116, 118** und eine Netzwerkschnittstelle **120, 122** verbunden sein. Syncio-Operationen der Hosts **104, 106** können über die Busschnittstellen **116, 118** durchgeführt werden. Herkömmliche E/A-Operationen (d.h. Nicht-Syncio-Operationen) der Hosts **104, 106** können über die Netzwerkschnittstellen **120, 122** durchgeführt werden. Die Busschnittstellen **116, 118** können einen schnelleren Zugangskanal für E/A als die Netzwerkschnittstellen **120, 122** aufweisen. Um die Busschnittstelle **116, 118** zu erweitern, kann zusätzliche Busschnittstellen-technologie verwendet werden, darunter PCIe-Erweiterungskabel oder Komponenten wie beispielsweise ein verteilter PCIe-Switch, um PCIe-over-Ethernet wie z.B. mit der ExpEther-Technologie zu ermöglichen.

[0019] Der Zwischenspeicher **112** kann in bestimmten Ausführungsformen einen Lese/Schreib-Zwischenspeicher aufweisen, der in einen oder mehrere Bereiche unterteilt ist, wobei jeder Bereich eine oder mehrere Speicherspuren enthalten kann. Bei dem Zwischenspeicher **112** kann es sich um einen geeigneten Zwischenspeicher nach dem Stand der Technik oder einen in Zukunft entwickelten Zwischenspeicher handeln. In einigen Ausführungsformen kann der Zwischenspeicher **112** mit einem flüchtigen Speicher und/oder einem nichtflüchtigen Speicher implementiert werden. In dem Zwischenspeicher **112** können veränderte und unveränderte Daten gespeichert werden. In dem Zwischenspeicher **112** können Daten in einer Mehrzahl von Spuren gespeichert werden, die Syncio-Spuren **124** und Nicht-Syncio-Spuren **126** umfassen. Die Syncio-Spuren **124** können über die Syncio-Operationen **128**, die auf der Speichersteuereinheit **102** ausgeführt werden, von den Hosts **104, 106** gelesen und beschrieben werden, und die Nicht-Syncio-Spuren **126** können über die Nicht-Syncio-E/A-Operationen **130**, die auf der Speichersteuereinheit **102** ausgeführt werden, von den Hosts **104, 106** gelesen und beschrieben werden. Eine Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** erzeugt eine am längsten nicht verwendete Nicht-Syncio-Liste (LRU-Liste) **134** von unveränderten Syncio-Spuren im Zwischenspeicher **112** und eine Syncio-LRU-Liste **136** von unveränderten Nicht-Syncio-Spuren im Zwischenspeicher **112**, wobei die unveränderten Syncio-Spuren und die unveränderten Nicht-Syncio-Spuren Kandidaten für ein Herabstufen aus dem Zwischenspeicher **112** sind, um Platz im Zwischenspeicher **112** freizugeben. In bestimmten Ausführungsformen kann die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** in Software, Hardware,

Firmware oder einer Kombination davon implementiert werden.

[0020] Fig. 2 veranschaulicht ein Blockschaubild 200, das zeigt, wie LRU-Listen von Spuren in der Speichersteuereinheit 102 gemäß bestimmten Ausführungsformen verwaltet werden.

[0021] Bei der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 handelt es sich um eine Liste von unveränderten Nicht-Syncio-Spuren in dem Zwischenspeicher 112, in dem Nicht-Syncio-Operationen durchgeführt werden können, und bei der Syncio-LRU-Liste 136 handelt es sich um eine Liste von unveränderten Syncio-Spuren in dem Zwischenspeicher 112, in dem Syncio-Operationen durchgeführt werden können.

[0022] Bei den Einträgen in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 handelt es sich um unveränderte Nicht-Syncio-Spuren in dem Zwischenspeicher 112, die von oben nach unten von der zuletzt verwendeten 202 bis zu der am längsten nicht verwendeten 204 angeordnet sind. Um die Lesetrefferquote in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 zu berechnen, kann eine Reihe von zuvor festgelegten Einträgen im unteren Teil 206 der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 verwendet werden. Indem nur der untere Teil 206 (z.B. die 1.000 am längsten nicht verwendeten Nicht-Syncio-Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134) zum Berechnen der Lesetrefferquote in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 ausgewählt wird, wird die Lesetrefferquote für die potenziellen Spuren zum Herabstufen aus dem Zwischenspeicher 112 ermittelt.

[0023] Bei den Einträgen in der Syncio-LRU-Liste 136 handelt es sich um unveränderte Syncio-Spuren in dem Zwischenspeicher 112, die von oben nach unten von der zuletzt verwendeten 208 bis zu der am längsten nicht verwendeten 210 angeordnet sind. Um die Lesetrefferquote in der Syncio-LRU-Liste 136 zu berechnen, kann eine Reihe von zuvor festgelegten Einträgen im unteren Teil 212 der Syncio-LRU-Liste 136 verwendet werden. Indem nur der untere Teil 212 (z.B. die 1.000 am längsten nicht verwendeten Syncio-Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136) zum Berechnen der Lesetrefferquote in der Syncio-LRU-Liste 136 ausgewählt wird, wird die Lesetrefferquote für die potenziellen Spuren zum Herabstufen in dem Zwischenspeicher 112 ermittelt.

[0024] Fig. 3 veranschaulicht einen ersten Ablaufplan 300, der ein Herabstufen von Spuren aus einer Nicht-Syncio-LRU-Liste oder aus einer Syncio-LRU-Liste gemäß bestimmten Ausführungsformen zeigt. Die in Fig. 3 gezeigten Operationen können von der Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 durchgeführt werden, die in der Speichersteuereinheit 102 ausgeführt wird.

[0025] Die Steuerung beginnt bei Block 302, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 die Syncio-LRU-Liste 136 erzeugt und verwaltet. Die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 ermittelt (bei Block 304) die Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136, und die Steuerung kehrt zu Block 302 zurück.

[0026] Parallel zu den in den Blöcken 302, 304 gezeigten Operationen erzeugt und verwaltet die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 die Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 (bei Block 306). Die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 ermittelt (bei Block 308) die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134, und die Steuerung kehrt zu Block 306 zurück.

[0027] Während die Operationen der Blöcke 302, 304, 306, 308 durchgeführt werden, führt die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 die Operationen zum Herabstufen von Spuren aus dem Zwischenspeicher 112 fort oder beginnt damit, diese durchzuführen (bei Block 310). Die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 ermittelt (bei Block 312), ob die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 geringer ist als ein zuvor festgelegter Faktor (z.B. mehrere) der Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136. Wenn die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 beispielsweise 0,2 ist, beträgt die Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136 0,1 und der zuvor festgelegte Faktor beträgt 3; dann beträgt die um den zuvor festgelegten Faktor multiplizierte Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste 0,3. Die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 ist 0,2, was kleiner als 0,3 ist. Die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 ist in diesem Beispiel daher geringer als ein zuvor festgelegter Faktor der Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136.

[0028] Wenn bei Block 312 festgestellt wird, dass die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 geringer ist als der zuvor festgelegte Faktor der Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136 („Ja“-Verzweigung 314), stuft die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung 132 (bei Block 316) Spuren aus der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 herab, und die Leistungsfähigkeit von Syncio-Operationen kann im Vergleich zu Fällen, in denen Syncio-Spuren herabgestuft werden, verbessert werden. Die Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 werden ausreichend seltener als die Spuren in der Syncio-LRU-Liste 136 verwendet, daher ist es wünschenswert, aus der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 herabzustufen.

[0029] Wenn bei Block 312 festgestellt wird, dass die Lesetrefferquote für Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste 134 nicht geringer ist als der zuvor festgelegte

Faktor der Lesetrefferquote für Spuren in der Syncio-LRU-Liste **136** („Nein“-Verzweigung **318**), stuft die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** (bei Block **320**) Spuren aus der Syncio-LRU-Liste **134** herab. Die Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** werden ausreichend häufiger als die Spuren in der Syncio-LRU-Liste **136** verwendet, daher ist es wünschenswert, aus der Syncio-LRU-Liste **134** herabzustufen. Es gibt möglicherweise nur wenige Lesetreffer auf den Spuren in der Syncio-LRU-Liste **136**, daher ist es wünschenswert, Spuren aus der Syncio-LRU-Liste **136** herabzustufen.

[0030] Fig. 3 beschreibt daher Ausführungsformen, in denen verschiedene LRU-Listen für Syncio- und Nicht-Syncio-Spuren verwaltet werden, sodass die Syncio-Operationen im Vergleich zu Ausführungsformen, in denen nur eine einzelne LRU-Liste verwaltet wird, schneller ausgeführt werden können.

[0031] Fig. 4 veranschaulicht einen zweiten Ablaufplan, der ein Herabstufen von Spuren aus einer Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** oder aus einer Syncio-LRU-Liste **136** gemäß bestimmten Ausführungsformen zeigt. Die in Fig. 4 gezeigten Operationen können von der Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** durchgeführt werden, die in der Speichersteuereinheit **102** ausgeführt wird.

[0032] Die Steuerung beginnt bei Block **402**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** ermittelt, ob die Syncio-LRU-Liste **136** leer ist. Ist dies der Fall („Ja“-Verzweigung **404**), geht die Steuerung zu Block **406**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** Spuren aus der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** herabstuft. Andernfalls („Nein“-Verzweigung **408**) geht die Steuerung zu Block **410**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** ermittelt, ob die Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** leer ist.

[0033] Wenn die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** bei Block **410** feststellt, dass die Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** leer ist („Ja“-Verzweigung **412**), stuft die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** Spuren aus der Syncio-LRU-Liste **136** herab. Andernfalls („Nein“-Verzweigung **416**) geht die Steuerung zu Block **418**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** ermittelt, ob die älteste Spur der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** älter ist als die älteste Spur der Syncio-LRU-Liste **136**, wobei die älteste Spur einer Liste die Spur ist, die zuletzt zu einem Zeitpunkt verwendet wurde (d.h. Lesetreffer in der Spur), bevor alle anderen Spuren in der Liste zuletzt verwendet wurden, und eine erste Spur, die zuletzt zu einem Zeitpunkt verwendet wurde, bevor eine zweite Spur zuletzt verwendet wurde, ist älter als die zweite Spur.

[0034] Wenn die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** bei Block **418** feststellt, dass die älteste

Spur der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** älter ist als die älteste Spur der Syncio-LRU-Liste **136** („Ja“-Verzweigung **420**), geht die Steuerung zu Block **422**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** Spuren aus der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** herabstuft. Andernfalls („Nein“-Verzweigung **424**) berechnet die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** (bei Block **426**) die Lesetrefferquote von Folgendem: (a) unterer Teil der Syncio-LRU-Liste **212**; und (b) unterer Teil der Nicht-Syncio-LRU-Liste **206**.

[0035] Die Lesetrefferquote im unteren Teil der Syncio-LRU-Liste **212** wird als SIO_BOTTOMHITS und die Lesetrefferquote im unteren Teil der Nicht-Syncio-LRU-Liste **206** als NONSIO_BOTTOMHITS bezeichnet.

[0036] Von Block **426** geht die Steuerung zu Block **428**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** ermittelt, ob NONSIO_BOTTOMHITS geringer ist als die mit einem zuvor festgelegten Faktor multiplizierte SIO_BOTTOMHITS. Ist dies der Fall („Ja“-Verzweigung **430**), stuft die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** Spuren aus der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** herab. Andernfalls („Nein“-Verzweigung **434**) stuft die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** (bei Block **436**) Spuren aus der Syncio-LRU-Liste **136** herab.

[0037] Fig. 4 veranschaulicht daher bestimmte Ausführungsformen, in denen mindestens die unteren Teile **206**, **212** der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** und der Syncio-LRU-Liste **136** für den Vergleich der Lesetreffer verwendet werden, sodass der Vergleich anhand von Lesetreffern auf Spuren vorgenommen wird, bei denen es sich um relativ ältere Spuren in der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** und der Syncio-LRU-Liste **136** handelt. Die Herabstufungen von Spuren werden bei diesen relativ älteren Spuren durchgeführt, sodass die Lesetrefferquote für diese relativ älteren Spuren berechnet wird.

[0038] Fig. 5 veranschaulicht einen Ablaufplan **500**, der zeigt, wie eine Lesetrefferquote gemäß bestimmten Ausführungsformen berechnet wird. Die in Fig. 5 gezeigten Operationen können von der Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** durchgeführt werden, die in der Speichersteuereinheit **102** ausgeführt wird.

[0039] Die Steuerung beginnt bei Block **501**, wo die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** einen Lesetrefferzähler für den unteren Teil der Syncio-LRU-Liste **212** und einen Lesetrefferzähler für den unteren Teil der Nicht-Syncio-LRU-Liste **206** auf null setzt. Die Steuerung geht zu Block **502**, wo eine Leseoperation einen Lesetreffer in dem Zwischenspeicher **112** erzeugt, und parallel geht die Steuerung zu Block **504** und **506** weiter. Bei Block **504** ermittelt die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132**,

ob sich der Lesetreffer im unteren Teil der Syncio-LRU-Liste **212** befindet, und ist dies der Fall („Ja“-Verzweigung **508**), wird ein Lesetrefferzähler für den unteren Teil der Syncio-Liste **212** erhöht (bei Block **510**). Andernfalls („Nein“-Verzweigung **512**) kehrt die Steuerung zu Block **502** zurück.

[0040] Bei Block **506** ermittelt die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132**, ob sich der Lesetreffer im unteren Teil der Nicht-Syncio-LRU-Liste **206** befindet, und ist dies der Fall („Ja“-Verzweigung **514**), wird ein Lesetrefferzähler für den unteren Teil der Nicht-Syncio-Liste **206** erhöht (bei Block **516**). Andernfalls („Nein“-Verzweigung **518**) kehrt die Steuerung zu Block **502** zurück. Die Operationen von Block **501, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518** werden wiederholt für ein Zeitintervall (z.B. **800** Millisekunden) durchgeführt (siehe Bezugsziffer **520**).

[0041] Während die mit der Bezugsziffer **520** gekennzeichneten Operationen durchgeführt werden, werden die in den Blöcken **522** und **524** gezeigten Operationen durchgeführt. Bei Block **522** berechnet die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** die Lesetrefferquote für den unteren Teil der Syncio-Liste **212**, indem die Lesetreffer für die letzte N Anzahl von Intervallen addiert und durch die kumulative Zeit für diese Intervalle dividiert werden. Bei Block **524** berechnet die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** die Lesetrefferquote für den unteren Teil der Nicht-Syncio-Liste **206**, indem die Lesetreffer für die letzte N Anzahl von Intervallen addiert und durch die kumulative Zeit für diese Intervalle dividiert werden. In bestimmten Ausführungsformen kann N eine Zahl wie beispielsweise 30 sein.

[0042] **Fig. 5** veranschaulicht daher bestimmte Ausführungsformen zum Berechnen der Lesetrefferquote in den unteren Teilen der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** und der Syncio-LRU-Liste **136**, um diese in den in **Fig. 4** gezeigten Operationen zu verwenden.

[0043] **Fig. 6** veranschaulicht ein Blockschaubild **600**, das zeigt, wie ein zuvor festgelegter Faktor für ein Herabstufen von Spuren gemäß bestimmten Ausführungsformen berechnet wird. Es werden beispielhafte zuvor festgelegte, in Block **312** von **Fig. 3** und Block **428** von **Fig. 4** zu verwendende Faktoren gezeigt.

[0044] In bestimmten Ausführungsformen kann der zuvor festgelegte Faktor auf Leistungsmaßstäben des Systems beruhen (siehe Bezugsziffer **602**). In anderen Ausführungsformen kann der zuvor festgelegte Faktor von Kunden konfiguriert werden, die eine bessere Leistung für Syncio-Arbeitslasten im Vergleich zu Nicht-Syncio-Arbeitslasten haben möchten (siehe Bezugsziffer **604**). In noch weiteren Ausführungsformen kann der zuvor festgelegte Faktor auf Grundlage der Rate von E/A-Operationen, die in der Speicher-

steuereinheit **102** durchgeführt werden, dynamisch geändert werden (siehe Bezugsziffer **606**). Erhöht sich beispielsweise die Rate von E/A-Operationen, wenn sich der zuvor festgelegte Faktor erhöht, erhöht die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** weiterhin den zuvor festgelegten Faktor, und verringert sich die Rate von E/A-Operationen, wenn sich der zuvor festgelegte Faktor verringert, verringert die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** weiterhin den zuvor festgelegten Faktor.

[0045] **Fig. 7** veranschaulicht einen Ablaufplan **700**, der ein Herabstufen von Spuren auf Grundlage eines Erzeugens von Listen von zwei unterschiedlichen Arten von Spuren gemäß bestimmten Ausführungsformen zeigt. Die in **Fig. 7** gezeigten Operationen können von der Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung **132** durchgeführt werden, die in der Speichersteuereinheit **102** ausgeführt wird.

[0046] Die Steuerung beginnt bei Block **702**, wo eine Liste einer ersten Art von Spuren (z.B. Syncio-LRU-Liste **136**) in einem Zwischenspeicher **112** erzeugt wird. Die Steuerung geht zu Block **704**, wo eine Liste einer zweiten Art von Spuren (Nicht-Syncio-LRU-Liste **134**) in dem Zwischenspeicher **112** erzeugt wird, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller als bei der zweiten Art von Spuren abgeschlossen werden, und wobei eine Spur zu der Liste der ersten Art von Spuren oder zu der Liste der zweiten Art von Spuren hinzugefügt wird, abhängig davon, ob es sich bei einer letzten in der Spur durchgeföhrten E/A-Operation um eine erste Art von E/A-Operation (z.B. Syncio-Operation) oder eine zweite Art von E/A-Operation (z.B. Nicht-Syncio-Operation) handelt. Handelt es sich bei der letzten in einer Spur durchgeföhrten E/A-Operation beispielsweise um eine Syncio-Operation, wird die Spur zu der Syncio-LRU-Liste **136** hinzugefügt, und handelt es sich bei der letzten in einer Spur durchgeföhrten Operation um eine Nicht-Syncio-Operation, wird die Spur zu der Nicht-Syncio-LRU-Liste **134** hinzugefügt. Es wird ermittelt (bei Block **706**), ob eine Spur aus der Liste der ersten Art von Spuren oder aus der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist. Bei der ersten Art von Spuren kann es sich um Syncio-Spuren handeln, wobei zum Durchführen einer E/A-Operation in einer Syncio-Spur ein Anwendungs-Thread in einer Spin-Schleife gehalten wird und darauf wartet, dass die E/A-Operation abgeschlossen wird. Bei der zweiten Art von Spuren kann es sich um Nicht-Syncio-Spuren handeln, wobei zum Durchführen der E/A-Operation in einer Nicht-Syncio-Spur vermieden wird, den Anwendungs-Thread in der Spin-Schleife zu halten.

[0047] In bestimmten Ausführungsformen sind die Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der ersten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde (siehe z.B. die Bezugsziffern **208**,

210), wobei die Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der zweiten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde (siehe z.B. die Bezugsziffern **202, 204**), wobei eine Spur als verwendet gilt, wenn ein Lesetreffer in der Spur festgestellt wurde.

[0048] Um das in Block **706** gezeigte Ermitteln der Spurherabstufung durchzuführen, wird in bestimmten Ausführungsformen als Reaktion darauf, dass eine Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren geringer ist als ein zuvor festgelegter Faktor einer Lesetrefferquote für Spuren in der ersten Art von Spuren, eine Spur aus der Liste der zweiten Art von Spuren herabgestuft (bei Block **708**). Die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren und die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren werden auf Grundlage von Lesetreffern in einem zuvor festgelegten unteren Teil der Liste der ersten Art von Spuren und der zweiten Art von Spuren berechnet. Der zuvor festgelegte Faktor wird angepasst, um eine Rate von Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) zu erhöhen.

[0049] Indem getrennte LRU-Listen für Syncio-Spuren und Nicht-Syncio-Spuren verwaltet und Herabstufungsmechanismen auf Grundlage der getrennten LRU-Listen verwendet werden, veranschaulichen die **Fig. 1 bis Fig. 7** somit bestimmte Ausführungsformen, in denen Syncio-Operationen im Vergleich zu Ausführungsformen, in denen nur eine einzelne LRU-Liste verwaltet wird, schneller ausgeführt werden. Wann immer es möglich ist, werden in bestimmten Ausführungsformen eher Spuren aus der LRU-Liste von Nicht-Syncio-Spuren (Nicht-Syncio-LRU-Liste **134**) herabgestuft als Spuren aus der LRU-Liste von Syncio-Spuren (Syncio-LRU-Liste **136**), es sei denn, die Rate der E/A-Operationen im System nimmt aufgrund dieser Herabstufungen ab.

Cloud-Computing-Umgebung

[0050] Cloud-Computing ist ein Modell zum Bereitstellen eines problemlosen, bedarfsoorientierten Netzwerkzugriffs auf einen gemeinsam genutzten Pool von konfigurierbaren Datenverarbeitungsressourcen (z.B. Netzwerke, Server, Speicher, Anwendungen und Dienste), die mit minimalem Verwaltungsaufwand bzw. minimaler Interaktion mit einem Anbieter des Dienstes schnell bereitgestellt und freigegeben werden können.

[0051] Mit Bezug nunmehr auf **Fig. 8** ist eine veranschaulichende Cloud-Computing-Umgebung **50** dargestellt. Wie gezeigt, weist die Cloud-Computing-Umgebung **50** einen oder mehrere Cloud-Computing-Knoten **10** auf, mit denen von Cloud-Nutzern verwendete lokale Datenverarbeitungseinheiten wie der

persönliche digitale Assistent (PDA) oder das Mobiltelefon **54A**, der Desktop-Computer **54B**, der Laptop-Computer **54C** und/oder das Kraftfahrzeug-Computersystem **54N** Daten austauschen können. Die Knoten **10** können miteinander Daten austauschen. Sie können physisch oder virtuell in einem oder mehreren Netzwerken wie private, benutzergemeinschaftliche, öffentliche oder hybride Clouds wie oben beschrieben oder in einer Kombination davon in Gruppen angeordnet sein (nicht dargestellt). Dies ermöglicht es der Cloud-Computing-Umgebung **50**, Infrastruktur, Plattformen und/oder Software als Dienste anzubieten, für die ein Cloud-Nutzer keine Ressourcen auf einer lokalen Datenverarbeitungseinheit vorhalten muss. Es versteht sich, dass die in **Fig. 8** gezeigten Arten von Datenverarbeitungseinheiten **54A** bis N nur veranschaulichend sein sollen und die Datenverarbeitungsknoten **10** und die Cloud-Computing-Umgebung **50** mit jeder Art von computergestützter Einheit über jede Art von Netzwerk und/oder netzwerkadressierbarer Verbindung Daten austauschen kann (z.B. über einen Web-Browser).

[0052] Mit Bezug nunmehr auf **Fig. 9** wird ein Satz funktionaler Abstraktionsschichten gezeigt, die von der Cloud-Computing-Umgebung **50** (**Fig. 8**) bereitgestellt werden. Es versteht sich im Voraus, dass die in **Fig. 9** dargestellten Komponenten, Schichten und Funktionen nur veranschaulichend sein sollen und Ausführungsformen der Erfindung nicht darauf beschränkt sind.

[0053] Die Hardware- und Software-Schicht **60** enthält Hardware- und Software-Komponenten. Zu Beispielen für Hardware-Komponenten gehören Mainframe-Computer, in einem Beispiel IBM zSeries-Systeme; auf der RISC-Architektur (Reduced Instruction Set Computer) beruhende Server, in einem Beispiel IBM pSeries-Systeme; IBM xSeries-Systeme; IBM BladeCenter-Systeme; Speichereinheiten; Netzwerke sowie Netzwerkkomponenten. Zu Beispielen für Software-Komponenten gehören eine Netzwerk-Anwendungsserver-Software, in einem Beispiel die IBM WebSphere-Anwendungsserver-Software; und eine Datenbank-Software, in einem Beispiel die IBM DB2-Datenbank-Software. (IBM, zSeries, pSeries, xSeries, BladeCenter, WebSphere und DB2 sind Warenzeichen der International Business Machines Corporation, die in vielen Rechtsordnungen weltweit eingetragen sind).

[0054] Die Virtualisierungsschicht **62** stellt eine Abstraktionsschicht bereit, aus der die folgenden Beispiele für virtuelle Entitäten bereitgestellt werden können: virtuelle Server, virtuelle Speicher, virtuelle Netzwerke, darunter virtuelle private Netzwerke; virtuelle Anwendungen und Betriebssysteme und virtuelle Clients.

[0055] In einem Beispiel kann die Verwaltungsschicht **64** die nachfolgend beschriebenen Funktionen bereitstellen. Die Ressourcenbereitstellung ermöglicht eine dynamische Bereitstellung von Datenverarbeitungsressourcen und anderen Ressourcen, die verwendet werden, um Aufgaben in der Cloud-Computing-Umgebung durchzuführen. Messen und Preisermittlung stellen eine Kostenerfassung (wenn Ressourcen in der Cloud-Computing-Umgebung verwendet werden) sowie eine Abrechnung oder Rechnungsstellung für die Inanspruchnahme dieser Ressourcen bereit. In einem Beispiel können diese Ressourcen Lizenzen für Anwendungs-Software aufweisen. Die Sicherheitsfunktion stellt eine Identitätsprüfung für Cloud-Nutzer und Aufgaben sowie Schutz für Daten und andere Ressourcen bereit. Ein Benutzerportal stellt einen Zugang zur Cloud-Computing-Umgebung für Nutzer und Systemadministratoren bereit. Eine Dienstgüteverwaltung stellt eine Zuordnung und Verwaltung der Cloud-Computing-Ressourcen bereit, sodass die erforderliche Dienstgüte erfüllt wird. Die Planung und Erfüllung der Dienstgütevereinbarung (Service Level Agreement, SLA) stellt eine Vorabanordnung und Bereitstellung von Cloud-Computing-Ressourcen bereit, deren künftiger Bedarf auf der Grundlage einer Dienstgütevereinbarung vorausberechnet wird.

[0056] Die Arbeitslastschicht **66** stellt Beispiele für Funktionalitäten bereit, für die die Cloud-Computing-Umgebung verwendet werden kann. Zu Beispielen für Arbeitslasten und Funktionen, die von dieser Schicht bereitgestellt werden können, gehören: Abbildung und Navigation; Software-Entwicklung und Lebenszyklusverwaltung; Bereitstellung von Ausbildung in virtuellen Klassenzimmern; Datenanalyseverarbeitung; Transaktionsverarbeitung; und Verarbeitung von Herabstufungsoperationen **68** wie in den **Fig. 1 bis Fig. 8** dargestellt.

Zusätzliche Einzelheiten der Ausführungsformen

[0057] Die beschriebenen Operationen können als Verfahren, Vorrichtung oder Computerprogrammprodukt ausgeführt werden, die herkömmliche Programmier- und/oder Entwicklungstechniken verwenden, um Software, Firmware, Hardware oder eine Kombination davon herzustellen. Aspekte der vorliegenden Erfindung können daher die Form einer kompletten Hardware-Ausführung, einer kompletten Software-Ausführung (darunter Firmware, residente Software, Mikrocode usw.) oder eine Ausführungsform haben, bei der Software- und Hardware-Aspekte kombiniert sind, die allgemein hierin als „Schaltung“, „Modul“ oder „System“ bezeichnet werden können. Aspekte der Ausführungsform können des Weiteren die Form eines Computerprogrammprodukts aufweisen. Das Computerprogrammprodukt kann (ein) durch einen Computer lesbare(s) Speichermedium (oder -medien) aufweisen, auf dem/denen durch einen Computer

lesbare Programmanweisungen gespeichert ist/sind, um einen Prozessor zu veranlassen, Aspekte der vorliegenden Erfindung auszuführen.

[0058] Bei dem durch einen Computer lesbaren Speichermedium kann es sich um eine physische Einheit handeln, die Anweisungen zur Verwendung durch eine Einheit zur Ausführung von Anweisungen behalten 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 löscherbarer 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 codierte Einheit wie zum Beispiel Lochkarten oder gehobene Strukturen in einer Rille, auf denen Anweisungen gespeichert sind, und jede geeignete Kombination daraus. Ein durch einen Computer lesbares Speichermedium soll in der Verwendung 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. einen Lichtwellenleiter durchlaufende Lichtimpulse) oder durch einen Draht übertragene elektrische Signale.

[0059] 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 Weitverkehrsnetzwerk und/oder ein drahtloses Netzwerk auf einen externen Computer oder eine externe Speichereinheit heruntergeladen werden. Das Netzwerk kann Kupferübertragungskabel, Lichtwellenübertragungsleiter, drahtlose Übertragung, Router, Firewalls, Vermittlungseinheiten, Gateway-Computer und/oder Edge-Server aufweisen. Eine Netzwerkkarte 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.

[0060] Bei durch einen Computer lesbaren Programmieranweisungen 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 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 herkömmliche prozedurale Programmiersprachen wie die Programmiersprache „C“ oder ähnliche Programmiersprachen

[0061] Die durch einen Computer lesbaren Programmieranweisungen 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 entfernt angeordneten Computer oder vollständig auf dem entfernt angeordneten 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 Weitverkehrsnetzwerk (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 Programmieranweisungen ausführen, indem sie Zustandsinformationen der durch einen Computer lesbaren Programmieranweisungen nutzen, um die elektronischen Schaltungen zu personalisieren, um Aspekte der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

[0062] 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 Programmieranweisungen ausgeführt werden können.

[0063] Diese durch einen Computer lesbaren Programmieranweisungen können einem Prozessor eines Universalcomputers, eines Spezialcomputers

oder einer anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung bereitgestellt werden, um eine Maschine zu erzeugen, sodass die über den Prozessor des Computers bzw. der anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtung ausgeführten Anweisungen ein 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 Programmieranweisungen 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, sodass das durch einen Computer lesbare Speichermedium, auf dem Anweisungen gespeichert sind, einen Herstellungsartikel 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.

[0064] Die durch einen Computer lesbaren Programmieranweisungen 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, sodass 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.

[0065] Der Ablaufplan und die Blockschaltbilder in den Figuren veranschaulichen die Architektur, 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 dem Block angegebenen Funktionen in einer anderen Reihenfolge als in den Figuren gezeigt stattfinden. Zwei nacheinander gezeigte Blöcke können zum Beispiel in Wirklichkeit im Wesentlichen gleichzeitig 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.

[0066] Fig. 10 veranschaulicht ein Blockschaubild, das bestimmte Elemente zeigt, die in der Speichersteuereinheit 102 oder den Hosts 104, 106 oder anderen Datenverarbeitungseinheiten gemäß bestimmten Ausführungsformen enthalten sein können. Das System 1000 kann eine Schaltung 1002 umfassen, zu der in bestimmten Ausführungsformen mindestens ein Mikroprozessor 1004 gehören kann. Das System 1000 kann auch einen Arbeitsspeicher 1006 (z.B. eine flüchtige Speichereinheit) und einen Datenspeicher 1008 enthalten. Der Datenspeicher 1008 kann eine nichtflüchtige Speichereinheit (z.B. EEPROM, ROM, PROM, Flash, Firmware, programmierbare Logik usw.), ein Magnetplattenlaufwerk, ein optisches Plattenlaufwerk, ein Bandlaufwerk usw. enthalten. Der Datenspeicher 1008 kann eine interne Datenspeichereinheit, eine angeschlossene Datenspeichereinheit und/oder eine auf im Netz zugreifbare Datenspeichereinheit umfassen. Das System 1000 kann eine Programmlogik 1010 mit einem Code 1012 enthalten, der in den Arbeitsspeicher 1006 geladen werden kann und von dem Prozessor 1004 oder der Schaltung 1002 ausgeführt wird. In bestimmten Ausführungsformen kann die Programmlogik 1010 mit dem Code 1012 in dem Datenspeicher 1008 gespeichert werden. In bestimmten anderen Ausführungsformen kann die Programmlogik 1010 in der Schaltung 1002 implementiert sein. Eine oder mehrere Komponenten im System 1000 können über einen Bus oder über eine andere Verbindung 1014 Daten austauschen. Fig. 10 zeigt die Programmlogik 1010 zwar getrennt von den anderen Elementen, die Programmlogik 1010 kann jedoch in dem Arbeitsspeicher 1006 und/oder der Schaltung 1002 implementiert sein.

[0067] Bestimmte Ausführungsformen können auf ein Verfahren zum Bereitstellen einer Datenverarbeitungsanweisung durch eine Person oder eine automatisierte Verarbeitung mit durch einen Computer lesbaren Code in ein Datenverarbeitungssystem ausgerichtet sein, wobei der Code in Verbindung mit dem Datenverarbeitungssystem in der Lage ist, die Operationen der beschriebenen Ausführungsformen durchzuführen.

[0068] Die Begriffe „eine Ausführungsform“, „Ausführungsform“, „Ausführungsformen“, „die Ausführungsform“, „die Ausführungsformen“, „eine oder mehrere Ausführungsformen“, „einige Ausführungsformen“ und „eine einzelne Ausführungsform“ bedeuten „eine oder mehrere (jedoch nicht alle) Ausfüh-

rungsformen der vorliegenden Erfindung(en)“, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

[0069] Die Begriffe „enthalten/umfassen“, „aufweisen“, „haben“ und Variationen davon bedeuten „einschließlich, ohne darauf beschränkt zu sein“, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

[0070] Die aufgeführte Auflistung von Elementen bedeutet nicht, dass ein beliebiges oder alle Elemente sich gegenseitig ausschließen, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

[0071] Die Begriffe „ein“, „eine“, „eines“ und „der/die/das“ bedeuten „ein oder mehrere“, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben.

[0072] Einheiten, die Daten miteinander austauschen, müssen nicht ständig Daten miteinander austauschen, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben. Einheiten, die Daten miteinander austauschen, können direkt oder indirekt über ein oder mehrere Zwischenelemente Daten miteinander austauschen.

[0073] Eine Beschreibung einer Ausführungsform mit mehreren Komponenten, die Daten miteinander austauschen, bedeutet nicht, dass alle diese Komponenten benötigt werden. Es wird im Gegenteil eine Vielfalt von optionalen Komponenten beschrieben, um die große Vielfalt von möglichen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu veranschaulichen.

[0074] Prozessschritte, Verfahrensschritte, Algorithmen oder Ähnliches können zwar in aufeinanderfolgender Reihenfolge beschrieben werden, diese Prozesse, Verfahren und Algorithmen können jedoch so konfiguriert sein, dass sie in wechselnder Reihenfolge ablaufen. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass eine Abfolge oder Reihenfolge von Schritten, die beschrieben werden können, nicht notwendigerweise darauf hinweist, dass die Schritte in dieser Reihenfolge durchgeführt werden müssen. Die hierin beschriebenen Schritte von Prozessen können in einer beliebigen praktischen Reihenfolge durchgeführt werden. Des Weiteren können einige Schritte gleichzeitig durchgeführt werden.

[0075] Wenn eine einzelne Einheit oder ein einzelner Aspekt hierin beschrieben wird, ist leicht ersichtlich, dass mehr als eine Einheit/ein Artikel (unabhängig davon, ob diese zusammenarbeiten) anstelle einer einzelnen Einheit/eines einzelnen Artikels verwendet werden kann. Wenn mehr als eine Einheit oder ein Artikel hierin beschrieben wird (unabhängig davon, ob diese zusammenarbeiten), ist leicht ersichtlich, dass eine einzelne Einheit/ein einzelner Artikel anstelle der mehr als einen Einheit oder des mehr als einen Artikels oder eine andere Anzahl von Einheiten/Artikeln anstelle der angegebenen Anzahl von Einheiten oder

Programmen verwendet werden kann. Die Funktionalität und/oder die Merkmale einer Einheit können alternativ durch eine oder mehrere andere Einheiten ausgeführt werden, für die eine solche Funktionalität/ein solches Merkmal nicht ausdrücklich beschrieben wird. Andere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung müssen daher die Einheit selbst nicht enthalten.

[0076] Zumindest bestimmte Operationen, die in Figuren möglicherweise veranschaulicht wurden, zeigen bestimmte Ereignisse, die in einer bestimmten Reihenfolge ablaufen. In alternativen Ausführungsformen können bestimmte Operationen in einer anderen Reihenfolge durchgeführt, geändert oder entfernt werden. Ferner können Schritte zu der oben beschriebenen Logik hinzugefügt werden und dennoch mit den beschriebenen Ausführungsformen übereinstimmen. Hierin beschriebene Operationen können des Weiteren sequenziell stattfinden, oder manche Operationen können parallel verarbeitet werden. Operationen können weiterhin von einer einzelnen Verarbeitungseinheit oder verteilten Verarbeitungseinheiten durchgeführt werden.

[0077] Die vorstehende Beschreibung verschiedener Ausführungsformen der Erfindung wurde zum Zwecke der Veranschaulichung und Beschreibung vorgestellt. Sie soll nicht erschöpfend oder auf die Erfindung in der offenbarten genauen Form beschränkt sein. Angesichts der oben beschriebenen Lehren sind viele Änderungen und Abwandlungen möglich. Der Umfang der Erfindung soll nicht durch diese genaue Beschreibung, sondern vielmehr durch die hier beigefügten Ansprüche beschränkt werden. Die vorstehende Beschreibung, die Beispiele und Daten stellen eine vollständige Beschreibung der Herstellung und Verwendung der Gestaltung der Erfindung bereit. Viele Ausführungsformen der Erfindung können umgesetzt werden, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zwischenspeicherverwaltung, das aufweist:

Erzeugen einer Liste einer ersten Art von Spuren in einem Zwischenspeicher;

Erzeugen einer Liste einer zweiten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller abgeschlossen werden als bei der zweiten Art von Spuren; und

Ermitteln, ob eine Spur in der Liste der ersten Art von Spuren oder in der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei es sich bei der ersten Art von Spuren um Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen einer E/A-Operation in einer

Syncio-Spur ein Anwendungs-Thread in einer Spin-Schleife gehalten wird und darauf wartet, dass die E/A-Operation abgeschlossen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei es sich bei der zweiten Art von Spuren um Nicht-Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen der E/A-Operation in einer Nicht-Syncio-Spur vermieden wird, den Anwendungs-Thread in der Spin-Schleife zu halten, und wobei zu der Liste der ersten Art von Spuren oder zu der Liste der zweiten Art von Spuren eine Spur hinzugefügt wird, abhängig davon, ob es sich bei einer letzten in der Spur durchgeführten E/A-Operation um eine erste Art von E/A-Operation handelt, die eine Syncio-Operation aufweist, oder um eine zweite Art von E/A-Operation, die eine Nicht-Syncio-Operation aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der ersten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde, und wobei Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der zweiten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Verfahren weiterhin aufweist:
als Reaktion darauf, dass eine Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren geringer ist als ein zuvor festgelegter Faktor einer Lesetrefferquote für Spuren in der ersten Art von Spuren, Herabstufen einer Spur aus der Liste der zweiten Art von Spuren.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Lesetrefferrquote für Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren und die Lesetrefferrquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren auf Grundlage von Lesetreffern in einem zuvor festgelegten unteren Teil der Liste der ersten Art von Spuren und der zweiten Art von Spuren berechnet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren weiterhin aufweist:

Anpassen des zuvor festgelegten Faktors, um eine Rate von Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) zu erhöhen.

8. System zur Zwischenspeicherverwaltung, das aufweist:

einen Speicher; und

einen Prozessor, der mit dem Speicher verbunden ist, wobei der Prozessor Operationen durchführt, wobei die von dem Prozessor durchgeführten Operationen aufweisen:

Erzeugen einer Liste einer ersten Art von Spuren in einem Zwischenspeicher;

Erzeugen einer Liste einer zweiten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller abgeschlossen werden als bei der zweiten Art von Spuren; und

Ermitteln, ob eine Spur in der Liste der ersten Art von Spuren oder in der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist.

9. System nach Anspruch 8, wobei es sich bei der ersten Art von Spuren um Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen einer E/A-Operation in einer Syncio-Spur ein Anwendungsthread in einer Spin-Schleife gehalten wird und darauf wartet, dass die E/A-Operation abgeschlossen wird.

10. System nach Anspruch 9, wobei es sich bei der zweiten Art von Spuren um Nicht-Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen der E/A-Operation in einer Nicht-Syncio-Spur vermieden wird, den Anwendungs-Thread in der Spin-Schleife zu halten, und wobei zu der Liste der ersten Art von Spuren oder zu der Liste der zweiten Art von Spuren eine Spur hinzugefügt wird, abhängig davon, ob es sich bei einer letzten in der Spur durchgeföhrten E/A-Operation um eine erste Art von E/A-Operation handelt, die eine Syncio-Operation aufweist, oder um eine zweite Art von E/A-Operation, die eine Nicht-Syncio-Operation aufweist.

11. System nach Anspruch 10, wobei Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der ersten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde, und wobei Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der zweiten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde.

12. System nach Anspruch 11, wobei die Operationen weiterhin aufweisen:
als Reaktion darauf, dass eine Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren geringer ist als ein zuvor festgelegter Faktor einer Lesetrefferquote für Spuren in der ersten Art von Spuren, Herabstufen einer Spur aus der Liste der zweiten Art von Spuren.

13. System nach Anspruch 12, wobei die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren und die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren auf Grundlage von Lesetreffern in einem zuvor festgelegten unteren Teil der Liste der ersten Art von Spuren und der zweiten Art von Spuren berechnet werden.

14. System nach Anspruch 12, wobei die Operationen weiterhin aufweisen:

Anpassen des zuvor festgelegten Faktors, um eine Rate von Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) zu erhöhen.

15. Computerprogrammprodukt zur Zwischenspeicherverwaltung, wobei das Computerprogrammprodukt ein durch einen Computer lesbare Speichermedium mit darin enthaltenem, durch einen Computer lesbarem Programmcode aufweist, wobei der durch einen Computer lesbare Code so konfiguriert ist, dass er Operationen durchführt, wobei die Operationen aufweisen:

Erzeugen einer Liste einer ersten Art von Spuren in einem Zwischenspeicher;

Erzeugen einer Liste einer zweiten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller abgeschlossen werden als bei der zweiten Art von Spuren; und

Ermitteln, ob eine Spur in der Liste der ersten Art von Spuren oder in der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist.

16. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 15, wobei es sich bei der ersten Art von Spuren um Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen einer E/A-Operation in einer Syncio-Spur ein Anwendungs-Thread in einer Spin-Schleife gehalten wird und darauf wartet, dass die E/A-Operation abgeschlossen wird.

17. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 16, wobei es sich bei der zweiten Art von Spuren um Nicht-Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen der E/A-Operation in einer Nicht-Syncio-Spur vermieden wird, den Anwendungs-Thread in der Spin-Schleife zu halten, und wobei zu der Liste der ersten Art von Spuren oder zu der Liste der zweiten Art von Spuren eine Spur hinzugefügt wird, abhängig davon, ob es sich bei einer letzten in der Spur durchgeföhrten E/A-Operation um eine erste Art von E/A-Operation handelt, die eine Syncio-Operation aufweist, oder um eine zweite Art von E/A-Operation, die eine Nicht-Syncio-Operation aufweist.

18. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 17, wobei Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der ersten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde, und wobei Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der zweiten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde.

19. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 18, wobei die Operationen weiterhin aufweisen:
als Reaktion darauf, dass eine Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren geringer ist als ein zuvor festgelegter Faktor einer Lesetrefferquote für Spuren in der ersten Art von Spuren.

trefferquote für Spuren in der ersten Art von Spuren, Herabstufen einer Spur aus der Liste der zweiten Art von Spuren.

20. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 19, wobei die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren und die Lesetrefferquote für Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren auf Grundlage von Lesetreffern in einem zuvor festgelegten unteren Teil der Liste der ersten Art von Spuren und der zweiten Art von Spuren berechnet werden.

21. Computerprogrammprodukt nach Anspruch 19, wobei die Operationen weiterhin aufweisen:
Anpassen des zuvor festgelegten Faktors, um eine Rate von Eingabe/Ausgabe-Operationen (E/A-Operationen) zu erhöhen.

22. Speichersteuereinheit zur Zwischenspeicher-verwaltung, die aufweist:
einen Zwischenspeicher; und
eine Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung in der Speichersteuereinheit, wobei die Zwischenspeicher-Verwaltungsanwendung Operationen durchführt, wobei die Operationen aufweisen:
Erzeugen einer Liste einer ersten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher;
Erzeugen einer Liste einer zweiten Art von Spuren in dem Zwischenspeicher, wobei E/A-Operationen bei der ersten Art von Spuren relativ schneller abgeschlossen werden als bei der zweiten Art von Spuren; und
Ermitteln, ob eine Spur in der Liste der ersten Art von Spuren oder in der Liste der zweiten Art von Spuren herabzustufen ist.

23. Speichersteuereinheit nach Anspruch 22, wo bei es sich bei der ersten Art von Spuren um Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen einer E/A-Operation in einer Syncio-Spur ein Anwendungs-Thread in einer Spin-Schleife gehalten wird und darauf wartet, dass die E/A-Operation abgeschlossen wird.

24. Speichersteuereinheit nach Anspruch 23, wo bei es sich bei der zweiten Art von Spuren um Nicht-Syncio-Spuren handelt, wobei zum Durchführen der E/A-Operation in einer Nicht-Syncio-Spur vermieden wird, den Anwendungs-Thread in der Spin-Schleife zu halten, und wobei zu der Liste der ersten Art von Spuren oder zu der Liste der zweiten Art von Spuren eine Spur hinzugefügt wird, abhängig davon, ob es sich bei einer letzten in der Spur durchgeföhrten E/A-Operation um eine erste Art von E/A-Operation handelt, die eine Syncio-Operation aufweist, oder um eine zweite Art von E/A-Operation, die eine Nicht-Syncio-Operation aufweist.

25. Speichersteuereinheit nach Anspruch 24, wo bei Spuren in der Liste der ersten Art von Spuren in

einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der ersten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde, und wobei Spuren in der Liste der zweiten Art von Spuren in einer Reihenfolge angeordnet sind, die darauf beruht, wann jede Spur in der Liste der zweiten Art von Spuren zuletzt verwendet wurde.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

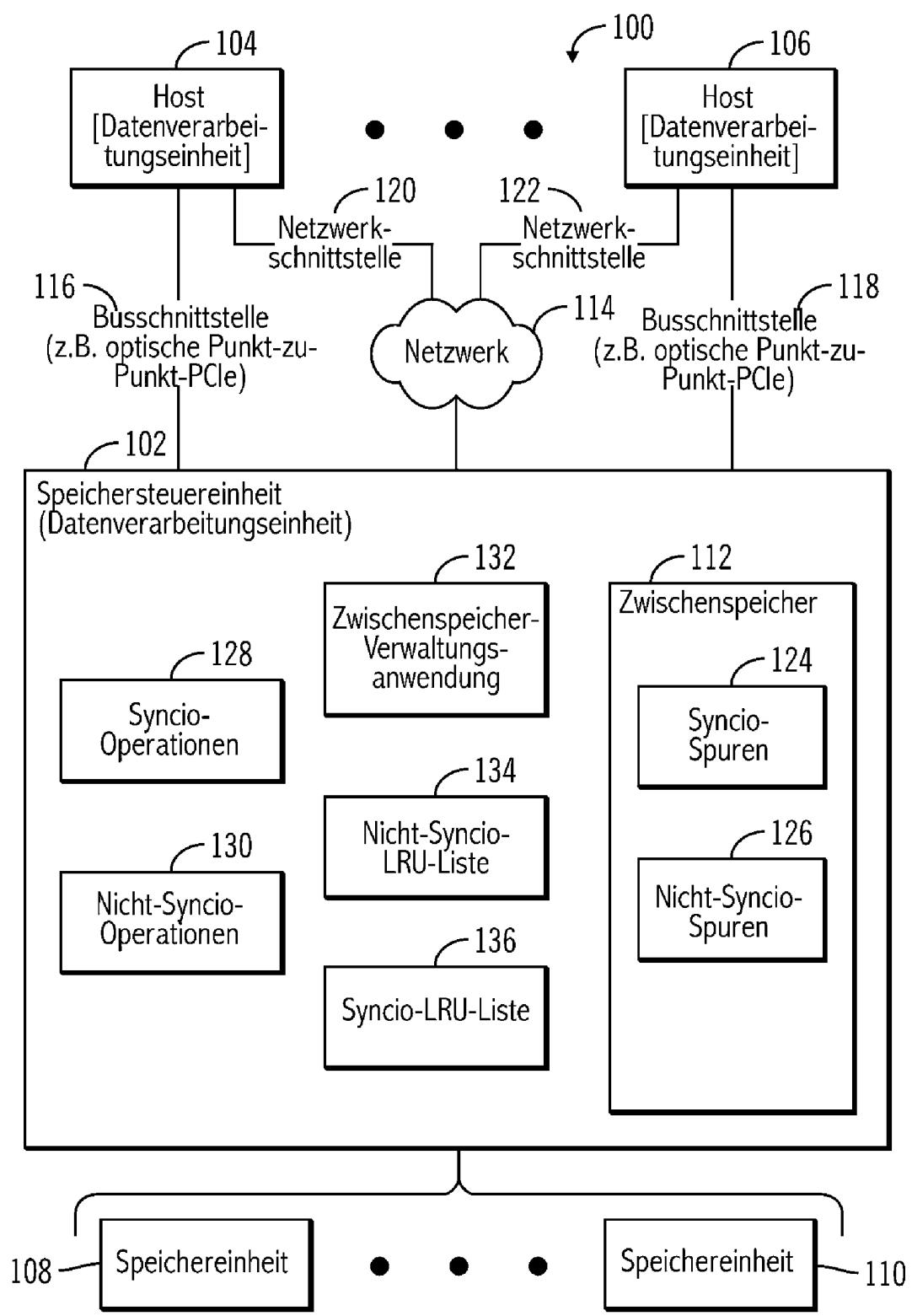


FIG. 1

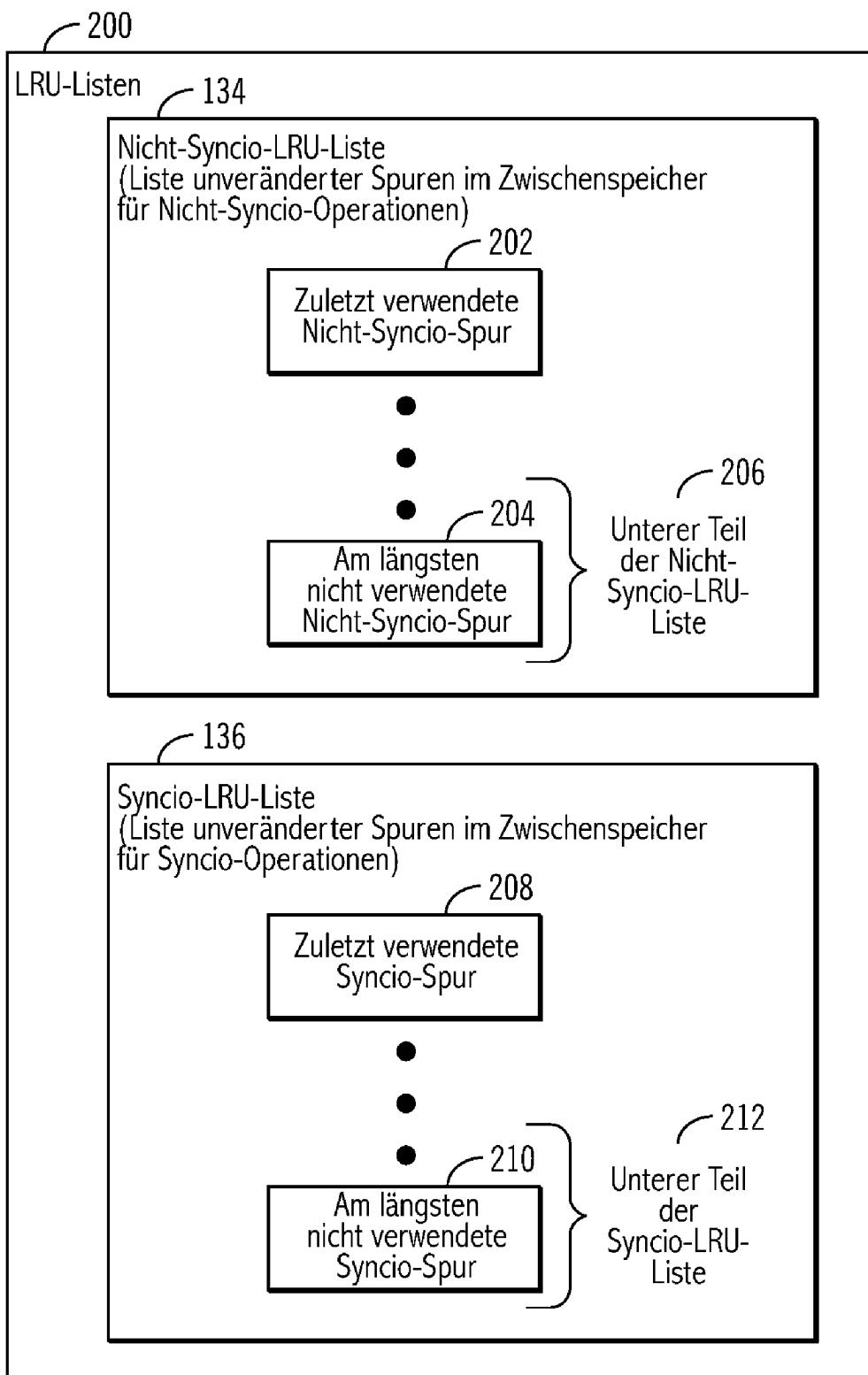


FIG. 2

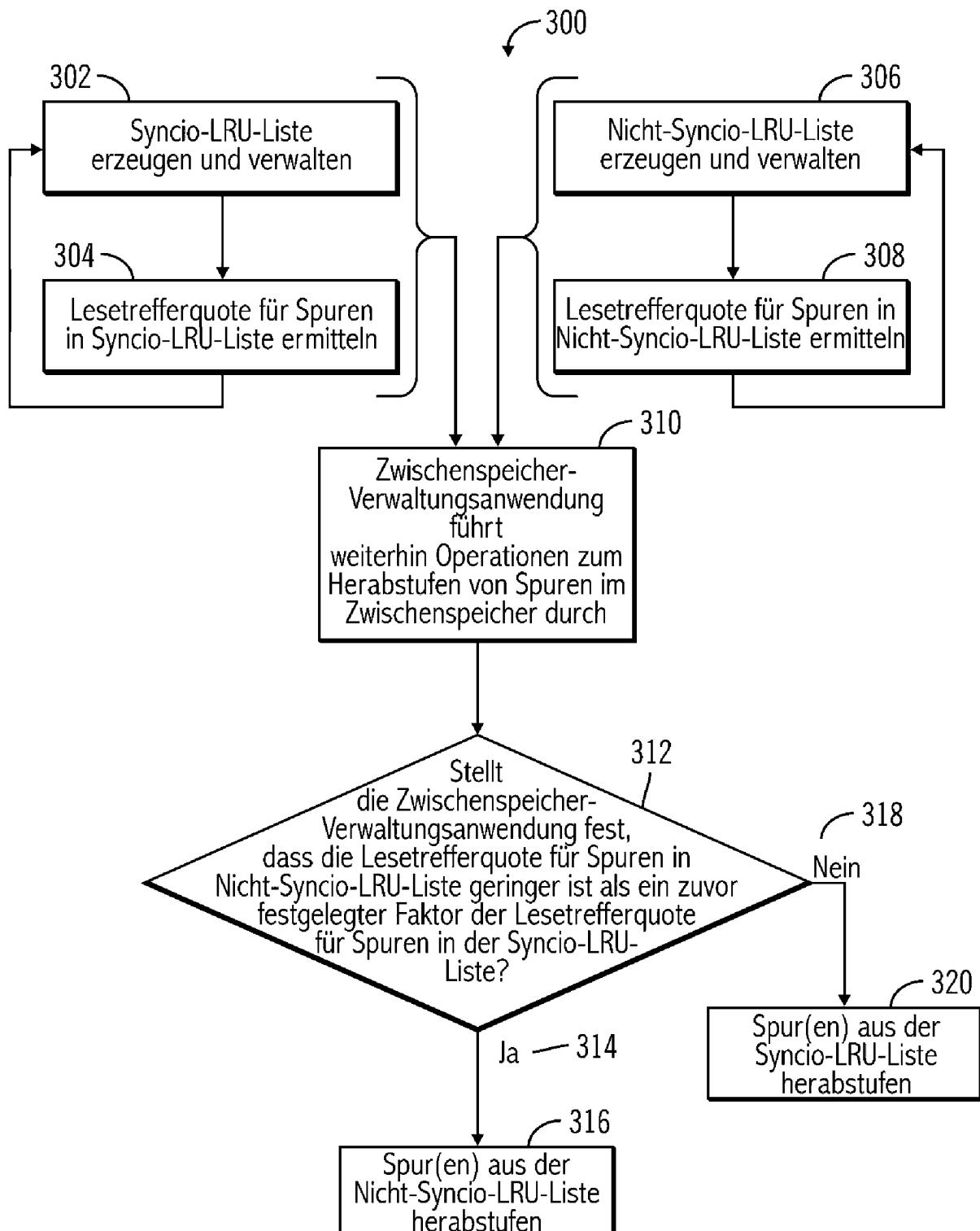
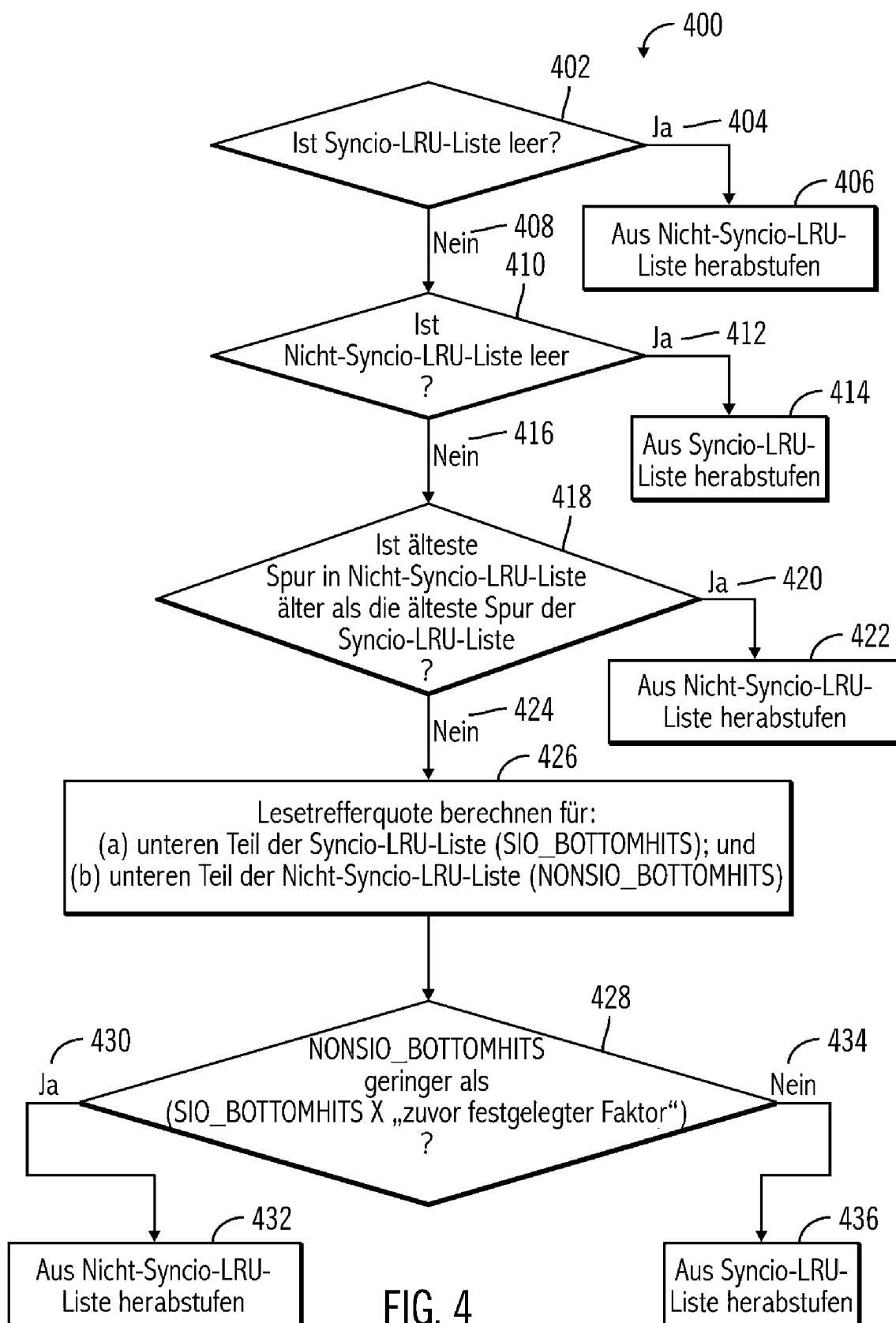


FIG. 3



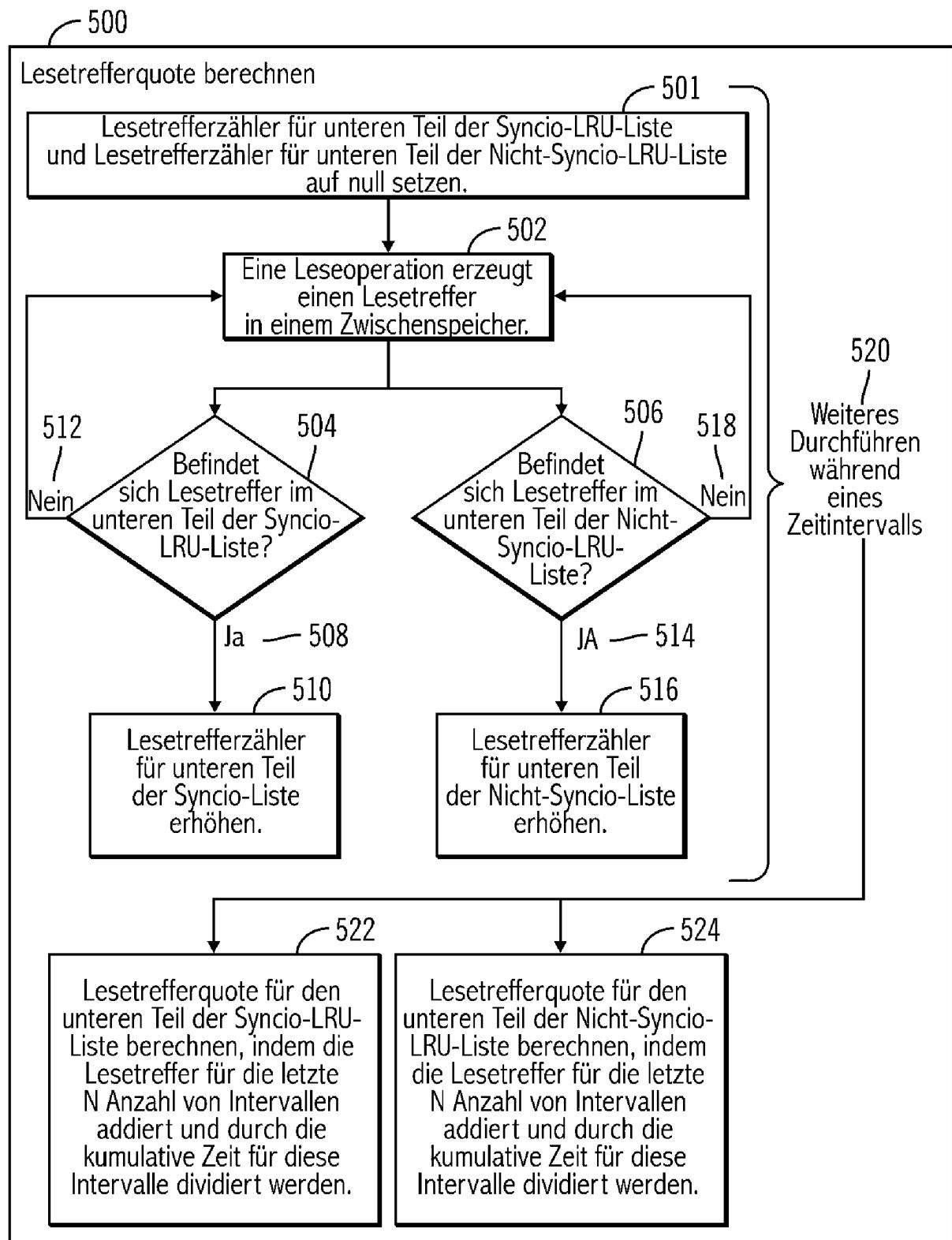


FIG. 5

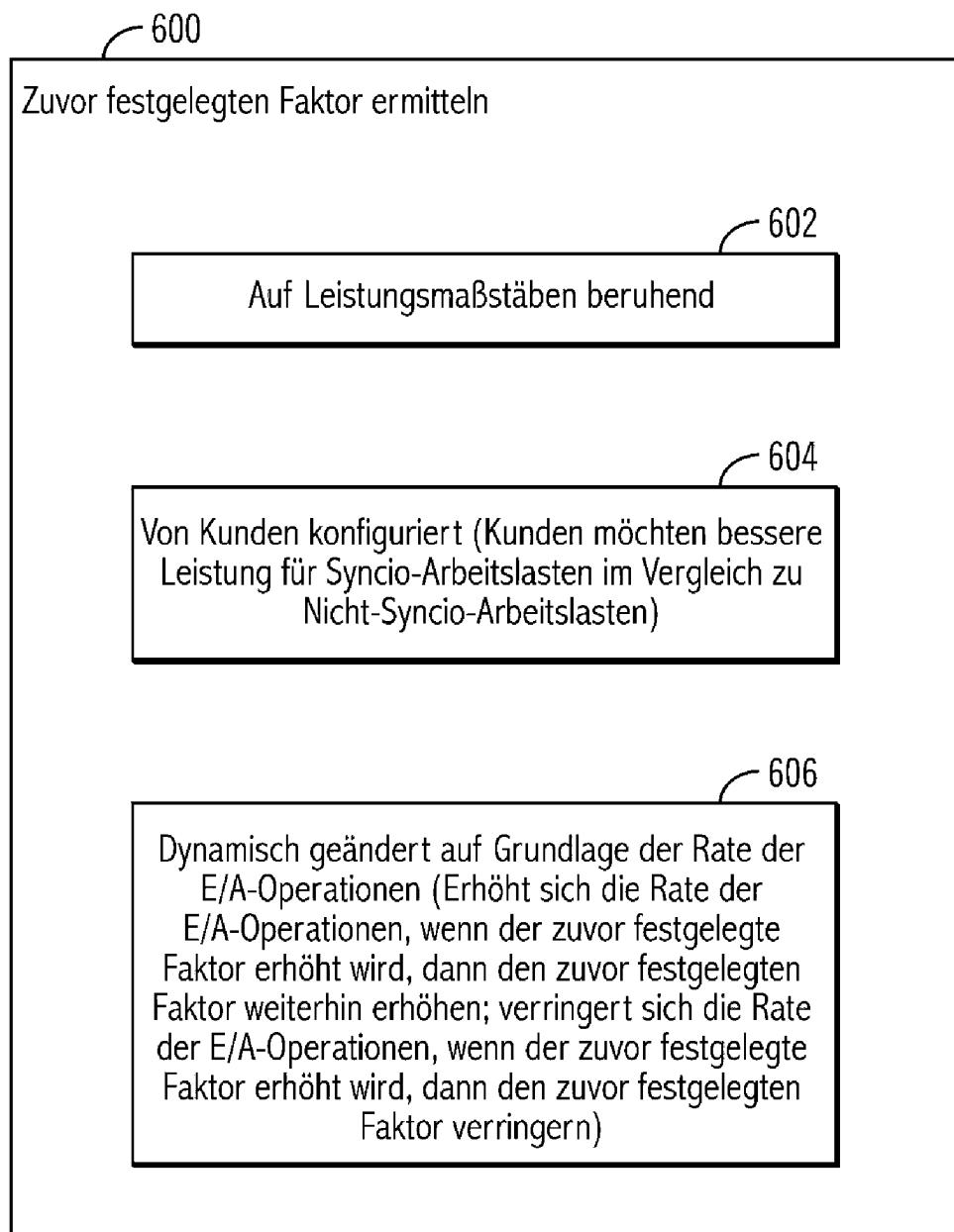


FIG. 6

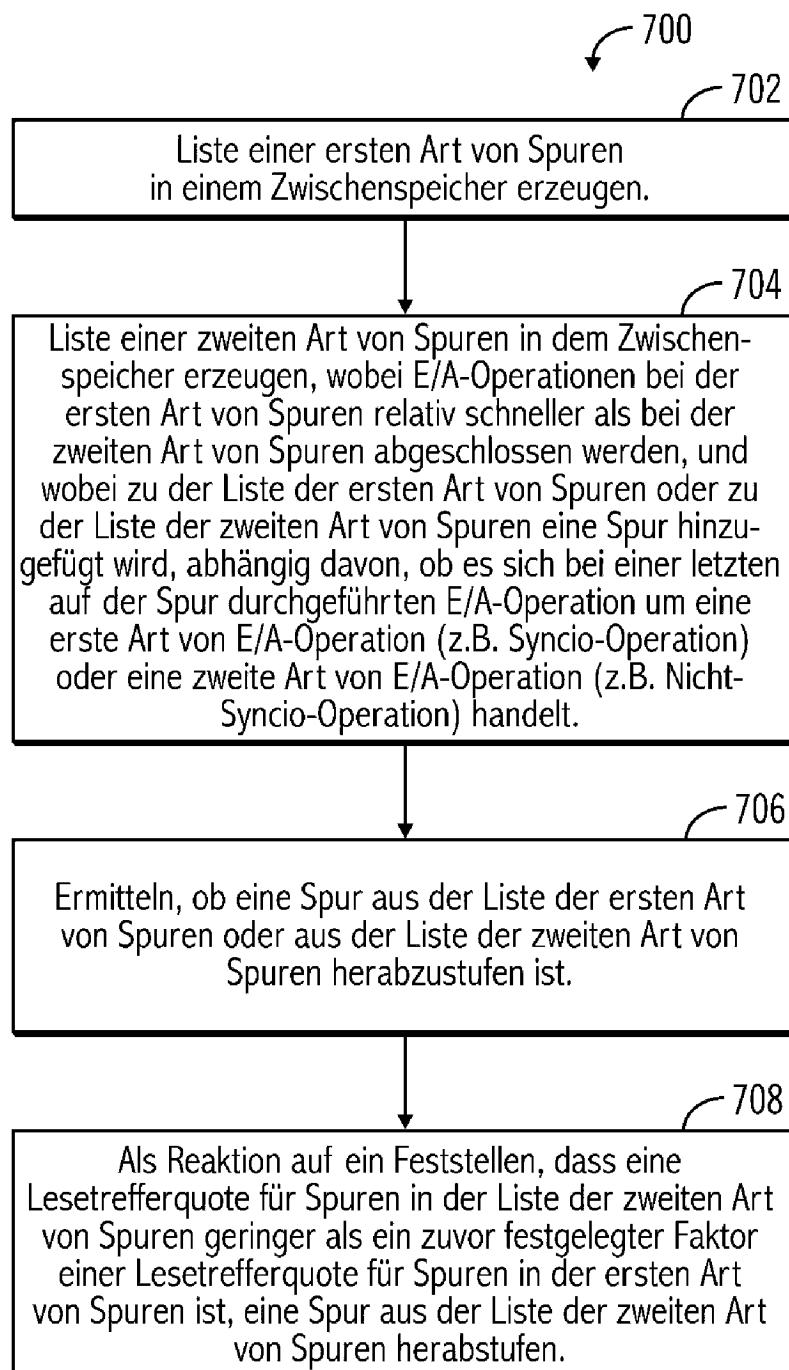
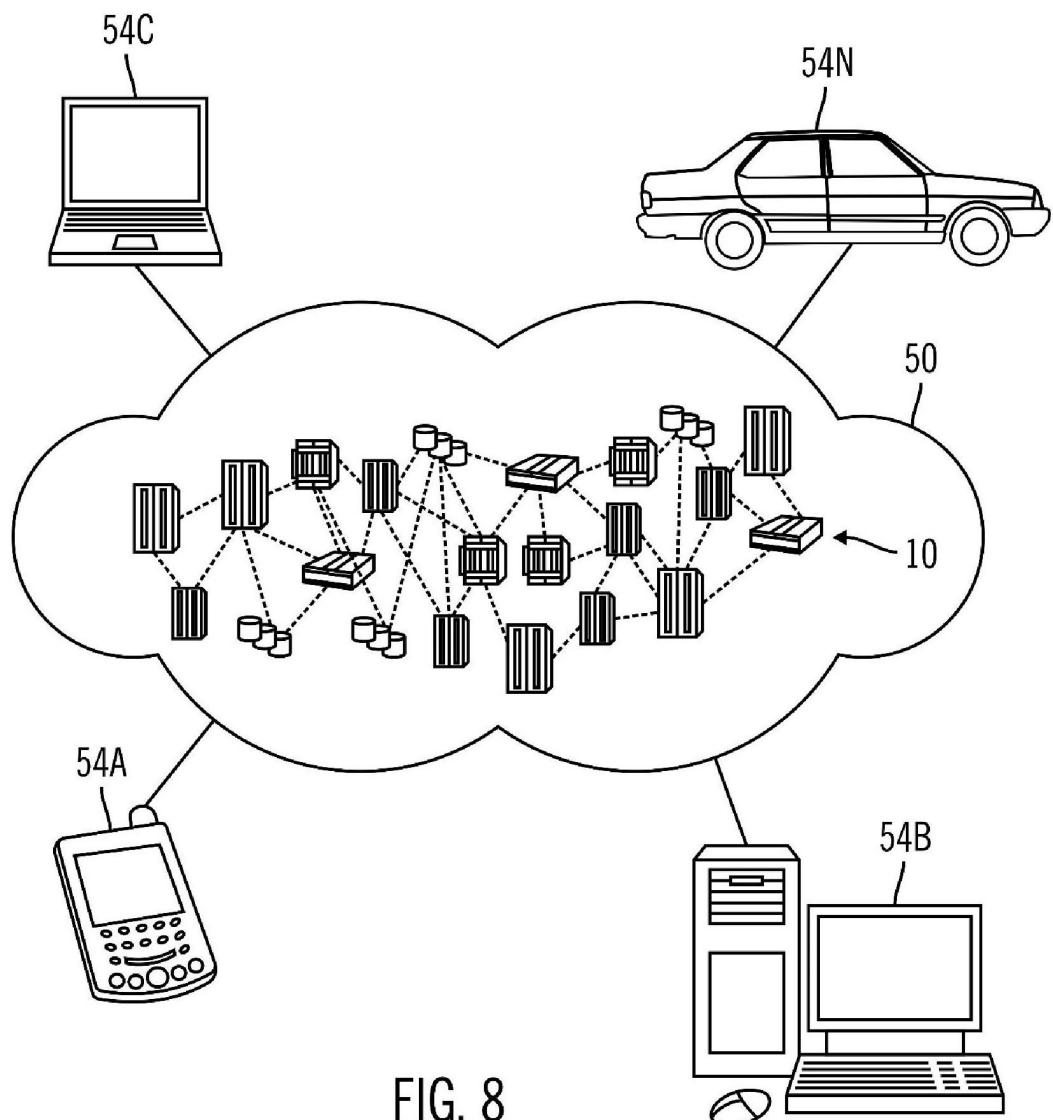


FIG. 7



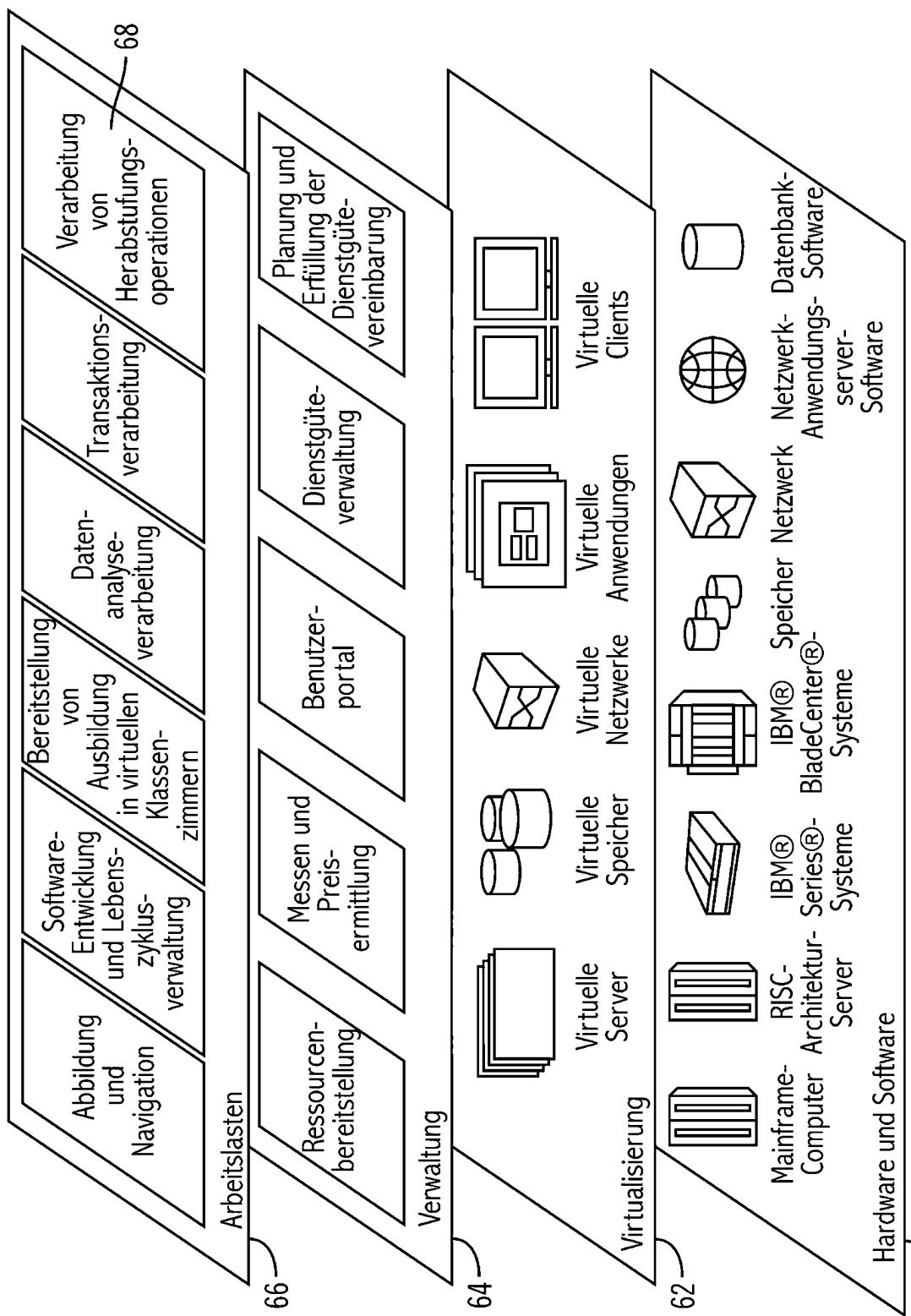


FIG. 9

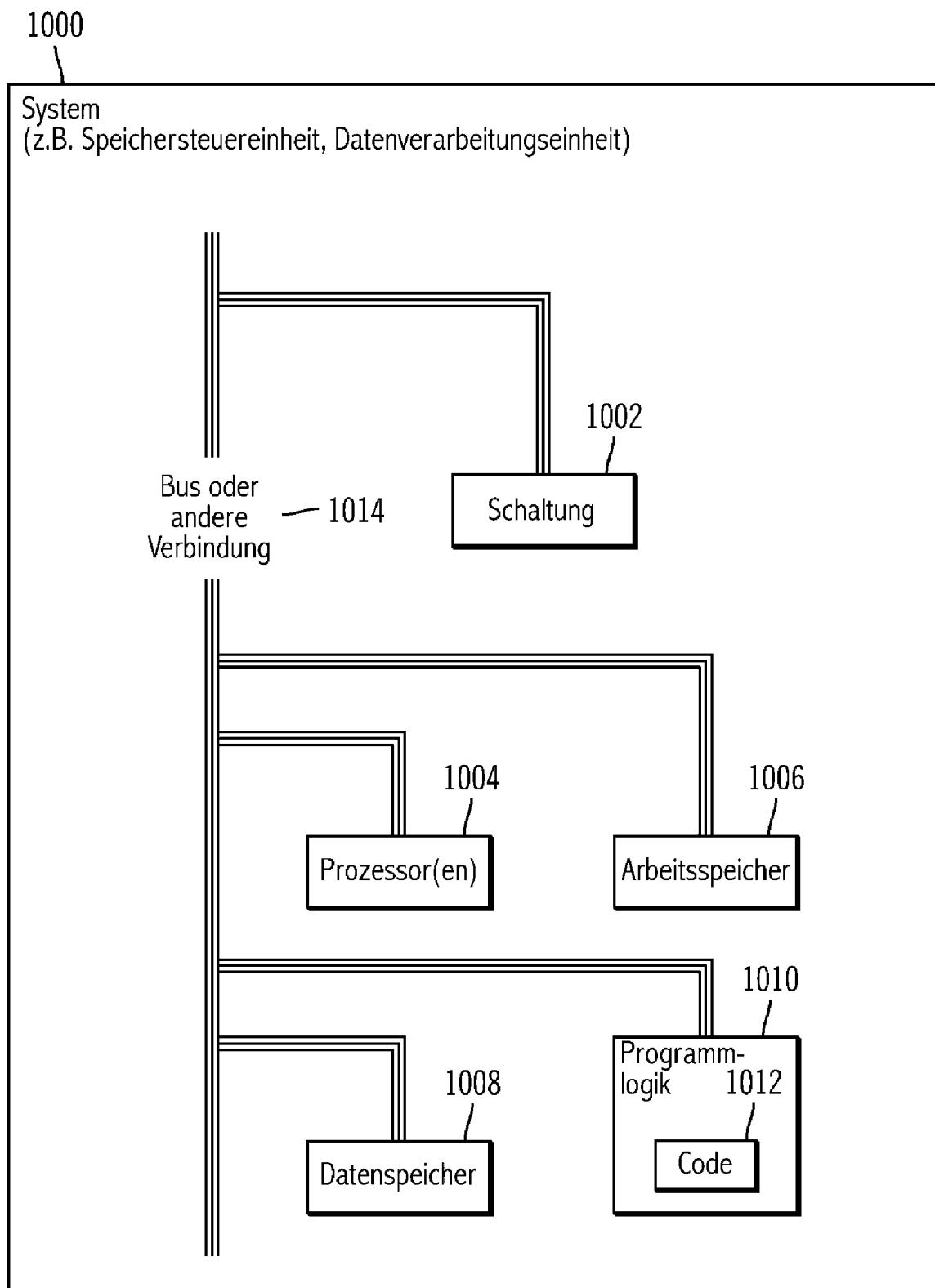


FIG. 10