



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 60 2005 000 819 T2 2008.01.10

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 706 822 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G06F 11/20** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 60 2005 000 819.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/EP2005/050065

(96) Europäisches Aktenzeichen: 05 701 462.3

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2005/069143

(86) PCT-Anmeldetag: 07.01.2005

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 28.07.2005

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 04.10.2006

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 04.04.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 10.01.2008

(30) Unionspriorität:

754231 09.01.2004 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,  
SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:

International Business Machines Corp., Armonk,  
N.Y., US

(72) Erfinder:

Shackelford, David, Hampshire SO21 2JN, GB;  
Mcbride, Gregory, Edward, Winchester,  
Hampshire, GB

(74) Vertreter:

Duscher, R., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Ass.,  
70176 Stuttgart

(54) Bezeichnung: AUFRECHTERHALTUNG DER KONSISTENZ EINER FERNKOPIE UNTER VERWENDUNG VON  
VIRTUALISIERUNG

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

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

**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Diese Anmeldung betrifft die folgende ebenfalls anhängige und gemeinsam übertragene Patentanmeldung mit dem Titel "Ordering Updates in Remote Copying of Data", Aktenzeichen des Patentanwalts: SJO920030037US1, die am selben Tag wie die vorliegende Patentanmeldung eingereicht wurde.

## Stand der Technik

**[0002]** Die vorliegende Beschreibung betrifft ein Verfahren, ein System und einen Herstellungsgegenstand zur Aufrechterhaltung der Übereinstimmung von Daten bei einer asynchronen Fernkopie mit Hilfe der Virtualisierung.

**[0003]** Aus dem Schriftstück EP 1 349 088 ist eine asynchrone Fernnachbildung oder -spiegelung von Änderungen in einer Momentaufnahme eines Quellendateisystems in einem Zielnachbildungsdateisystem bekannt, wobei Zeiger zur Herstellung einer Verknüpfung zwischen den nachgebildeten Datenträgern in dem Nachbildungsdateisystem und dem Quellendateisystem verwendet und Aktualisierungen an nicht verwendete Speicherplätze in dem Nachbildungsdatei-Speichersystem geschrieben werden.

**[0004]** Das Schriftstück US 5 555 371 lehrt ein Verfahren zum asynchronen Fernkopieren von Daten in zwei Betriebsarten, wobei es eine primäre Datenaktualisierungseinheit gibt, die wiederholt Kopien von Aktualisierungsdaten für Daten empfängt, die in einem primären Datenspeichersystem gespeichert werden, indem Datensätze zeitnah, asynchron und unterbrechungsfrei zu Sicherungszwecken in eine sekundäre unabhängige Datenspeichereinheit kopiert werden.

**[0005]** Das Schriftstück US 5 193 184 lehrt ein dynamisch abgebildetes virtuelles Datenspeichersystem, das eine dynamisch aktualisierte Abbildungstabelle verwendet, die ein virtuelles Spurenverzeichnis enthält, das verwaltet wird, um die Position der aktuellen Instanz einer jeden virtuellen Spur in einem Datenspeicher-Teilsystem mit einer Anordnung von parallelen Plattenlaufwerken abzurufen.

## Beschreibung der Erfindung

**[0006]** Informationstechnologie-Systeme einschließlich Speichersystemen müssen gegebenenfalls vor Störfällen vor Ort oder vor Ausfällen geschützt werden. Überdies können Informationstechnologie-Systeme Funktionen zur Umlagerung von Daten, zur Sicherung von Daten oder zur Vervielfältigung von Daten erforderlich machen. Ausführungsarten zur Wiederherstellung nach einem Stör- oder

Ausfall, zur Umlagerung von Daten, zur Sicherung von Daten und zur Vervielfältigung von Daten können eine Funktion zum Spiegeln oder zum Kopieren von Daten in Speichersysteme beinhalten. Bei bestimmten Informationstechnologie-Systemen werden Daten von einer primären Speichersteuerung in eine sekundäre Speichersteuerung kopiert. Als Reaktion darauf, dass die primäre Speichersteuerung nicht zur Verfügung steht, kann die sekundäre Speichersteuerung als Ersatz für die nicht zur Verfügung stehende primäre Speichersteuerung verwendet werden.

**[0007]** Das Kopieren von Daten in Informationstechnologie-Systemen kann synchron oder asynchron stattfinden. Beim synchronen Kopieren werden Daten von der primären Speichersteuerung an die sekundäre Speichersteuerung gesendet, und der Empfang dieser Daten wird bestätigt, bevor die Schreiboperationen an die primäre Speichersteuerung abgeschlossen sind. Ein synchroner Kopievorgang verlangsamt daher die Antwortzeit bei der Schreiboperation, während auf die Bestätigung von der sekundären Speichersteuerung gewartet wird. Ein synchroner Kopievorgang stellt jedoch fortlaufend übereinstimmende Daten an der sekundären Speichersteuerung bereit.

**[0008]** Ein asynchroner Kopievorgang kann ein besseres Leistungsverhalten als ein synchroner Kopievorgang aufweisen, da die Schreiboperation an die primäre Speichersteuerung abgeschlossen werden kann, bevor der Empfang der gesendeten Daten von der sekundären Speichersteuerung bestätigt wird. Jedoch muss die Datenfolgekonsistenz gegebenenfalls sichergestellt werden, da an der sekundären Speichersteuerung empfangene Daten möglicherweise nicht in der Reihenfolge der an der primären Speichersteuerung vorgenommenen Aktualisierungen, d.h. der Schreiboperationen, empfangen werden. Bei einem asynchronen Kopievorgang kann eine einheitenübergreifende Übereinstimmung zwischen der primären Speichersteuerung und der sekundären Speichersteuerung erzielt werden, indem Aktualisierungen vorübergehend an einem festen Ort wie zum Beispiel einem Journal-Datensatz gespeichert werden, bis eine Gruppe von übereinstimmenden Aktualisierungen zur Anwendung auf den Sekundärspeicher, der zu der sekundären Speichersteuerung gehört, verfügbar ist.

**[0009]** Gemäß der vorliegenden Erfindung, die in den beigefügten unabhängigen Ansprüchen 1, 5 und 6 erläutert ist, gibt es ein Verfahren, ein System und einen Herstellungsgegenstand, die dazu dienen, den Speicherinhalt zu kopieren, wobei eine erste Einheit Datenaktualisierungen von einer zweiten Einheit empfängt. Die Datenaktualisierungen werden in einer Vielzahl von physischen Speicherplätzen gespeichert, die zu der ersten Einheit gehören. Verknüpfungen werden zu mindestens einem der Vielzahl der

physischen Speicherplätze erzeugt, um übereinstimmende Daten zwischen der ersten Einheit und der zweiten Einheit zu erzielen.

**[0010]** In weiteren Ausführungsformen ist die erste Einheit eine sekundären Speichersteuerung, die mit einem Sekundärspeicher verbunden ist, und die zweite Einheit ist eine primäre Speichersteuerung, die mit einem Primärspeicher verbunden ist, wobei die Vielzahl der physischen Speicherplätze zu dem Sekundärspeicher gehören, und wobei die Datenaktualisierungen an der ersten Einheit asynchron empfangen werden.

**[0011]** In weiteren Ausführungsformen werden die empfangenen Daten nur einmal an der Vielzahl der physischen Speicherplätze gespeichert, die zu der ersten Einheit gehören, und physische Speicherplätze, die keine Verknüpfung haben, werden freigegeben, damit sie zur Speicherung von späteren Datenaktualisierungen verwendet werden können.

**[0012]** In noch weiteren Ausführungsformen sendet eine Anwendung Eingabe-/Ausgabeanforderungen an die zweite Einheit, wobei die Datenaktualisierungen Ausgabeanforderungen von der Anwendung entsprechen und wobei die Datenaktualisierungen nur einmal an der ersten Einheit gespeichert werden, wobei die erste Einheit die zweite Einheit beim Antworten auf die Eingabe-/Ausgabeanforderungen von der Anwendung jederzeit ersetzen kann und wobei die Daten in der ersten Einheit und in der zweiten Einheit jederzeit übereinstimmen.

**[0013]** In noch weiteren Ausführungsformen wird festgestellt, ob die gespeicherten Datenaktualisierungen eine Konsistenzgruppe (CG) bilden, bevor die Verknüpfungen erzeugt werden. Es erfolgt der Eintritt in einen Wartezustand, um als Reaktion auf die gespeicherten Datenaktualisierungen, die keine Konsistenzgruppe bilden, eine nächste Datenaktualisierung zu empfangen.

**[0014]** In noch weiteren Ausführungsformen wird festgestellt, ob die gespeicherten Datenaktualisierungen eine Konsistenzgruppe bilden, bevor die Verknüpfungen erzeugt werden. Der mindestens eine physische Speicherplatz, an dem die Konsistenzgruppe festgeschrieben wird, wird ermittelt, wobei zwischen dem virtuellen Speicher, der zu der ersten Einheit gehört, und dem mindestens einen ermittelten physischen Speicherplatz eine Verknüpfung hergestellt wird.

**[0015]** In weiteren Ausführungsformen wird eine Datenstruktur verwaltet, die virtuelle Speicherplätze auf den mindestens einen der Vielzahl der physischen Speicherplätze abbildet, wobei die erzeugten Verknüpfungen zu der Datenstruktur gehören und wobei eine Vielzahl von Anwendungen Einga-

be-/Ausgabeoperationen mit den virtuellen Speicherplätzen durchführen kann.

**[0016]** In weiteren Ausführungsformen werden die Datenstrukturen, die Konsistenzgruppen darstellen, welche den Datenaktualisierungen entsprechen, verwaltet, wobei die verwalteten Datenstrukturen auf die Vielzahl der physischen Speicherplätze zeigen können. An einer ersten Datenstruktur, die eine erste Konsistenzgruppe darstellt, wird als Antwort auf erste Datenaktualisierungen, die zu der ersten Konsistenzgruppe gehören, die festgeschrieben wird, eine Löschoperation durchgeführt.

**[0017]** In weiteren Ausführungsformen wird an der ersten Einheit als Reaktion darauf, dass auf eine Datenaktualisierung gewartet wird, eine Fehlermeldung empfangen. Die erzeugten Verknüpfungen werden geändert, um übereinstimmende Daten zwischen der ersten Einheit und der zweiten Einheit anzuzeigen.

**[0018]** Bestimmte Ausführungsformen erreichen mittels eines virtuellen Speichersystems eine Übereinstimmung der Daten bei asynchronen Fernkopien. Eine Nachbildungsverwaltungsanwendung (replication management application) schreibt Daten, die empfangen wurden, die aber noch nicht mit Daten übereinstimmen, die zu anderen Speichersteuerungen gehören, in nicht verwendeten physischen Speicher. Als Reaktion auf den Empfang von Daten, die notwendig sind, um eine Übereinstimmung zu ermöglichen, können Virtualisierungstabellen an den gültigen sekundären Speicherplätzen aktualisiert werden, damit sie auf Speicherplätze in dem physischen Speicher zeigen, an die die Daten geschrieben wurden. In bestimmten Ausführungsformen können die an einer sekundären Speichersteuerung empfangenen Daten nur einmal in den physischen Speicher geschrieben werden, der zu der sekundären Speichersteuerung gehört.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0019]** Es wird nun Bezug auf die Zeichnungen genommen, in denen gleiche Bezugszahlen überall entsprechende Teile darstellen:

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Datenverarbeitungsumgebung gemäß bestimmten beschriebenen Aspekten der Erfindung;

**[0021]** [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschaubild von Datenstrukturen und Einheiten in Bezug auf die Datenverarbeitungsumgebung gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung;

**[0022]** [Fig. 3](#) zeigt ein Schaubild von Konsistenzgruppen gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung;

[0023] [Fig. 4](#) zeigt Logik zur Aufrechterhaltung der Übereinstimmung mittels Virtualisierung gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung;

[0024] [Fig. 5](#) zeigt ein Blockschaubild eines ersten Zustands von Datenstrukturen in einer beispielhaften Ausführungsform gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung;

[0025] [Fig. 6](#) zeigt ein Blockschaubild eines zweiten Zustands von Datenstrukturen in einer beispielhaften Ausführungsform gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung;

[0026] [Fig. 7](#) zeigt ein Blockschaubild eines dritten Zustands von Datenstrukturen in einer beispielhaften Ausführungsform gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung;

[0027] [Fig. 8](#) zeigt Logik für Logik zur Aufrechterhaltung der Übereinstimmung und zur Wiederherstellung nach einem schweren Fehler gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung; und

[0028] [Fig. 9](#) zeigt ein Blockschaubild einer Rechnerarchitektur, bei der bestimmte beschriebene Aspekte der Erfindung realisiert sind.

Beste Art und Weise der Durchführung der Erfindung

[0029] In der folgenden Beschreibung wird Bezug auf die beigefügten Zeichnungen genommen, die einen Teil der Beschreibung bilden und mehrere Ausführungsarten darstellen. Es versteht sich, dass andere Ausführungsarten verwendet und Änderungen am Aufbau und an der Betriebsweise vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Ausführungsarten abzuweichen.

[0030] [Fig. 1](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Datenverarbeitungsumgebung gemäß bestimmten Aspekten der Erfindung. Eine primäre Speichersteuerung **100** ist mit einer sekundären Speichersteuerung **102** verbunden. Ein Anwendungssystem **104**, das eine oder mehrere Anwendungen enthält, kann E/A-Operationen einschließlich Schreiboperationen an die primäre Speichersteuerung **100** durchführen. In bestimmten Ausführungsformen kann sich das Anwendungssystem **104** in einer Host-Rechnereinheit befinden, die über einen Host-Busadapter mit der primären Speichersteuerung **100** verbunden ist.

[0031] Die primäre Speichersteuerung **100** und die sekundäre Speichersteuerung **102** können Daten in einem Primärspeicher **106** beziehungsweise einem Sekundärspeicher **108** speichern und aus ihnen abrufen, wobei der Primärspeicher **106** mit der primären Speichersteuerung **100** und der Sekundärspeicher

**108** mit der sekundären Speichersteuerung **102** verbunden ist. Darüber hinaus können die primäre Speichersteuerung **100** und die sekundäre Speichersteuerung **102** die Operationen des Primärspeichers **106** beziehungsweise des Sekundärspeichers **108** steuern. Der Primärspeicher **106** und der Sekundärspeicher **108** können einen nichtflüchtigen Speicher wie zum Beispiel Festplattenlaufwerke, RAIDs, Direktzugriffspeichereinheiten oder andere Arten von physchem Speicher einschließen.

[0032] In bestimmten Ausführungsformen ist die primäre Speichersteuerung **100** gegebenenfalls nicht funktionsbereit, und Daten, die zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören, können von einem Wiederherstellungssystem **110** zur Verarbeitung verwendet werden. In Ausführungsformen der Erfindung werden Daten, die zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören, in Übereinstimmung mit Daten gehalten, die zu der primären Speichersteuerung **100** gehören. Die Übereinstimmung wird von einer Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** aufrechterhalten.

[0033] Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** ist mit der primären Speichersteuerung **100** und der sekundären Speichersteuerung **102** verbunden, und in bestimmten Ausführungsformen kann sie Daten von der primären Speichersteuerung **100** auf die sekundäre Speichersteuerung **102** spiegeln. In manchen Ausführungsformen kann die Spiegelung erfolgen, indem Daten asynchron von der primären Speichersteuerung **100** an die sekundäre Speichersteuerung **102** kopiert werden.

[0034] In bestimmten Ausführungsformen kann die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** über die primäre Speichersteuerung **100** und die sekundäre Speichersteuerung **102** verteilt sein. In anderen Ausführungsformen kann sich die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** auf einem gesonderten System befinden, das sich von der primären Speichersteuerung **100** und der sekundären Speichersteuerung **102** unterscheidet. In noch weiteren Ausführungsformen kann sich die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** nur in der primären Speichersteuerung **100** oder aber nur in der sekundären Speichersteuerung **102** befinden.

[0035] In bestimmten Ausführungsformen hält die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** die Übereinstimmung der Datenaktualisierungen, die sie von dem Anwendungssystem **104** empfangen hat, aufrecht, wobei die Datenaktualisierungen von der primären Speichersteuerung **100** asynchron an die sekundäre Speichersteuerung **102** kopiert werden. Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** kann eine Virtualisierung des Sekundärspeichers **108**, der mit der sekundären Speichersteuerung **102** verbunden ist, durchführen, um die Übereinstimmung von Daten

bei der primären Speichersteuerung **100** und der sekundären Speichersteuerung **102** aufrechtzuerhalten. In bestimmten Ausführungsformen beinhaltet die Virtualisierung die Abbildung des physischen Sekundärspeichers **108** auf virtuelle Datenträger.

**[0036]** [Fig. 1](#) zeigt daher eine Ausführungsform, bei der die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** die sekundäre Speichersteuerung **102** virtualisiert und die Übereinstimmung von Daten bei der primären Speichersteuerung **100** und der sekundären Speichersteuerung **102** aufrechterhält, wobei Daten asynchron von der primären Speichersteuerung **100** an die Speichersteuerung **102** kopiert werden.

**[0037]** [Fig. 2](#) zeigt ein Blockschaubild von Datenstrukturen und Einheiten gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung, die zu der Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** und der sekundären Speichersteuerung **102** gehören.

**[0038]** Die sekundäre Speichersteuerung **102** kann Datenaktualisierungen **200** empfangen, die als Folge von Schreiboperationen von einer oder von mehreren Anwendungen **204a** bis **204m** an die primäre Speichersteuerung **100** erzeugt wurden, wobei die eine oder die mehreren Anwendungen **204a** bis **204m** das Anwendungssystem **104** bilden können. In bestimmten Ausführungsformen kommen die Datenaktualisierungen **200** von dem Anwendungssystem **104** asynchron an der sekundären Speichersteuerung **102** über die primäre Speichersteuerung **100** an, und die Datenaktualisierungen **200** können als ein Datenaktualisierungsstrom bezeichnet werden.

**[0039]** Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** erzeugt eine oder mehrere virtuelle Einheiten wie zum Beispiel die virtuellen Datenträger **206a** bis **206n**, die zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören. Die primäre Speichersteuerung **100** kann auch über virtuelle Datenträger verfügen, die den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n** entsprechen. In bestimmten Ausführungsformen werden die Daten, die den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n** entsprechen, an Speicherplätzen in dem physischen Sekundärspeicher **108** gespeichert. Die Abbildung der virtuellen Datenträger **206a** bis **206n** auf Speicherplätze in dem physischen Sekundärspeicher **108** kann in Virtualisierungstabellen gespeichert werden, die zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören. In bestimmten Ausführungsformen kann eine Verbindung zwischen den Virtualisierungstabellen **208** und den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n** hergestellt werden.

**[0040]** Das Anwendungssystem **104** führt E/A-Operationen an virtuellen Datenträgern aus, die zu der primären Speichersteuerung **100** gehören, und zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören auch entsprechende virtuelle Datenträger **206a** bis

**206n**.

**[0041]** In bestimmten Ausführungsformen kann die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** eine Konsistenzgruppen-Feststellungsanwendung **210** und zugehörige Datenstrukturen beinhalten, die den Konsistenzgruppen **212** entsprechen.

**[0042]** Folglich beschreibt [Fig. 2](#) eine Ausführungsform, bei der die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** die sekundäre Speichersteuerung **100** virtualisiert und eine Übereinstimmung der Daten bei der primären Speichersteuerung **100** und der sekundären Speichersteuerung **102** aufrechterhält.

**[0043]** [Fig. 3](#) zeigt ein Schaubild von beispielhaften von der Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** erzeugten Konsistenzgruppen gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung.

**[0044]** Eine Konsistenzgruppe ist eine Gruppe von Aktualisierungen, bei der sich die Aktualisierungen über eine Vielzahl von Datenträgern erstrecken können und wobei die Aktualisierungen zusammen geschrieben werden müssen, um eine gegenseitige Datenkonsistenz zwischen den Daten aufrechtzuerhalten, die auf jedem Datenträger der Vielzahl der Datenträger enthalten sind. Um ein Beispiel zu geben, das nicht als Einschränkung zu verstehen ist, kopiert ein erster Befehl den Inhalt des Datenträgers A1, der zu der primären Speichersteuerung **100** gehört, auf den Datenträger B1, der zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehört, und ein zweiter Befehl kopiert den Inhalt des Datenträgers A2, der zu der primären Speichersteuerung gehört, auf den Datenträger B2, der zu der sekundären Speichersteuerung gehört. Es ist notwendig, dass die Datenträger B1 und B2 zu einem bestimmten Zeitpunkt einen übereinstimmenden Zustand des Datensatzes auf den Datenträgern A1 und A2 darstellen. Bei einer bestimmten Abfolge von Operationen auf den Datenträgern kann der folgende Satz von abhängigen Schreiboperationen durch das Anwendungssystem **104** stattfinden (wobei die zweite Operation nach der ersten Operation stattfindet):

1. Schreibe in den Datensatz auf dem Datenträger A1 (Daten aktualisiert)
2. Schreibe in den Datensatz auf dem Datenträger A2 (Daten aktualisiert)

**[0045]** Wenn der Inhalt der Datenträger A1 und A2 über die Datenaktualisierungen **200** asynchron auf die Datenträger B1 beziehungsweise B2 kopiert wird, kann die folgende nicht als Einschränkung zu verstehende Abfolge von Operationen einen Zustand erzeugen, bei dem der Inhalt der Datenträger B1, B2 nicht mit dem Inhalt der Datenträger A1, A2 übereinstimmt.

1. Kopiere den Inhalt des Datenträgers A1 auf den Datenträger B1

2. Schreibe in den Datensatz auf dem Datenträger A1 (Daten aktualisiert)
3. Schreibe in den Datensatz auf dem Datenträger A2 (Daten aktualisiert)
4. Kopiere den Inhalt des Datenträgers A2 auf den Datenträger B2

**[0046]** Bei Beendigung aller Kopieroperationen, d.h. bei Beendigung der vierten Operation, enthält der Datenträger B2 die Datenaktualisierung des Datenträgers A2, wohingegen der Datenträger B1 nicht die Datenaktualisierung des Datenträgers A1 enthält. Der Satz von Datenträgern B1, B2 befindet sich in einem Zustand, der nicht mit dem Zustand des Satzes der Datenträger A1, A2 übereinstimmt. Eine Anwendung **204a** bis **204m**, die die Datenträger B1, B2 verwendet, welche zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören, könnte nach einem Fehler nicht mit einer auf den Datenträgern B1, B2 gespeicherten Sicherungskopie wiederhergestellt werden.

**[0047]** Folglich können nicht alle in Folge stattfindenden Datenaktualisierungen einen übereinstimmenden Satz von Datenaktualisierungen bilden. In [Fig. 3](#) stellen die Zeilen der Tabelle **300** verschiedene Einheiten dar, und die Spalten stellen unterschiedliche Zeitpunkte dar. Bei den Zeitpunkten handelt es sich um relative und nicht um absolute Zeitpunkte. Zum Beispiel ist t3 (Bezugszahl **306**) ein Zeitpunkt nach t2 (Bezugszahl **304**), und t2 (Bezugszahl **304**) ist ein Zeitpunkt nach t1 (Bezugszahl **302**). Eine Kombination aus Buchstabe und Zahl im Hauptteil der Tabelle **300** gibt eine an einer Einheit vorgenommene Aktualisierung zu einem bestimmten Zeitpunkt an, wobei der Buchstabe eine Anwendung und die Zahl eine Abfolge von Aktualisierungen für die Anwendung angibt. B1 (Bezugszahl **308**) zum Beispiel ist die erste Datenaktualisierung von einer Anwendung mit der Bezeichnung B, wobei die Aktualisierung für die Einheit D3 (Bezugszahl **310**) ist, die zum relativen Zeitpunkt t1 (Bezugszahl **302**) ankommt. Die unterschiedlichen Schattierungen bei den Einträgen der Tabelle **300** geben einen Satz von Aktualisierungen mit übereinstimmenden Daten an und sind nicht unbedingt nur senkrechte Eintragungsbereiche in der Tabelle. Die Tabelle **300** beispielsweise hat drei Konsistenzgruppen **312**, **314**, **316**. Bei Daten, die zu der Sekundärsteuerung **102** gehören, müssen die Aktualisierungsdaten in einer Konsistenzgruppe gegebenenfalls zusammen auf die Sekundärsteuerung **102** angewendet werden, damit sie weiterhin mit den Daten, die zu der Primärsteuerung **100** gehören, übereinstimmen. Die Festlegung der Konsistenzgruppen **312**, **314**, **316** in der Tabelle **300** kann in jeder beliebigen in der Technik bekannten Art und Weise vorgenommen werden.

**[0048]** Folglich zeigt [Fig. 3](#) eine Ausführungsform von beispielhaften Konsistenzgruppen **312**, **314**, **316**, die von der Nachbildungsverwaltungsanwendung

**112** durch Verarbeitung des Datenaktualisierungsstroms **200** erzeugt werden können, welcher von der primären Speichersteuerung **100** asynchron an der sekundären Speichersteuerung **102** ankommt. Um die Übereinstimmung der Daten mit den Daten der primären Speichersteuerung **102** zu wahren, wird zunächst eine Konsistenzgruppe festgelegt und festgeschrieben, und anschließend werden die Datenaktualisierungen der Konsistenzgruppe über Zeiger oder Verknüpfungen in den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n** der sekundären Speichersteuerung **108** wiedergespiegelt.

**[0049]** [Fig. 4](#) zeigt Logik zur Aufrechterhaltung der Übereinstimmung mittels Virtualisierung, die in der sekundären Speichersteuerung **102** gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung realisiert ist.

**[0050]** Die Steuerung beginnt am Block **400**, an dem die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** Virtualisierungstabellen **208** erzeugt, die den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n** entsprechen, welche zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören, wobei die Virtualisierungstabellen **208** auf Speicherplätze in dem physischen Speicher **108** zeigen und den übereinstimmenden Dateninhalt der virtuellen Datenträger **206a** bis **206n** angeben. Die Übereinstimmung des Dateninhalts der virtuellen Datenträger **206a** bis **206n** gilt in Bezug auf den Dateninhalt, der zu der primären Speichersteuerung **100** gehört.

**[0051]** Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** empfängt (am Block **402**) eine Datenaktualisierung **200** für einen virtuellen Datenträger **206a** bis **206n**, der zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehört. In bestimmten Ausführungsformen kann die Datenaktualisierung **200** zum Beispiel die Datenaktualisierung B1 (Bezugszahl **308**) sein.

**[0052]** Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** schreibt (am Block **404**) die Datenaktualisierung **200** in nicht verwendeten physischen Speicher. Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** kann die Datenaktualisierung **200** zum Beispiel in nicht verwendete Speicherplätze des Sekundärspeichers **108** schreiben.

**[0053]** Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** stellt (am Block **406**) fest, ob alle Datenaktualisierungen für eine Konsistenzgruppe **212** wie zum Beispiel für die Konsistenzgruppen **312**, **314**, **316** empfangen worden sind. Wenn ja, aktualisiert die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **408**) die Virtualisierungstabellen **208**, damit sie auf die Speicherplätze in dem physischen Speicher **108** zeigen, die eine Festschreibung der Datenaktualisierungen, die in der Konsistenzgruppe **212** enthalten sind, angeben. Die aktualisierten Virtualisierungstabellen **208** geben die neuen Daten an, die zu den virtuellen

Datenträgern **206a** bis **206n** gehören. Die zu den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n** gehörenden Daten der sekundären Speichersteuerung **102** stimmen folglich mit den Daten überein, die zu der primären Speichersteuerung **100** gehören.

**[0054]** Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** gibt (am Block **410**) als Folge der an den Virtualisierungstabellen **208** vorgenommenen Aktualisierungen Speicherplatz in dem physischen Speicher **108** frei. Zum Beispiel werden bestimmte Datenaktualisierungen **200**, die am Block **404** in den nicht verwendeten physischen Speicher geschrieben werden, möglicherweise nicht benötigt, und folglich kann Speicherplatz freigegeben werden. Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** empfängt (am Block **402**) die nächste Datenaktualisierung **200**.

**[0055]** Wenn die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **406**) feststellt, dass nicht alle Datenaktualisierungen für eine Konsistenzgruppe **212**, wie zum Beispiel für die Konsistenzgruppen **312**, **314**, **316**, empfangen worden sind, empfängt die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **402**) die nächste Datenaktualisierung **200**.

**[0056]** Folglich beschreibt [Fig. 4](#) bestimmte Ausführungsformen, bei denen die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** alle Datenaktualisierungen **200** an Speicherplätze in dem nicht verwendeten physischen Speicher **108** schreibt, und nachdem sie eine Konsistenzgruppe **212** festgestellt hat, kann sie nur eine bestimmte Anzahl der geschriebenen Datenaktualisierungen dauerhaft schreiben, indem sie die Virtualisierungstabellen **208** aktualisiert, damit diese auf die bestimmte Anzahl der geschriebenen Datenaktualisierungen zeigen. Es ist nicht notwendig, die geschriebenen Datenaktualisierungen zu kopieren.

**[0057]** [Fig. 5](#) zeigt ein Blockschaubild eines ersten Zustands von Datenstrukturen in einer beispielhaften Ausführungsform gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung, wobei ursprüngliche Daten zu der sekundären Speichersteuerung **102** gehören und Datenaktualisierungen, die ersten und zweiten Konsistenzgruppen entsprechen, an der sekundären Speichersteuerung **102** angekommen sind, aber nicht festgeschrieben wurden.

**[0058]** In [Fig. 5](#) ist eine lineare Darstellung einer beispielhaften Platte **500** wie zum Beispiel des physischen Speichers **108** gezeigt. Die beispielhafte Platte **500** hat zehn physische Blöcke, wobei der erste physische Block einen ersten virtuellen Block (VB) mit der Bezeichnung VB1 enthält, der Teil der ursprünglichen Daten auf der Platte **500** ist. Wenn Datenaktualisierungen **200** ankommen und verschiedenen Konsistenzgruppen (CG) zugeordnet werden, werden die Datenaktualisierungen auf die Platte **500** geschrieben. Zum Beispiel wird eine Datenaktualisierung **200**

für den vierten virtuellen Block (V34), der zu der zweiten Konsistenzgruppe (CG2) gehört, in den physischen Block fünf geschrieben. Die virtuellen Blöcke entsprechen den virtuellen Datenträgern **206a** bis **206n**.

**[0059]** [Fig. 5](#) zeigt auch die aktuellen Datenzeiger **502**, die auf die physischen Blöcke der ursprünglichen Daten auf der Platte **500** zeigen, Zeiger **504** auf eine erste Konsistenzgruppe, die auf die physischen Blöcke zeigen, welche den Datenaktualisierungen entsprechen, die die erste Konsistenzgruppe bilden, und Zeiger **506** auf eine zweite Konsistenzgruppe, die auf die physischen Blöcke zeigen, welche den Datenaktualisierungen entsprechen, die die zweite Konsistenzgruppe bilden.

**[0060]** Tabellen der Zeiger **502**, **504**, **506**, die die Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke darstellen, werden ebenfalls verwaltet. Zum Beispiel zeigt die Tabelle **508** des aktuellen Datenzeigers die aktuelle Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke auf der Platte **500**. Die Abbildung in der Tabelle **508** des aktuellen Datenzeigers zeigt dauerhaft geschriebene (hardened) oder festgeschriebene Daten, das heißt Daten, die bei der primären Speichersteuerung **100** und bei der sekundären Speichersteuerung **102** übereinstimmen. Die Anwendungen **204a** bis **204n**, die auf Daten zugreifen, welche der sekundären Speichersteuerung **102** zugeordnet sind, arbeiten mit den Daten, auf die die Zeiger **502** für die aktuellen Daten zeigen.

**[0061]** Die Tabelle **510** des Zeigers auf die erste Konsistenzgruppe zeigt die Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke auf der Platte **500** bei Datenaktualisierungen, die zu der ersten Konsistenzgruppe gehören. Die Daten, die in der Tabelle **510** des Zeigers auf die erste Konsistenzgruppe dargestellt werden, werden nicht dauerhaft geschrieben, da die erste Konsistenzgruppe noch nicht festgeschrieben wurde.

**[0062]** Ebenso zeigt eine Tabelle **512** des Zeigers auf die zweite Konsistenzgruppe die Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke auf der Platte **500** bei Datenaktualisierungen, die zu der zweiten Konsistenzgruppe gehören. Die Daten, die in der Tabelle **512** des Zeigers auf die zweite Konsistenzgruppe dargestellt werden, werden nicht dauerhaft geschrieben, da die zweite Konsistenzgruppe noch nicht festgeschrieben wurde.

**[0063]** Folglich zeigt [Fig. 5](#) einen ersten Zustand von Datenstrukturen in einer Ausführungsform, bei der Datenaktualisierungen **200** für die erste Konsistenzgruppe und die zweite Konsistenzgruppe an der sekundären Speichersteuerung **102** angekommen sind, aber noch nicht festgeschrieben wurden.

[0064] [Fig. 6](#) zeigt ein Blockschaubild eines zweiten Zustands von Datenstrukturen in einer beispielhaften Ausführungsform gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung, wobei die Datenaktualisierungen **200**, die der Tabelle **510** des Zeigers auf die erste Konsistenzgruppe entsprechen, dauerhaft geschrieben wurden, das heißt, die erste Konsistenzgruppe wurde festgeschrieben, und nicht festgeschriebene Datenaktualisierungen **200**, die einer dritten Konsistenzgruppe entsprechen, kamen an der sekundären Speichersteuerung **102** an.

[0065] [Fig. 6](#) zeigt die aktualisierten aktuellen Datenzeiger **502**, die auf die physischen Blöcke der ursprünglichen Daten auf der Platte **500** zeigen, die Zeiger **506** auf die zweite Konsistenzgruppe, die auf die physischen Blöcke zeigen, welche den Datenaktualisierungen entsprechen, die die nicht festgeschriebene zweite Konsistenzgruppe bilden, und Zeiger **600** auf eine neue dritte Konsistenzgruppe, die auf die physischen Blöcke zeigen, die den nicht festgeschriebenen Datenaktualisierungen entsprechen, welche die dritte Konsistenzgruppe bilden.

[0066] Tabellen der Zeiger **502**, **506**, **510**, die die Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke darstellen, werden ebenfalls verwaltet. Zum Beispiel zeigt die Tabelle **508** des aktuellen Datenzeigers die aktuelle Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke auf der Platte **500**. Die Abbildung in der Tabelle **508** des aktuellen Datenzeigers zeigt dauerhaft geschriebene oder festgeschriebene Daten, nachdem die Datenaktualisierungen **200** der ersten Konsistenzgruppe festgeschrieben worden sind.

[0067] Die Tabelle **602** des Zeigers auf die dritte Konsistenzgruppe zeigt die Abbildung der virtuellen Blöcke auf die physischen Blöcke auf der Platte **500** bei Datenaktualisierungen, die zu der dritten Konsistenzgruppe gehören. Die Daten, die in der Tabelle **512** des Zeigers auf die zweite Konsistenzgruppe oder in der Tabelle **602** des Zeigers auf die dritte Konsistenzgruppe dargestellt sind, werden nicht dauerhaft geschrieben, da die zweite Konsistenzgruppe und die dritte Konsistenzgruppe noch nicht festgeschrieben wurden. In [Fig. 6](#) wurde die Tabelle **510** des Zeigers auf die erste Konsistenzgruppe gelöscht, da die Datenaktualisierungen für die erste Konsistenzgruppe festgeschrieben wurden.

[0068] Folglich zeigt [Fig. 6](#) eine Ausführungsform, bei der Datenaktualisierungen **200** für die erste, die zweite und die dritte Konsistenzgruppe an der sekundären Speichersteuerung **102** angekommen sind und nur die Datenaktualisierungen der ersten Konsistenzgruppe festgeschrieben wurden.

[0069] [Fig. 7](#) zeigt ein Blockschaubild eines dritten Zustands von Datenstrukturen in einer beispielhaften

Ausführungsform gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung. In [Fig. 7](#) wurden die Datenaktualisierungen **200**, die der zweiten und der dritten Konsistenzgruppe entsprechen, festgeschrieben.

[0070] Da die Datenaktualisierungen der ersten, der zweiten und der dritten Konsistenzgruppe festgeschrieben wurden, sind die Tabelle **510** des Zeigers auf die erste Konsistenzgruppe, die Tabelle **512** des Zeigers auf die zweite Konsistenzgruppe und die Tabelle **602** des Zeigers auf die dritte Konsistenzgruppe alle als gelöscht gezeigt. Die aktuellen Datenzeiger zeigen auf die physischen Blöcke 5, 6, 8, 9 der Platte **500** und entsprechen den virtuellen Blöcken VB4, VB2, VB1 beziehungsweise VB3.

[0071] Folglich zeigt [Fig. 7](#) eine Ausführungsform, bei der Datenaktualisierungen **200** für die erste, die zweite und die dritte Konsistenzgruppe an der sekundären Speichersteuerung **102** angekommen sind und alle Datenaktualisierungen festgeschrieben wurden.

[0072] [Fig. 8](#) zeigt Logik für Logik zur Aufrechterhaltung der Übereinstimmung von Daten und zur Wiederherstellung nach einem schweren Fehler gemäß bestimmten beschriebenen Ausführungsarten der Erfindung, welche in der Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** ausgeführt wird.

[0073] Die Steuerung beginnt am Block **800**, an dem eine aktuelle Konsistenzgruppe auf den Anfangswert eins gesetzt wird. Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** stellt (am Block **802**) fest, ob alle Speichersteuerungen, das heißt die primäre Speichersteuerung **100** und die sekundäre Speichersteuerung **102**, die Datenaktualisierungen der aktuellen Konsistenzgruppe empfangen haben. Wenn ja, schreibt die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** die Datenaktualisierungen der aktuellen Konsistenzgruppe fest und setzt (am Block **804**) die aktuellen Zeiger bei allen Speichersteuerungen auf die Datenaktualisierungen der aktuellen Konsistenzgruppe. In bestimmten Ausführungsformen können die aktuellen Zeiger über Datenstrukturen realisiert werden, die den Virtualisierungstabellen **208** und/oder den Zeigertabellen **508**, **510**, **512**, **602** zugeordnet sind.

[0074] Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** stellt (am Block **806**) fest, ob alle Zeiger aktualisiert worden sind. Wenn ja, löscht die Nachbildungsverwaltungsanwendung (am Block **808**) die Zeiger auf die aktuelle Konsistenzgruppe.

[0075] Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** erhöht (am Block **810**) die aktuelle Konsistenzgruppe. Wenn die Datenaktualisierungen der ersten Konsistenzgruppe zum Beispiel in einem ersten Wiederholungslauf der Blöcke **802** bis **808** verarbeitet werden, würden in dem zweiten Wiederholungslauf

der Blöcke **802** bis **808** die Datenaktualisierungen der zweiten Konsistenzgruppe verarbeitet werden. Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** wartet (am Block **812**) auf die Ankunft von Datenaktualisierungen der aktuellen Konsistenzgruppe. Wenn während der Wartezeit kein Fehler auftritt, schaltet die Steuerung zum Block **802**, an dem die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** feststellt, ob alle Speichersteuerungen die Datenaktualisierungen für die aktuelle Konsistenzgruppe empfangen haben.

**[0076]** Wenn die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **802**) feststellt, dass nicht alle Speichersteuerungen die Datenaktualisierungen der aktuellen Konsistenzgruppe empfangen haben, wartet die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **812**) auf die Ankunft aller Datenaktualisierungen der aktuellen Konsistenzgruppe. Wenn während der Wartezeit (am Block **814**) ein Fehler oder eine schwere Störung auftritt, stellt die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **814**) zunächst die aktuelle Konsistenzgruppe bei allen Speichersteuerungen und dann die letzte vorhandene Konsistenzgruppe in jeder Speichersteuerung fest. Die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** stellt (am Block **818**) die bei allen Speichersteuerungen größte vorhandene Konsistenzgruppe fest und aktualisiert dann (am Block **820**) die Zeiger bei allen Speichersteuerungen, damit sie der letzten vorhandenen Konsistenzgruppe bei allen Speichersteuerungen entsprechen.

**[0077]** Wenn die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **806**) feststellt, dass nicht alle Zeiger aktualisiert worden sind, wartet die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **822**) darauf, dass alle Zeiger aktualisiert werden. Wenn während der Wartezeit kein Fehler auftritt, schaltet die Steuerung zum Block **806** zurück, an dem die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** feststellt, ob alle Zeiger aktualisiert worden sind.

**[0078]** Wenn während der Wartezeit (am Block **822**) ein Fehler auftritt, beginnt die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **824**) mit der Ausführung einer FOR-Schleife für alle Speichersteuerungen. Die Steuerung für die FOR-Schleife wird (am Block **824**) in jedem Wiederholungslauf für eine Speichersteuerung ausgeführt. Wenn die FOR-Schleife nicht vollständig abgearbeitet wurde, das heißt, wenn nicht alle Speichersteuerungen verarbeitet worden sind, stellt die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **826**) fest, ob die Zeiger der aktuellen Konsistenzgruppe für die Speichersteuerung entsprechen, die gerade verarbeitet wird. Wenn ja, setzt die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** (am Block **828**) die Zeiger zurück, damit sie der vorherigen Konsistenzgruppe entsprechen, und die Steuerung schaltet (am Block **824**) zum nächsten Wiederholungslauf der FOR-Schleife mit der nächsten Spei-

chersteuerung.

**[0079]** Wenn die Zeiger (am Block **826**) nicht der aktuellen Konsistenzgruppe entsprechen, schaltet die Steuerung (am Block **824**) zum nächsten Wiederholungslauf der FOR-Schleife mit der nächsten Speichersteuerung. Nach Beendigung der FOR-Schleife (am Block **830**) stimmen die Daten in den Speichersteuerungen mit der vorherigen Konsistenzgruppe überein.

**[0080]** Folglich hält die Logik von [Fig. 8](#) die Daten bei allen Speichersteuerungen in Übereinstimmung miteinander, und überdies kann sie im Falle eines Fehlers oder einer schweren Störung, der beziehungsweise die sich auf eine Speichersteuerung während der Aktualisierung von Zeigern oder während des Empfangs von Datenaktualisierungen auswirkt, die Zeiger in den Speichersteuerungen zurücksetzen, damit sie die Datenaktualisierungen widerspiegeln, die zu einer zuvor verarbeiteten Konsistenzgruppe gehören, so dass die Daten in den Speichersteuerungen miteinander übereinstimmen.

**[0081]** Diese Ausführungsformen erzielen eine Übereinstimmung der Daten bei einer asynchronen Fernkopie, indem sie Speichersysteme virtualisieren. Eine Nachbildungsverwaltungsanwendung schreibt Daten, die empfangen wurden, die aber noch nicht mit Daten in anderen Speicher-Teilsystemen übereinstimmen, in nicht verwendeten physischen Speicher. Als Reaktion auf den Empfang von Daten, die notwendig sind, um eine Übereinstimmung zu ermöglichen, können Zeiger und Tabellen an den gültigen Zielspeicherplätzen aktualisiert werden, damit sie auf Speicherplätze in dem physischen Speicher zeigen, an die die Daten geschrieben wurden.

**[0082]** Folglich bedürfen die Ausführungsformen keiner Zwei-Phasen-Festschreibungsoperation an der sekundären Speichersteuerung, um eine Übereinstimmung von Daten sicherzustellen. Bei einer Zwei-Phasen-Festschreibungsoperation können die Datenaktualisierungen in einer ersten Phase in einen Journal-Datensatz geschrieben werden, der zu der sekundären Speichersteuerung gehört, und in einer zweiten Phase können die entsprechenden Datenaktualisierungen kopiert werden, wenn die Konsistenzgruppe festgeschrieben wird. Die Ausführungsformen werden ohne Verwendung eines Journal-Datensatzes realisiert. Als Reaktion darauf, dass eine Konsistenzgruppe festgeschrieben wird, werden Zeiger so eingestellt, dass sie auf entsprechende Speicherplätze im physischen Speicher zeigen, so dass die eingestellten Zeiger über alle Speichersteuerungen hinweg einen übereinstimmenden Datensatz darstellen.

**[0083]** Darüber hinaus können die Ausführungsformen im Falle eines Fehlers oder einer schweren Stö-

rung, der beziehungsweise die während der Aktualisierung von Zeigern oder während des Wartens auf Datenaktualisierungen auftritt, die Zeiger in den Speichersteuerungen so einstellen, dass sie die Datenaktualisierungen widerspiegeln, die zu einer zuvor verarbeiteten Konsistenzgruppe gehören, so dass die Daten in den Speichersteuerungen miteinander übereinstimmen.

**[0084]** Da die Datenaktualisierungen auf der Platte gespeichert werden können, gibt es überdies weniger Einschränkungen hinsichtlich der Speichernutzung oder der Flüchtigkeit, als wenn die Datenaktualisierungen in einem Cachespeicher abgelegt würden. Ferner muss zur Aufnahme von Aktualisierungen für die Anzahl der Konsistenzgruppen, die jeweils gerade verarbeitet werden, lediglich genügend zusätzlicher Speicherplatz auf der Platte vorhanden sein.

**[0085]** Da keine Datenaktualisierungen physisch überschrieben werden, ist es in bestimmten Ausführungsformen gegebenenfalls auch möglich, mehrere ältere Versionen von übereinstimmenden Datengruppen in den Speichersteuerungen zu hinterlegen oder auf diese zurückzugreifen.

**[0086]** Die beschriebenen Vorgehensweisen können als ein Verfahren, eine Vorrichtung oder als ein Herstellungsgegenstand realisiert werden, die beziehungsweise der mittels standardmäßiger Programmier- und/oder technischer Verfahren Software, Firmware, Hardware oder eine beliebige Kombination daraus herstellt. Der Begriff "Herstellungsgegenstand" bezieht sich in der hier verwendeten Weise auf Code oder Logik, die in Form von Hardware-Logik (z.B. in Form eines Schaltkreis-Chip, eines programmierbaren Universalschaltkreises (Programmable Gate Array (PGA)), einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) usw.) ausgeführt ist, oder auf einen rechnerlesbaren Datenträger (beispielsweise ein Magnetspeichermedium wie z.B. Festplattenlaufwerke, Disketten, Bänder usw.), einen optischen Speicher (CD-ROMs, optische Platten usw.) flüchtige und nichtflüchtige Speichereinheiten (z.B. EEPROMs, ROMs, PROMs, RAMs, DRAMs, SRAMs, Firmware, programmierbare Logik usw.). Der Zugriff auf den Code in dem rechnerlesbaren Datenträger und die Ausführung des Codes erfolgen durch einen Prozessor. Auf den Code, in dem Ausführungsarten realisiert werden, kann überdies über ein Übertragungsmedium oder von einem Dateiserver über ein Netzwerk zugegriffen werden. In diesen Fällen kann der Herstellungsgegenstand, in dem der Code ausgeführt wird, ein Übertragungsmedium wie zum Beispiel eine Netzwerk-Übertragungsleitung, ein drahtloses Übertragungsmedium, sich durch den freien Raum ausbreitende Signale, Funkwellen, Infrarotsignale usw. umfassen. Natürlich erkennt der Fachmann, dass an dieser Konfiguration viele Änderun-

gen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der Ausführungsarten abzuweichen, und dass der Herstellungsgegenstand jedweden in der Technik bekannten Datenträger umfassen kann.

**[0087]** [Fig. 9](#) zeigt ein Blockschaubild einer Rechnerarchitektur, bei der bestimmte Aspekte der Erfindung realisiert wurden. [Fig. 9](#) zeigt eine Ausführungsart der Speichersteuerungen **100**, **102**, einen Hostrechner, der das Anwendungssystem **104** enthält, und eine Rechnereinheit, die die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** enthält. Die Speichersteuerungen **100**, **102**, der Hostrechner, der das Anwendungssystem **104** enthält, und eine Rechnereinheit, die die Nachbildungsverwaltungsanwendung **112** enthält, können eine Rechnerarchitektur **900** mit einem Prozessor **902**, einem Arbeitsspeicher **904** (z.B. einer flüchtigen Speichereinheit) und einem Permanentspeicher **906** (z.B. einem nichtflüchtigen Speicher, Magnetplattenlaufwerken, optischen Plattenlaufwerken, Bandlaufwerken usw.) realisieren. Der Permanentspeicher **906** kann eine interne Speichereinheit, eine an ihn angeschlossene Speichereinheit oder eine Speichereinheit umfassen, auf die über ein Netzwerk zugegriffen werden kann. Programme im Permanentspeicher **906** können in den Arbeitsspeicher **904** geladen und von dem Prozessor **902** in einer in der Technik bekannten Weise ausgeführt werden. Die Architektur kann überdies eine Netzwerkkarte **908** beinhalten, um den Datenaustausch mit einem Netzwerk zu ermöglichen. Die Architektur kann auch mindestens eine Eingabeeinheit **910** wie zum Beispiel eine Tastatur, einen berührungsempfindlichen Bildschirm, einen Stift, eine sprachaktivierte Eingabe usw. und mindestens eine Ausgabeeinheit **912** wie zum Beispiel einen Bildschirm, einen Lautsprecher, einen Drucker usw. beinhalten.

**[0088]** Die [Fig. 4](#) bis [Fig. 8](#) beschreiben ganz bestimmte Operationen, die in einer bestimmten Reihenfolge stattfinden. Überdies können die Operationen parallel sowie in Folge durchgeführt werden. In alternativen Ausführungsformen können bestimmte der Logikoperationen in einer anderen Reihenfolge durchgeführt, geändert oder entfernt werden und dennoch Ausführungsarten der vorliegenden Erfindung realisieren. Auch kann die vorstehend beschriebene Logik um Schritte erweitert werden und dennoch den Ausführungsarten entsprechen. Noch weitere Schritte können von einem einzigen Prozess oder von verteilten Prozessen durchgeführt werden.

**[0089]** Obgleich die Ausführungsformen mit Bezug auf eine asynchrone Fernkopie zwischen Gleichgestellten beschrieben wurden, können weitere Ausführungsformen zur Anwendung kommen, bei denen eine Zwei-Phasen-Festschreibungsoperation zum Kopieren notwendig ist, wenn sich zum Beispiel ein Datenbankprotokoll und auch Tabellenspeicherplatz

in derselben Virtualisierungsmaschine befinden, können Transaktionen in das Protokoll geschrieben werden, und anschließend kann die Festschreibungsoperation mittels der in den Ausführungsformen beschriebenen Virtualisierung durchgeführt werden. Bei der Verarbeitung des Inhalts der Datenbank kann gegebenenfalls eine Leistungssteigerung erzielt werden, da die Daten zum Festschreiben nicht in den Speicher übertragen werden müssen.

**[0090]** Viele der Software- und der Hardware-Komponenten wurden zur anschaulicheren Darstellung als getrennte Module beschrieben. Diese Komponenten können zu einer geringeren Anzahl von Komponenten zusammengefasst oder in eine größere Anzahl von Komponenten aufgeteilt werden. Darüber hinaus können bestimmte Operationen, die als von einer bestimmten Komponente durchgeführte Operationen beschrieben wurden, von anderen Komponenten durchgeführt werden.

**[0091]** Die vorstehende Beschreibung der Ausführungsarten erfolgte folglich zum Zweck der anschaulichen Darstellung und Erklärung. Sie erhebt weder Anspruch auf Vollständigkeit noch soll sie die Erfindung auf genau die Form, die offen gelegt wurde, beschränken. Viele Ab- und Veränderungen sind in Anbetracht der vorstehenden Lehre möglich.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kopieren von Speicherinhalt, das Folgendes umfasst:  
an einer ersten Einheit (**102**) Empfangen von Datenaktualisierungen von einer zweiten Einheit (**100**); Speichern der Datenaktualisierungen an einer Vielzahl von physischen Speicherplätzen (**108**), die zu der ersten Einheit (**102**) gehören, und Erzeugen von aktuellen Datenzeigern auf mindestens einen der Vielzahl der physischen Speicherplätze, um übereinstimmende Daten zwischen der ersten Einheit (**102**) und der zweiten Einheit (**100**) zu erhalten; wobei der Schritt des Erzeugens die vor der Erzeugung der aktuellen Datenzeiger durchgeführte Ermittlung umfasst, ob die gespeicherten Datenaktualisierungen eine Konsistenzgruppe bilden; and Warten auf den Empfang einer nächsten Datenaktualisierung als Reaktion auf die gespeicherten Datenaktualisierungen, die keine Konsistenzgruppe bilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Einheit (**102**) eine sekundäre Speichersteuerung ist, die mit einem Sekundärspeicher (**108**) verbunden ist, und wobei die zweite Einheit (**100**) eine primäre Speichersteuerung ist, die mit einem Primärspeicher (**106**) verbunden ist, wobei die Vielzahl der physischen Speicherplätze zu dem Sekundärspeicher (**108**) gehören und wobei die Datenaktualisierungen an der ersten Einheit (**102**) asynchron empfangen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die empfangenen Daten nur einmal an der Vielzahl der physischen Speicherplätze gespeichert werden, die zu der ersten Einheit (**102**) gehören, wobei das Verfahren des Weiteren Folgendes umfasst: Freigeben von physischen Speicherplätzen, die keine Verknüpfung haben und zur Speicherung von späteren Datenaktualisierungen verwendet werden sollen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei eine Anwendung Eingabe-/Ausgabeanforderungen an die zweite Einheit (**100**) sendet, wobei die Datenaktualisierungen Ausgabeanforderungen von der Anwendung entsprechen, und wobei die Datenaktualisierungen nur einmal an der ersten Einheit (**102**) gespeichert werden, wobei die erste Einheit (**102**) die zweite Einheit (**100**) beim Antworten auf die Eingabe-/Ausgabeanforderungen von der Anwendung jederzeit ersetzen kann und wobei Daten in der ersten Einheit und in der zweiten Einheit jederzeit übereinstimmen.

5. Rechnerprogramm, das Rechnerprogrammcode umfasst, um, wenn dieser in ein Rechnersystem geladen wurde und darauf ausgeführt wird, das Rechnersystem zur Durchführung aller Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zu veranlassen.

6. System zum Kopieren von Speicherinhalt, das Folgendes umfasst:  
eine erste Verarbeitungseinheit (**102**), eine Vielzahl von physischen Speicherplätzen (**108**), die zu der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) gehören;  
eine zweite Verarbeitungseinheit (**100**);  
Programmlogik, die Code enthält, der die erste Verarbeitungseinheit (**102**) zur Durchführung von Folgendem veranlassen kann:  
(i) an der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) Empfangen von Datenaktualisierungen von der zweiten Verarbeitungseinheit (**100**);  
(ii) Speichern der Datenaktualisierungen an der Vielzahl der physischen Speicherplätze (**108**); und  
(iii) Erzeugen von aktuellen Datenzeigern auf mindestens einen der Vielzahl der physischen Speicherplätze, um übereinstimmende Daten zwischen der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) und der zweiten Verarbeitungseinheit (**100**) zu erhalten; wobei die Programmlogik darüber hinaus die erste verarbeitungseinheit dazu veranlassen kann, Folgendes durchzuführen: vor dem Erzeugen der aktuellen Datenzeiger Feststellen, ob die gespeicherten Datenaktualisierungen eine Konsistenzgruppe bilden; und Warten auf den Empfang einer nächsten Datenaktualisierung als Reaktion darauf, dass die gespeicherten Datenaktualisierungen keine Konsistenzgruppe bilden.

7. System nach Anspruch 6, wobei die Verarbeitungseinheit eine sekundäre Speichersteuerung (**102**) ist, die mit einem Sekundärspeicher (**108**) ver-

bunden ist, wobei die Vielzahl der physischen Speicherplätze zu dem Sekundärspeicher (**108**) gehören und wobei die Datenaktualisierungen an der sekundären Speichersteuerung (**102**) asynchron empfangen werden.

8. System nach Anspruch 6, wobei die empfangenen Daten nur einmal an der Vielzahl der physischen Speicherplätze gespeichert werden, die zu der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) gehören, und wobei die Programmlogik darüber hinaus den Prozessor dazu veranlassen kann, Folgendes durchzuführen: Freigeben von physischen Speicherplätzen, die keine Verknüpfung haben und zur Speicherung von späteren Datenaktualisierungen verwendet werden sollen.

9. System nach Anspruch 6, wobei die erste Verarbeitungseinheit (**102**) mit der zweiten Verarbeitungseinheit (**100**) verbunden ist, wobei eine Anwendung Eingabe-/Ausgabeanforderungen an die zweite Verarbeitungseinheit (**100**) sendet, wobei die Datenaktualisierungen Ausgabeanforderungen von der Anwendung entsprechen und wobei die Datenaktualisierungen nur einmal an der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) gespeichert werden, wobei die erste Verarbeitungseinheit (**102**) die zweite Verarbeitungseinheit (**100**) beim Antworten auf die Eingabe-/Ausgabeanforderungen von der Anwendung jederzeit ersetzen kann und wobei Daten in der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) und in der zweiten Verarbeitungseinheit (**100**) jederzeit übereinstimmen.

10. System nach Anspruch 6, wobei die Programmlogik darüber hinaus die erste Verarbeitungseinheit (**102**) dazu veranlassen kann, Folgendes durchzuführen: vor dem Erzeugen der aktuellen Datenzeiger Feststellen, ob die gespeicherten Datenaktualisierungen eine Konsistenzgruppe bilden; und Ermitteln des mindestens einen physischen Speicherplatzes, der die Konsistenzgruppe festschreibt, wobei virtueller Speicher, der zu der ersten Verarbeitungseinheit (**102**) gehört, mit dem mindestens einen ermittelten physischen Speicherplatz verknüpft ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

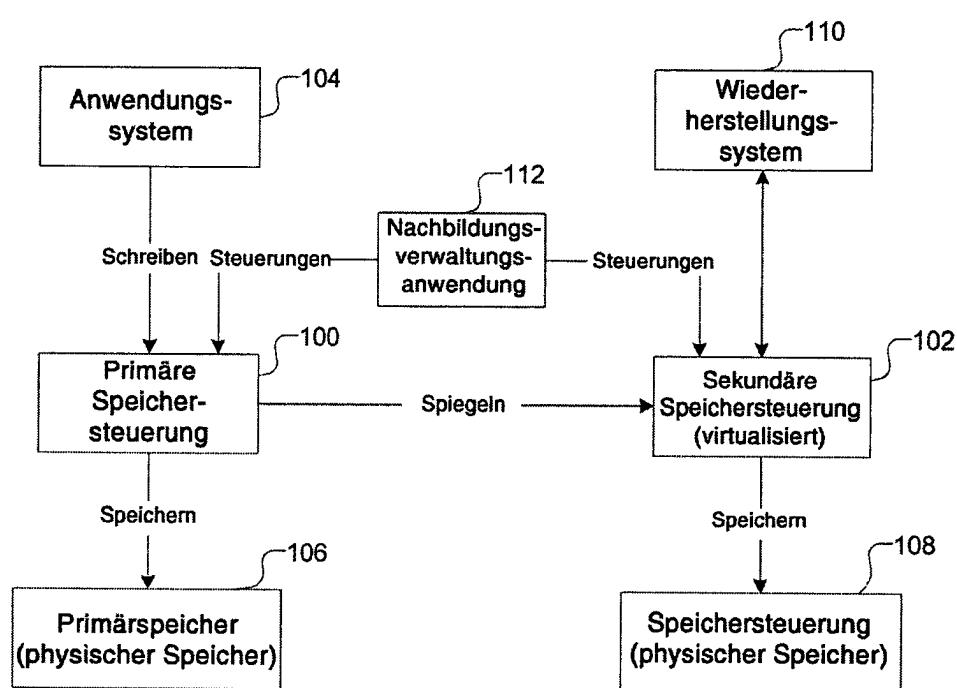


FIG. 2

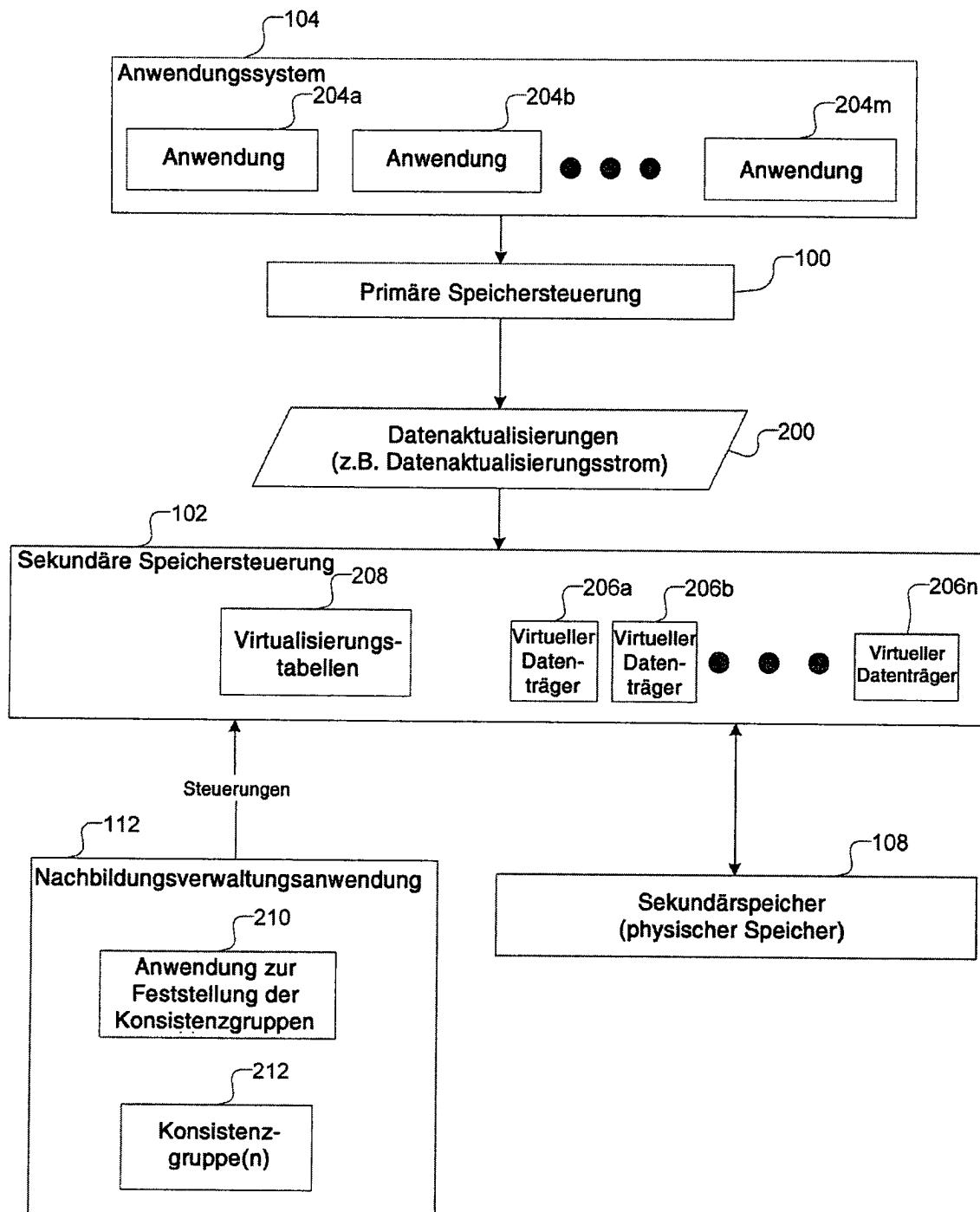


FIG. 3

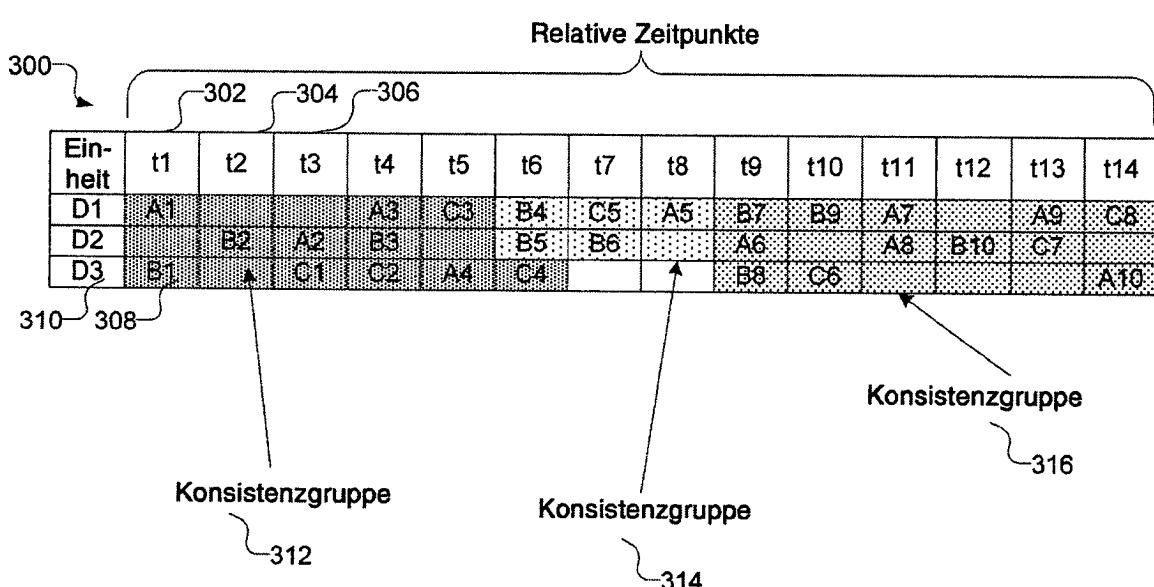


FIG. 4

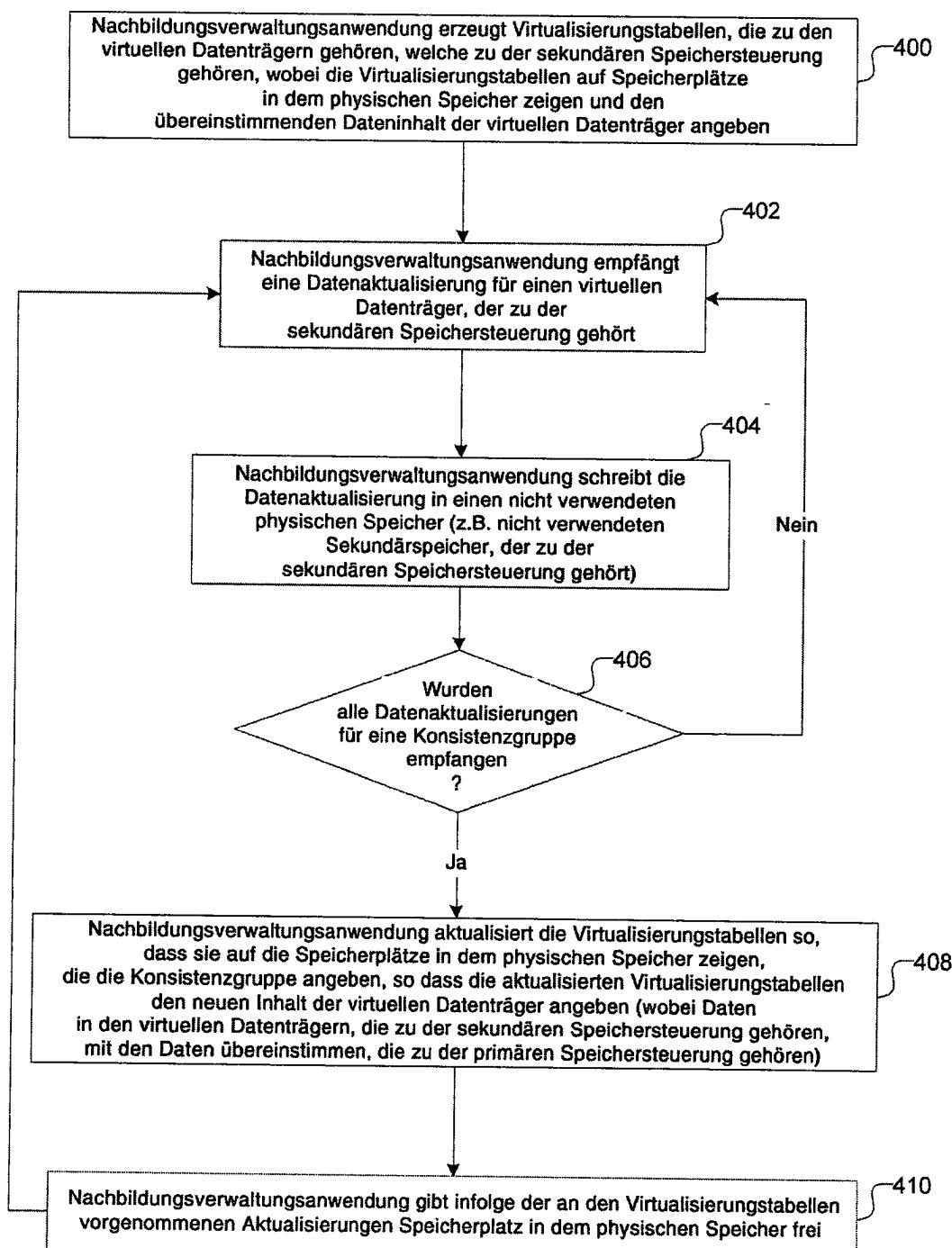


FIG. 5

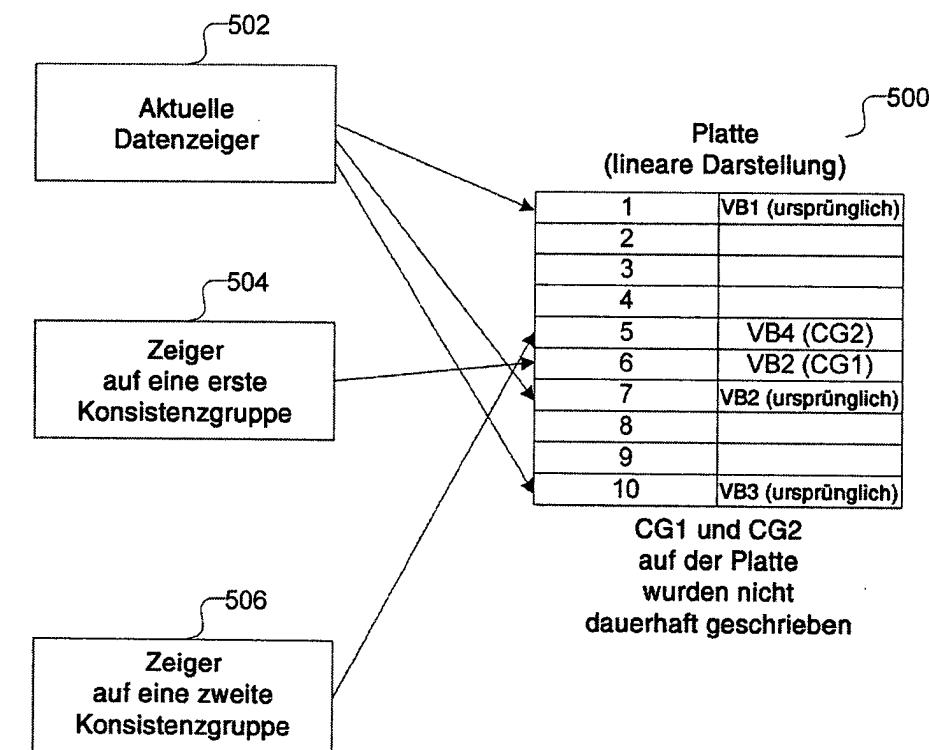


Tabelle des aktuellen Datenzeigers 508

Virtueller Block	Physischer Block
1	1
2	7
3	10

Tabelle des Zeigers auf die erste Konsistenzgruppe 510

Virtueller Block	Physischer Block
1	6

Tabelle des Zeigers auf die zweite Konsistenzgruppe 512

Virtueller Block	Physischer Block
4	5

FIG. 6

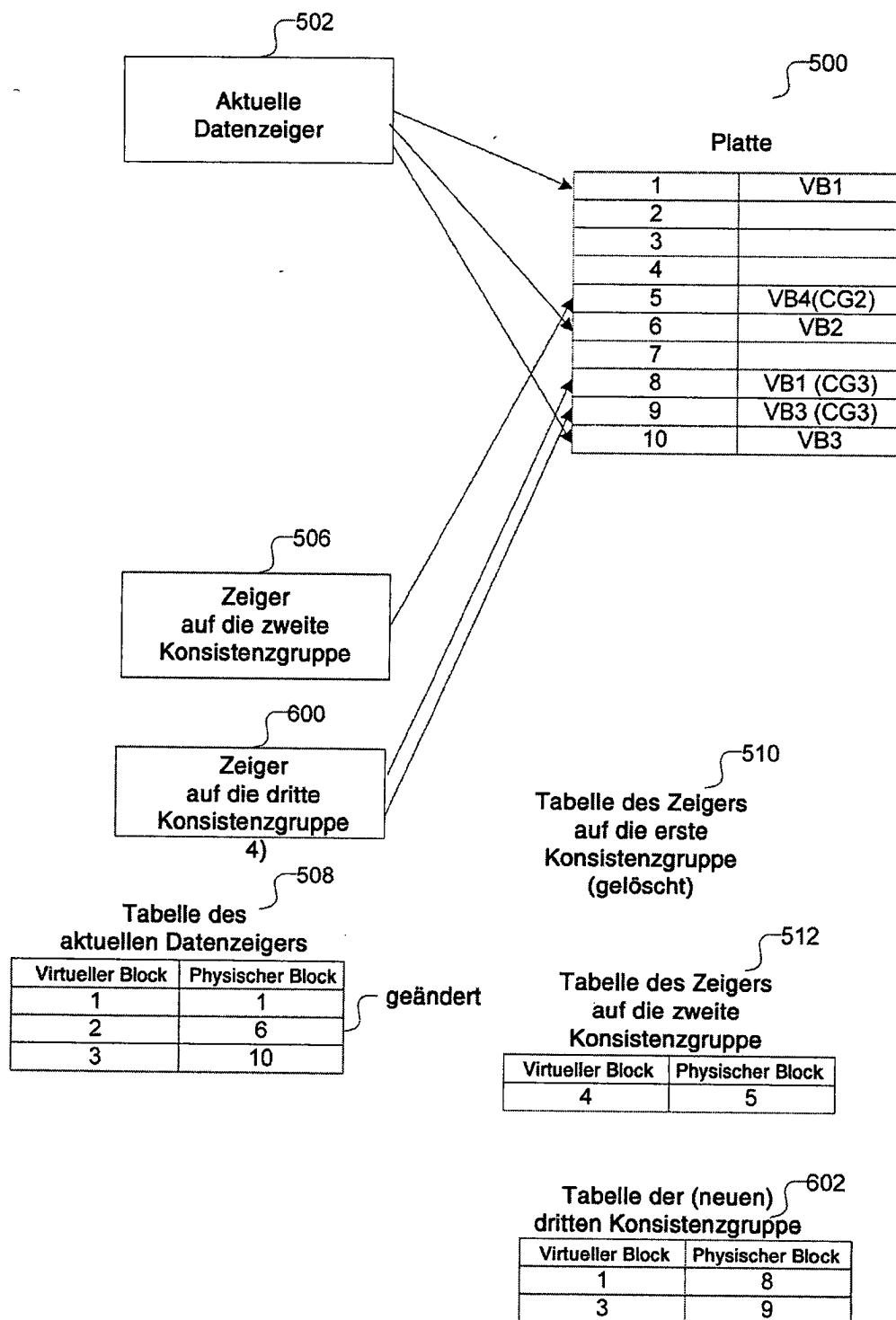


FIG. 7

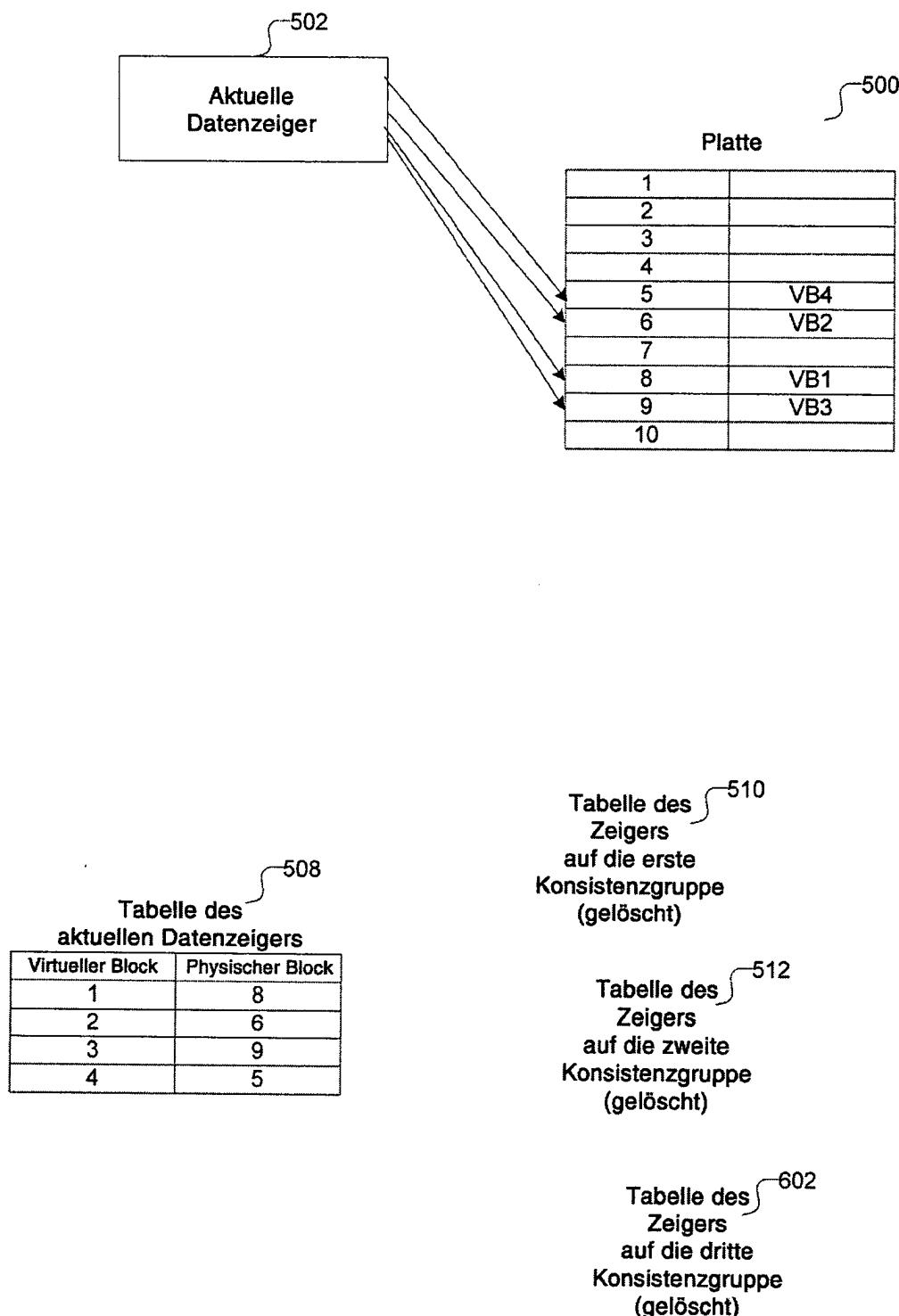


FIG. 8

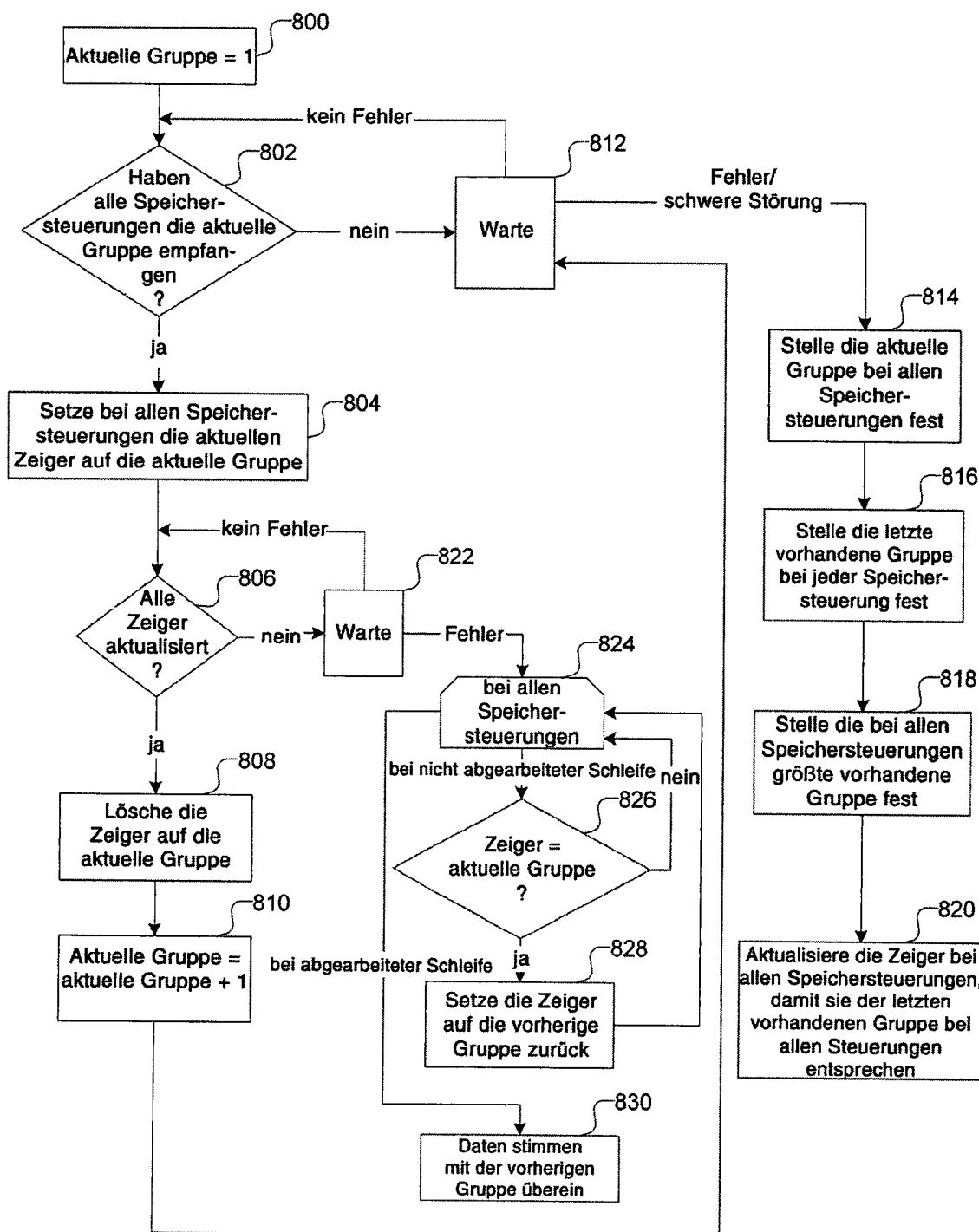


FIG. 9

