



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 123 220.9**

(22) Anmeldetag: **04.09.2020**

(43) Offenlegungstag: **10.03.2022**

(51) Int Cl.: **G06F 12/16 (2006.01)**

(71) Anmelder:
**Harman Becker Automotive Systems GmbH,
76307 Karlsbad, DE**

(74) Vertreter:
**Maucher Jenkins Patentanwälte & Rechtsanwälte,
80538 München, DE**

(72) Erfinder:
Ivanov, Ivan Iliev, 85643 Steinhöring, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

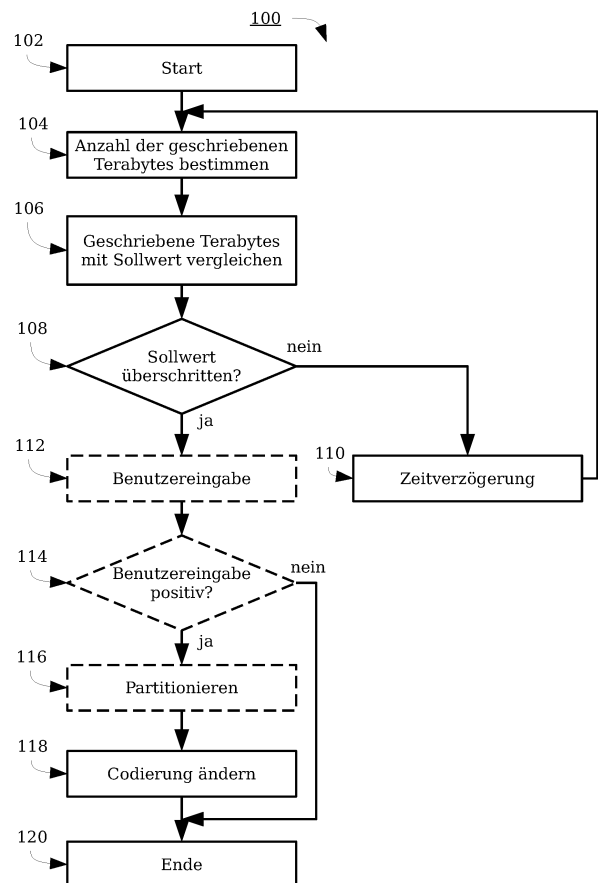
US 2013 / 0 346 676 A1
US 2015 / 0 074 487 A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Speichersystem, Verfahren zum Betrieb desselben**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Verwalten eines Speichers für einen Bordcomputer in einem Kraftfahrzeug, das Verfahren umfassend: Bestimmen, in regelmäßigen Zeitabständen, eines Abnutzungsgrades des Speichers, abhängig von einer in den Speicher geschriebenen Datenmenge; falls der Abnutzungsgrad einen vorgegebenen Sollwert überschreitet: Ändern einer Codierung einer oder mehrerer Zellen des Speichers von einer physischen Codierung höherer Dichte zu einer physischen Codierung geringerer Dichte.



Beschreibung

Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Verwalten eines Speichers für einen Bordcomputer in einem Kraftfahrzeug. Die Erfindung ist in der Mikroelektronik, insbesondere im Bereich der Kraftfahrzeugelektronik, einsetzbar.

Hintergrund

[0002] Derartige Speichersysteme werden für die Speicherung von Software und Anwendungsdaten innerhalb von Bordcomputern von Fahrzeugen eingesetzt. Da ein Bordcomputer während der Gesamtnutzungsdauer (Lebenszeit) des Fahrzeugs grundsätzlich nicht erneuert werden sollte, ist die Lebenszeit eines Bordcomputers deutlich länger als die Lebenszeit anderer Computer. Innerhalb dieser Zeit kann ein darin eingesetzter nichtflüchtiger Speicher, insbesondere NAND-Flash-Speicher, allerdings die maximale Anzahl an Schreib-/Lösch-Zyklen erreichen und fällt aus. Um dies zu verhindern, muss der Speicher rechtzeitig vorher ersetzt werden.

[0003] Die Erneuerungsintervalle sind bei neueren Systemen kürzer, weil neuere Flash-Speicher geringere Strukturgrößen, geringere im Floating Gate gespeicherte Ladung und somit weniger Schreib-/Lösch-Zyklen aufweisen, und weil mehr Daten geschrieben und gelesen werden.

[0004] Die maximale Nutzungsdauer hängt weiter stark von der installierten Anwendungssoftware und von dem Nutzungsverhalten ab, wodurch das Planen von Austauschintervallen schwierig ist. Folglich muss das System den Zeitraum dynamisch bestimmen, damit das Ende der Lebenszeit für den Nutzer nicht überraschend eintritt.

[0005] Im Speicherbauelement müssen tatsächlich mehr Schreiboperationen durchgeführt werden als für den Prozessor (Host), der den Speicher kontrolliert, sichtbar ist. Das liegt daran, dass der Speicher nur in Blöcken (Pages) beschreibbar ist, die eine Mindestgröße für die auf einmal schreibbaren Daten definieren. Werden geringere Datenmengen oder Datenmengen, die kein ganzzahliges Vielfaches der Pagegröße darstellen, geschrieben, so müssen also mehr Speicherzellen geschrieben werden als nötig. Außerdem werden durch Maßnahmen im Speichergerät (Wear leveling, Bad Block Management) zusätzliche Operationen benötigt. Es ist bekannt, spezielle Puffer zu nutzen, um Daten temporär zwischenspeichern. Diese Puffer belegen allerdings Speicherplatz und sind selbst einer hohen Zahl von Lese- und Schreibvorgängen ausgesetzt.

[0006] Weiter sind Speichergeräte mit einer höheren Anzahl von möglichen Lese-Schreibzyklen bekannt, etwa verbesserter NAND-Flash, magnetoresistiver Speicher, oder FeRAM. Diese Geräte weisen aber eine deutlich niedrigere Speicherdichte auf.

[0007] Die Erfindung macht es sich zur Aufgabe, diese Nachteile zumindest abzumildern.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0008] Die Erfindung ist in dem unabhängigen Anspruch angegeben. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0009] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Verwalten eines Speichers für einen Bordcomputer in einem Kraftfahrzeug geschaffen. In regelmäßigen Zeitabständen wird ein Abnutzungsgrad des Speichers bestimmt, der von einer in den Speicher geschriebenen Datenmenge abhängt.

[0010] Falls der Abnutzungsgrad einen vorgegebenen Sollwert überschreitet, wird eine Codierung einer oder mehrerer Zellen des Speichers von einer physischen Codierung höherer Dichte zu einer physischen Codierung geringerer Dichte geändert.

[0011] Hierdurch wird die Möglichkeit eines Speichers genutzt, mehrere Bits pro Speicherzelle zu speichern. Der Speicher kann in einer Ausführungsform ein Flash-basierter Speicher sein, z. B. einer Solid-State Disk. Hier stellen die 2^n Ladungszustände einer Zelle bzw. eines Kondensators n Bits dar. Der Verschleiß der Isolation des Kondensators einer Speicherzelle führt allerdings dazu, dass die Ladung nicht mehr durchgängig gehalten werden kann. Dadurch ist es nach Eintritt des Verschleißes beim Auslesen nicht mehr möglich, zwischen mehreren Ladungszuständen zu unterscheiden. Der Eintritt des Verschleißes definiert somit ein erwartetes Lebensdauerende des Speichers. Da der Verschleiß von der geschriebenen Datenmenge abhängt, hängt die Lebensdauer vom Nutzerverhalten ab. Wird die Codierung der Zelle allerdings so geändert, dass nur noch eine geringere Zahl an Ladungszuständen verwendet wird, z. B. zwei Ladungszustände entsprechend einem Bit gespeichert werden, so verlängert sich die Lebensdauer, da es auch bei Verschleiß noch länger möglich ist, zwischen zwei Ladungszuständen zu unterscheiden, als zwischen einer größeren Zahl an Ladungszuständen. Verringern der Codierung hin zu einer Codierung geringerer Dichte sorgt also dafür, dass die Lebensdauer zunimmt, aber der Speicherplatz abnimmt. Genutzt wird hier die Tatsache, dass die Lebensdauer stärker zunimmt, als die Dichte abnimmt. Zum Beispiel kann für einen NAND-Flash eine Verringerung der Speicherdichte von 3 Bits auf 1 Bit die Lebensdauer um einen Faktor 30 erhöhen. Die Erfindung ist nicht

auf eine bestimmte Speicherbauform begrenzt. Sie ist bei jedem Speicher anwendbar, der eine Mehrzahl von Bits pro Zelle speichert. Sie ist bei jedem derartigen Speicher vorteilhaft, der Verschleiß aufweist.

[0012] Erfindungsgemäß wird also der Speicher mit einer hohen Dichte betrieben und die Zahl der bisher geschriebenen Terabytes überwacht. Ist ein vorgegebener Wert erreicht, so kann der Speicher nicht mehr mit der hohen Dichte weiter betrieben werden: Die Zellen sind derart verschlissen, dass die Unterscheidung zwischen einer hohen Anzahl an Zuständen pro Zelle nicht mehr möglich ist. Ist etwa bei einem Flash-Speicher die Oxidschicht permanent so verändert, dass ein vergrößerter Leckstrom auftritt, so verliert jede Zelle mehr Ladung zwischen den Zugriffen. Dadurch schwankt das Ladungsniveau stärker, und es ist nur noch eine geringere Zahl von Zuständen unterscheidbar. Der Speicher kann also in der Codierung mit hoher Dichte nicht mehr weiterbetrieben werden. Deshalb wird die Codierung hin zu einer Codierung mit geringerer Dichte verändert.

[0013] Die Zeitabstände, in denen der Abnutzungsgrad bestimmt werden, können vorgegeben sein oder entsprechend dem Nutzerverhalten angepasst werden. Sie können insbesondere klein genug gewählt werden, um sicherzustellen, dass auch bei intensiver Nutzung des Speichers das Überschreiten des Sollwertes rechtzeitig detektiert wird, um die Codierung ändern zu können, bevor Daten fehlerhaft geschrieben und gelesen werden.

[0014] In einer Ausgestaltung der Erfindung wird der Abnutzungsgrad durch einen Anteil der Anzahl von in den Speicher geschriebenen Datenmenge an einer Anzahl von bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung höherer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Datenmenge gebildet.

[0015] Der Sollwert für den Abnutzungsgrad kann fest vorgegeben werden und z. B. bei 90 % der insgesamt möglichen geschriebenen Terabytes liegen. Es können aber auch niedrigere oder höhere Werte verwendet werden. Dadurch wird ein Sicherheitsabstand zum voraussichtlichen Maximalwert etabliert, ab dem mit Fehlern zu rechnen ist. Dies ist insbesondere für die Verwendung in Kraftfahrzeugen wichtig, wo sicherheitskritische Systeme möglichst fehlerarm betrieben werden sollen. Dies ist außerdem vorteilhaft, wenn die Änderung der Codierung weiter von einer Entscheidung des Benutzers abhängig sein soll. In diesem Fall kann der Benutzer entweder die Codierung etwas im Voraus ändern, um hohe Zuverlässigkeit zu gewährleisten, oder die Änderung hinauszögern, um etwas länger vom vorhandenen Speicherplatz zu profitieren. Außerdem kann sich die Nutzungsdauer bei einer Codierung mit geringe-

rer Dichte auch dadurch erhöhen, dass die Zahl der Zugriffe pro Zelle abnimmt: Es steht der Software auf dem Computer weniger Speicherplatz zur Verfügung, und damit gibt es potentiell weniger Zugriffe. Dies hängt allerdings vom Nutzungsverhalten ab, da die Änderung der Codierung nur dann zu weniger Zugriffen führt, wenn der Speicherplatz tatsächlich genutzt wird und nicht zu einem hinreichend großen Teil leerbleibt.

[0016] Damit kann der Speicher über längere Zeit weiter genutzt werden. Ein sofortiger Ausfall wird vermieden, und der Speicher kann während einer vorher geplanten Wartung, etwa eine Routineinspektion des Fahrzeugs, erneuert werden. Dies ist für die Betriebssicherheit vorteilhaft. Außerdem wird durch eine graduelle Verringerung des Speicherplatzes der Verschleiß des Speichers für den Benutzer besser erkennbar.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Bestimmen eines Abnutzungsgrades ein Auslesen eines Wertes, der in einem zu dem Speicher gehörenden Register der geschriebenen Datenmenge hinterlegt ist.

[0018] Hierzu kann insbesondere ein „Health Descriptor“ genutzt werden, der für Universal Flash Storage (UFS) durch Standards definiert ist, z. B. JEDEC JESD 220C für UFS 2.1.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die geschriebene und/oder schreibbare Datenmenge als Wert für die geschriebenen Terabytes (Terabytes Written, TBW) angegeben. Die geschriebenen Terabytes sind ein Zahlenwert für den Verschleiß oder den möglichen Verschleiß eines Speichers. Als bisher geschriebene Terabytes werden die bisher in einen Speicher durch Speichern (d. h. Programmieren) oder Löschen geschriebenen Daten bezeichnet, also die Summe aus dem für jede Speicherzelle berechneten Produkt aus der Anzahl der Schreib-/Löschzyklen und der Zahl der in einer Zelle gespeicherten Bits. Die in den Speicher schreibbare Datenmenge kann als realisierbare Anzahl der in den Speicher geschriebenen Terabytes (realisierbare TBW) angegeben werden. Die in den Speicher geschriebene Datenmenge kann auch als prozentualer Anteil an der schreibbaren Datenmenge ($\text{Quotient TBW} / \text{realisierbare TBW}$) dargestellt werden.

[0020] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Bestimmen eines Abnutzungsgrades das Bestimmen einer Bitfehlerrate. Dadurch kann ein Speicher auch nach Ende der Lebensdauer noch weiter betrieben werden, bis die Bitfehlerrate einen vorgegebenen Schwellwert erreicht. Dieses Kriterium kann mit dem Kriterium der Datenmenge kombiniert werden. So kann ein vorteilhafter Kom-

promiss aus Speicherplatz und Zuverlässigkeit erreicht werden.

[0021] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung beinhaltet das Ändern der Codierung ein Ändern einer Zahl von Zuständen pro Zelle von einer höheren Zahl von Zuständen zu einer niedrigeren Zahl von Zuständen.

[0022] Dies ist insbesondere für Flash-Speicher der Fall. Eine Zelle kann eine Mehrzahl von n Bits speichern, indem 2^n verschiedene Ladungszustände realisierbar sind. Jeder Ladungszustand entspricht einem Wert für die Ladung. Um eine gewisse Fehlertoleranz zu realisieren, wird jedem Ladungszustand ein Intervall von Werten für die Ladung zugewiesen. Ist allerdings die Speicherzelle schon verschlissen, d. h. die Isolationseigenschaft der Oxidschicht ist gering, so bleibt die Ladung nicht erhalten, und der Wert kann von einem vorgegebenen Intervall in ein anderes wechseln. Dies führt zu einem Bitfehler. Wird der Speicher mit einer Codierung mit einer niedrigeren Zahl von Zuständen betrieben, so sind die Intervalle und damit die Fehlertoleranz größer. Damit werden im Falle eines Flash-Speichers die bereits bekannten Formate (SLC: Single-Level-Cell mit 1 Bit pro Zelle, MLC: Multi-Level-Cell mit zwei Bits pro Zelle, Triple-Level-Cell mit 3 Bits pro Zelle) genutzt. Dieses Merkmal ist aber auch auf andere Speichertypen, etwa Phase Change Memory (PCM), übertragbar.

[0023] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird, falls der Abnutzungsgrad einen vorgegebenen Sollwert überschreitet, in dem Speicher eine Anzahl von bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung geringerer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Terabytes bestimmt und gespeichert. Der Abnutzungsgrad wird nach dem Ändern der Codierung durch einen Anteil der Anzahl von in den Speicher geschriebenen Terabytes an der Anzahl von bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung höherer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Terabytes gebildet.

[0024] Dadurch werden die Voraussetzungen geschaffen, das Verfahren mehrfach zu verwenden. So kann zunächst bei einem ersten Verschleißzustand die Codierung von, z. B., 4 Bits pro Zelle auf 2 Bits pro Zelle verringert werden, und falls ein zweiter Verschleißzustand eintritt, von auf 1 Bit pro Zelle. Der zweite Verschleißzustand ist dadurch bestimmbar, dass der Faktor, um den sich die Zahl der Schreib-/Löschzyklen durch Änderung der Codierung erhöht (ein empirisch mit Prototypen für einen bestimmten Speichertyp festgestellter Wert) in dem Speicher hinterlegt oder anderweitig bereitgestellt wird. Wird die Codierung geändert, so wird auch die Verfolgung der geschriebenen Terabytes, z. B. durch

den Health descriptor, daran angepasst. Die Zunahme der geschriebenen Terabytes wird weiter überwacht, und die Codierung wird von 2 Bits pro Zelle auf 1 Bit pro Zelle verringert, sobald dies erforderlich ist.

[0025] Die voraussichtliche Lebensdauer kann dadurch angegeben werden, dass die bisherige Nutzungsdauer durch die geschriebenen Terabytes (diese als Anteil an den insgesamt möglichen geschriebenen Terabytes) geteilt wird. Damit wird eine Prognose erstellt, wie lange der Speicher bei Fortsetzung des aktuellen Nutzungsverhaltens noch funktionieren wird. Die bisherige Nutzungsdauer und der Prozentsatz können im System hinterlegt sein.

[0026] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird weiter eine Anzahl der voraussichtlich nach Ablauf einer Soll-Lebensdauer geschriebenen Terabytes als Produkt der bisher durchschnittlich pro Zeiteinheit geschriebenen Terabytes und der Soll-Lebensdauer bestimmt. Falls die Anzahl der voraussichtlich nach Ablauf einer Soll-Lebensdauer geschriebenen Terabytes größer ist als die Anzahl von bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung geringerer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Terabytes, wird eine Warnung ausgegeben.

[0027] Im Gegensatz zur erwarteten Lebensdauer ist die Soll-Lebensdauer ein vorgegebener Wert, der angibt, wie lange der Speicher genutzt werden soll. Es kann insbesondere ein Intervall zwischen zwei Wartungen des Speichers festgelegt werden. Ist der Speicher in einem Kraftfahrzeug eingebaut, so kann als Soll-Lebensdauer die Zeit bis zu einer geplanten Inspektion des Fahrzeugs gewählt werden. Alternativ kann auch die gesamte Lebensdauer des Fahrzeugs gewählt werden. Die voraussichtlich nach Ablauf der Soll-Lebensdauer geschriebenen Terabytes können mit den maximal noch verfügbaren schreibbaren geschriebenen Terabytes verglichen werden. Wird nun festgestellt, dass selbst bei Änderung der Codierung der Speicher nicht bis zum Ende der Soll-Lebensdauer betrieben werden kann, so wird eine Warnung ausgegeben, die das Erfordernis eines vorzeitigen Austauschs des Speichers anzeigt.

[0028] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung bilden die Zellen eine Partition, und das Verfahren umfasst weiter ein Bestimmen einer Größe der Partition als Höchstwert der in einem vorgegebenen Zeitraum von einem oder mehreren vorgegebenen auf dem Bordcomputer ausgeführten Programmen gleichzeitig im Speicher hinterlegten Daten.

[0029] Damit kann der Speicher partitioniert werden. Für einen Bereich für besonders sicherheitskritische Daten wird mit besonders großem Sicherheitsab-

stand bis zum vorhergesehenen Ablauf der Lebenszeit besonders früh die Codierung erfindungsgemäß verändert. Für einen weiteren Bereich, der für Daten eines nicht sicherheitskritischen Systems (z. B. Multimediasystem) verwendet wird, wird die Codierung nicht oder erst nach Auftreten einer Mindestzahl von Lesefehlern geändert. Hier wird also der Speicherplatz möglichst lange auf hohem Niveau bewahrt.

[0030] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird weiter eine Einstellung durch einen Benutzer abgefragt, die angibt, ob die Codierung änderbar ist. Das Ändern erfolgt nur, wenn die Einstellung angibt, dass die Codierung änderbar ist.

[0031] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Speicher ein Flash-Speicher.

[0032] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist umfassen die geschriebenen Terabytes Schreibvorgänge, die zur Verwaltung des Speichers von einem Controller durchgeführt werden. Insbesondere können die geschriebenen Terabytes Schreibvorgänge durch Wear Leveling, Verwalten defekter Blöcke des Speichers und Optimierungsvorgänge umfassen. Diese Vorgänge werden von einem Speichercontroller durchgeführt und sind für die auf dem davon getrennten Hauptprozessor ausgeführten Betriebssysteme und Anwendungsprogramme in der Regel nicht sichtbar. Sie tragen aber maßgeblich zu den Speicherzugriffen bei (Write Amplification). Sie werden bei der Zahl der geschriebenen Terabytes mitgerechnet.

[0033] In einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Datenspeichervorrichtung geschaffen. Die Datenspeichervorrichtung umfasst einen Speicher und einen Controller, die dazu ausgebildet ist, das Verfahren auszuführen.

Figurenliste

[0034] Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung sind anhand der beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Änderung der Codierung entsprechend der Erfindung darstellt;

Fig. 2 ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Partitionierung und Änderung der Codierung entsprechend der Erfindung darstellt;

Fig. 3 ein Blockdiagramm, das ein Speicherbauelement entsprechend der Erfindung darstellt; und

Fig. 4 ein Blockdiagramm, das einen Computer entsprechend der Erfindung darstellt.

Figurenbeschreibung

[0035] **Fig. 1** zeigt ein Flussdiagramm, das ein Verfahren 100 zur Änderung einer Codierung entsprechend der Erfindung darstellt. Das Verfahren beginnt, 102, mit Inbetriebnahme des Speichers. Zunächst wird ein Abnutzungsgrad des Speichers bestimmt, 104. Hierzu wird die Zahl der bisherigen geschriebenen Terabytes als Prozentsatz der bis zum erwarteten Lebensdauerende des Speichers möglichen geschriebenen Terabytes aus einem dafür vorgesehenen Register, z. B. „Health descriptor“ geladen. Dann wird geprüft, 206, ob die Zahl der bisher geschriebenen Terabytes einen vorgegebenen Sollwert überschreitet. Der Sollwert wird so festgelegt, dass er am oder vor dem erwarteten Lebensdauerende erreicht wird. Soll beispielsweise die Verringerung des Speicherplatzes zunächst begrenzt werden, so kann ein hoher Sollwert vorgegeben werden. Soll sichergestellt werden, dass das Speicherbauelement fehlerfrei arbeitet, so kann ein geringerer Sollwert vorgegeben werden.

[0036] Ist der Sollwert nicht erreicht, so wird die Codierung nicht geändert. Das Verfahren wird dadurch fortgesetzt, dass zunächst eine vorgegebene Zeit abgewartet wird, 110. Anschließend beginnt das Verfahren von neuem. Die Zeitverzögerung kann bei der anfänglichen Konfiguration des Systems und auch später vom Benutzer einstellbar sein. Sie kann auch im Betrieb an das Nutzerverhalten angepasst werden.

[0037] Ist die Soll-Lebensdauer überschritten, so wird dies dem Benutzer angezeigt und eine Eingabe angefordert, in der er die Änderung der Codierung bestätigen oder verhindern kann, 112, 114. Damit hat der Benutzer die Gelegenheit zu prüfen, ob er den Speicher mit der aktuellen Speicherkapazität weiter nutzen und dafür ein früheres Lebensdauerende in Kauf nehmen möchte, etwa weil der Austausch des Speichers ohnehin geplant ist. In diesem Fall wird das Verfahren abgebrochen. Die Schritte der Anzeige und Bestätigung durch den Benutzer sind allerdings optional. Wird das Verfahren fortgesetzt, so wird der Speicher optional in zwei Partitionen geteilt, 116. Eine Partition bleibt unverändert, und in der anderen wird die Codierung von der bisherigen Codierung zur Zielcodierung verändert, 118. Es kann alternativ auch die Codierung des gesamten Speichers geändert werden. Nach der Änderung der Codierung ist das Verfahren in der beispielhaften Ausführungsform zu Ende, 120.

[0038] **Fig. 2** zeigt ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Partitionierung und Änderung der Codierung entsprechend der Erfindung darstellt. Das Verfahren stellt die mehrfache Anwendung des Verfahrens in **Fig. 1** dar. Am Anfang, 202, wird der Speicher mit 3 Bits pro Zelle betrieben, 204. Es wird regelmä-

ßig überprüft, ob die geschriebene Datenmenge einen Sollwert überschreitet. Ist dies der Fall, so wird der Speicher zunächst in zwei Partitionen geteilt, 206. Die Größe der erste Partition wird so gewählt, dass die Daten einer vorgegebenen Gruppe von Programmen (etwa Betriebssystem, sicherheitskritische Anwendungen) in der Partition Platz finden. Dazu kann der Höchstwert zuzüglich einer Sicherheitsmarge als Partitionsgröße eingestellt werden. Die Codierung der ersten Partition wird von 3 Bits pro Zelle auf 2 Bits pro Zelle verringert, 208. Die zweite Partition wird mit 3 Bits pro Zelle weiter betrieben. Die Codierung der zweiten Partition wird erst zu einem späteren Zeitpunkt auf 2 Bits pro Zelle reduziert, 210. Dies kann dadurch ausgelöst werden, dass die durch eine Fehlerkorrektur (Error correcting code, ECC) festgestellt wird, dass eine Fehlerrate einen vorgegebenen Schwellwert übersteigt.

[0039] Werden eine oder mehrere Partitionen mit 2 Bits pro Zelle betrieben, so kann auch hier ein Lebensdauerende erreicht werden. Die Zellen können nämlich durch Verschleiß Leckströme aufweisen, die auch das zuverlässige Lesen von 2 Bits pro Zelle nicht mehr erlauben. Dies passiert nach einer deutlich größeren Zahl an Schreib-/Lösch-Zyklen. Durch die Änderung der Codierung kann sich z. B. die Speicherkapazität auf zwei Drittel verringern, die Zahl der Schreib-/Lösch-Zyklen aber um einen Faktor 30 erhöhen. Dies bedeutet, dass sich die schreibbare Datenmenge, und damit der Sollwert der schreibbaren Daten bis zur nächsten Änderung der Codierung um einen Faktor 20 erhöht. Während des Betriebs mit der Codierung mit verringerter Dichte (2 Bits pro Zelle) wird laufend die geschriebene Datenmenge verfolgt und bestimmt, ob der neue Sollwert überschritten ist. Ist der neue Sollwert überschritten, so wird die Codierung der ersten Partition auf 1 Bit pro Zelle verringert, 212. Für die zweite Partition wird die Codierung wiederum erst bei Auftreten einer gewissen Fehlerrate reduziert, 214. Anschließend wird der Speicher mit einer Codierung von 1 Bit pro Zelle weiter betrieben.

[0040] Dieses Verfahren stellt nur eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung dar. Es können auch andere Kombinationen aus verschiedenen Bedingungen für eine Änderung der Codierung gewählt werden. So kann z. B. auch für die zweite Partition die Codierung geändert werden, sobald die geschriebene Datenmenge in diese Partition einen Sollwert überschreitet. Dieser kann allerdings anders gewählt werden, z. B. mit einem geringeren Sicherheitsabstand bis zu einem erwarteten Lebensdauerende.

[0041] Fig. 3 und Fig. 4 zeigen Blockdiagramme, die ein Speicherbauelement 300 und einen Computer 400 entsprechend der Erfindung darstellt. Der Computer 400 weist einen Prozessor 402 auf, der dazu ausgebildet ist, einen Hypervisor, eines oder

mehrere Betriebssysteme und / oder Anwendungssoftware auszuführen. Zum Speichern der Programme und der dadurch verarbeiteten Daten dient ein Speicherbauelement 300 mit einem Controller 302 und einem Speicher 306. Der Controller kann einen Fehlerkorrekturmechanismus (Error Correcting Code, ECC) 304 aufweisen. Der Speicher kann in zwei Partitionen 308 und 310 aufgeteilt sein, deren Codierung geändert wird. Der Speicher kann ein nicht-flüchtiger Speicher, insbesondere ein NAND-Flash, sein. Die Zahl der von der vom Prozessor 402 ausgeführten Software veranlassten Speicheroperationen (insbesondere Schreiben und Löschen), die für die Software sichtbar ist, ist im Allgemeinen geringer als die Zahl der Speicheroperationen, die tatsächlich im Speicher 306 stattfinden, und ist daher kein realistisches Maß für den Verschleiß des Speichers 306. Das liegt daran, dass nur Blöcke einer Mindestgröße geschrieben werden können, also bei Datenmengen, die kleiner als die Mindestgröße sind, mehr Daten tatsächlich im Speicher überschrieben werden als für den Prozessor 402 sichtbar (write amplification). Ferner führt der Controller Verwaltungsoperationen aus, wie wear leveling und das Sperren von fehlerhaften Blocks, die die Zahl der tatsächlich geschriebenen Terabytes erhöhen. Wird ein erfindungsgemäßes Verfahren also im Prozessor 402 ausgeführt, muss die Zahl der geschriebenen Terabytes auf eine Art bestimmt werden, die diesem Umstand Rechnung trägt. Dazu kann ein im Speicher hinterlegter Wert für die anteiligen bereits geschriebenen Terabytes verwendet werden. Zum Beispiel beschreibt der UFS-2.1-kompatiblen Speichern gültige Standard JEDEC JESD 220C einen Health descriptor, der p in 10-%-Schritten angibt. Der Standard JEDEC JESD 84-B51A gilt für eMMC 5.1 und erlaubt eine Angabe des Wertes p in 1-%-Schritten.

Bezugszeichenliste

100	Verfahren zur Änderung einer Codierung
102-120	Schritte eines Verfahrens zur Änderung einer Codierung
200	Verfahren zur Bestimmung einer Partitionierung und Änderung der Codierung
202-216	Schritte eines Verfahrens zur Bestimmung einer Partitionierung und Änderung der Codierung
300	Speicherbauelement
302	Controller
304	Fehlerkorrektur
306	Speicher
308	Partition 1
310	Partition 2

400 Computer
402 Prozessor

der Codierung geringerer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Datenmenge gebildet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verwalten eines Speichers für einen Bordcomputer in einem Kraftfahrzeug, das Verfahren umfassend:

Bestimmen, in regelmäßigen Zeitabständen, eines Abnutzungsgrades des Speichers, abhängig von einer in den Speicher geschriebenen Datenmenge; falls der Abnutzungsgrad einen vorgegebenen Sollwert überschreitet: Ändern einer Codierung einer oder mehrerer Zellen des Speichers von einer Codierung höherer Dichte zu einer Codierung geringerer Dichte.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Abnutzungsgrad durch einen Anteil der in den Speicher geschriebenen Datenmenge an einer bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung höherer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Datenmenge gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines Abnutzungsgrades ein Auslesen eines Wertes umfasst, der die geschriebene Datenmenge angibt, und der in einem zu dem Speicher gehörenden Register hinterlegt ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, wobei die in den Speicher geschriebene Datenmenge als Anzahl der in den Speicher geschriebenen Terabytes angegeben wird, und/oder die in den Speicher schreibbare Datenmenge als realisierbare Anzahl der in den Speicher geschriebenen Terabytes angegeben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen eines Abnutzungsgrades das Bestimmen einer Bitfehlerrate umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ändern der Codierung ein Ändern einer Zahl von Zuständen pro Zelle von einer höheren Zahl von Zuständen zu einer niedrigeren Zahl von Zuständen beinhaltet.

7. Verfahren nach Anspruch 2, weiter umfassend:
falls der Abnutzungsgrad einen vorgegebenen Sollwert überschreitet: Bestimmen, in dem Speicher, einer bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung geringerer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Datenmenge,
wobei der Abnutzungsgrad nach dem Ändern der Codierung durch einen Anteil der in den Speicher geschriebenen Datenmenge an der bis zu einem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung

8. Verfahren nach Anspruch 7, weiter umfassend:

Bestimmen der voraussichtlich bis Ablauf einer Soll-Lebensdauer geschriebenen Datenmenge als Produkt der bisher durchschnittlich pro Zeiteinheit geschriebenen Datenmenge und der Soll-Lebensdauer;

falls die voraussichtlich bis Ablauf einer Soll-Lebensdauer geschriebene Datenmenge größer ist als die bis zu dem erwarteten Lebensdauerende unter Verwendung der Codierung geringerer Dichte insgesamt in den Speicher schreibbaren Datenmenge:

Ausgabe einer Warnung.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zellen eine Partition bilden, das Verfahren weiter umfassend:

Bestimmen einer Größe der Partition entsprechend der maximalen Menge der in einem vorgegebenen Zeitraum von einem oder mehreren vorgegebenen auf dem Bordcomputer ausgeführten Programmen gleichzeitig im Speicher hinterlegten Daten.

10. Verfahren nach Anspruch 1-9, weiter umfassend:

Abfragen einer benutzerdefinierten Einstellung, die angibt, ob die Codierung änderbar ist, wobei das Ändern nur erfolgt, wenn die Einstellung angibt, dass die Codierung änderbar ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1-10, wobei der Speicher ein Flash-Speicher ist.

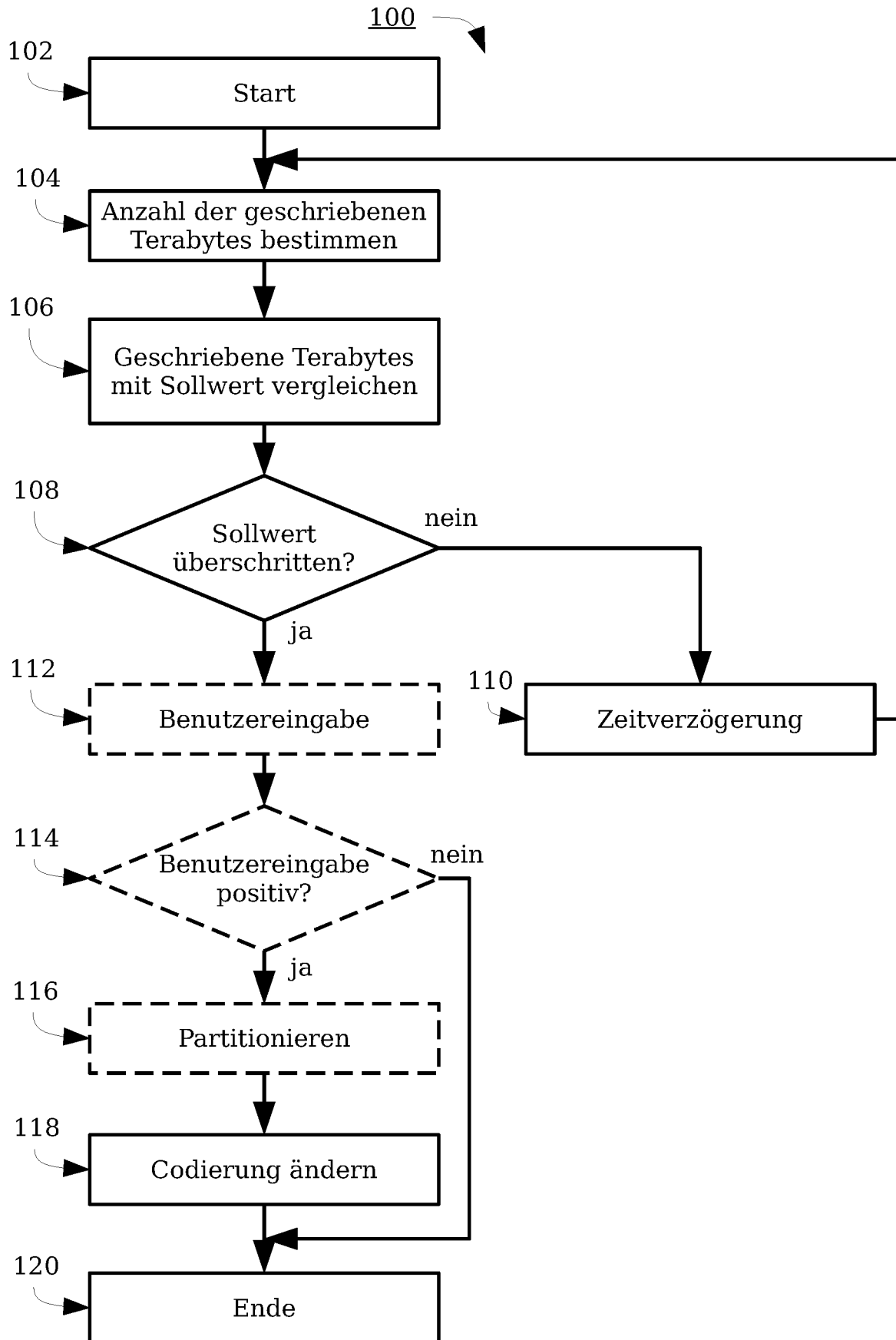
12. Verfahren nach Anspruch 1-11, wobei das Schreiben der Datenmenge Schreibvorgänge umfasst, die zur Verwaltung des Speichers von einem Controller durchgeführt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Schreiben der Datenmenge Schreibvorgänge durch Wear Leveling, Verwalten defekter Blöcke des Speichers und Optimierungsvorgänge umfasst, die zur Verwaltung des Speichers von einem Controller durchgeführt werden.

14. Datenspeichervorrichtung, umfassend:
einen Speicher; und
einen Controller, die dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1-13 auszuführen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**Fig. 1**

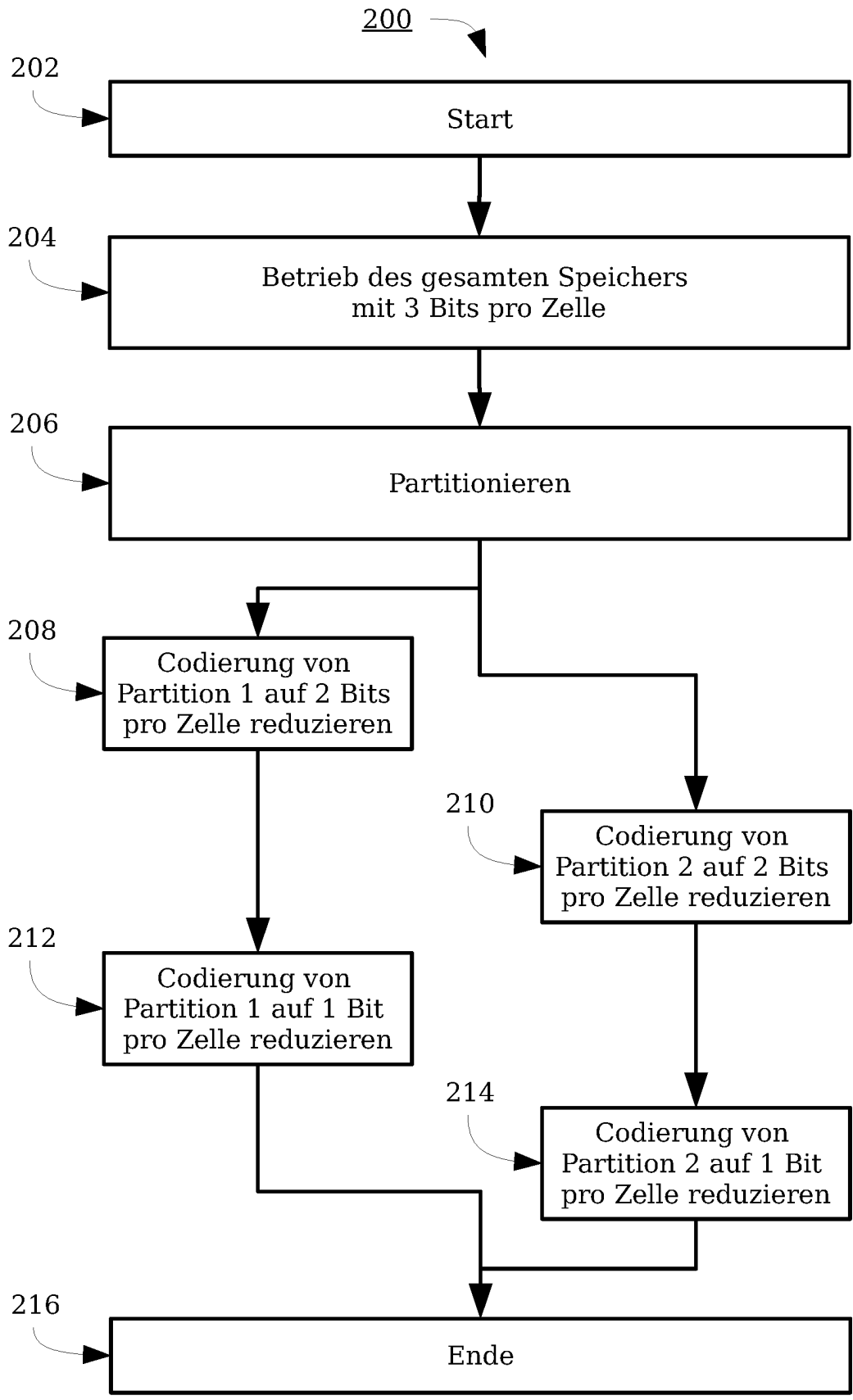


Fig. 2

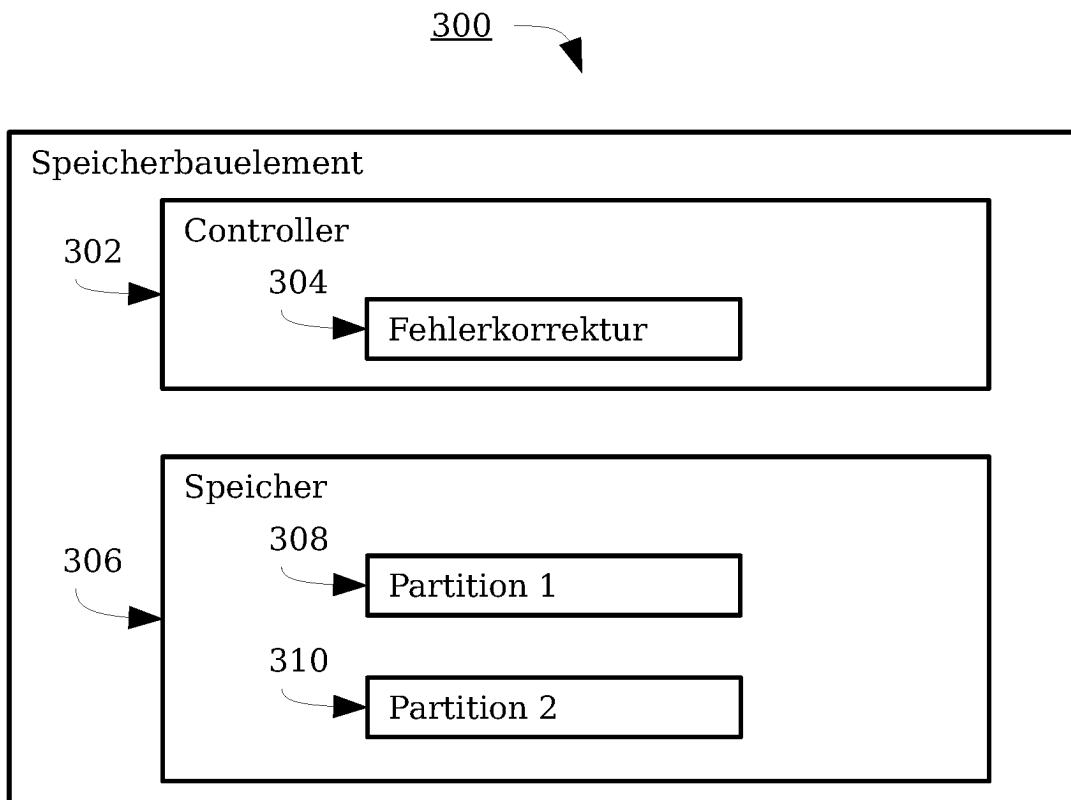


Fig. 3

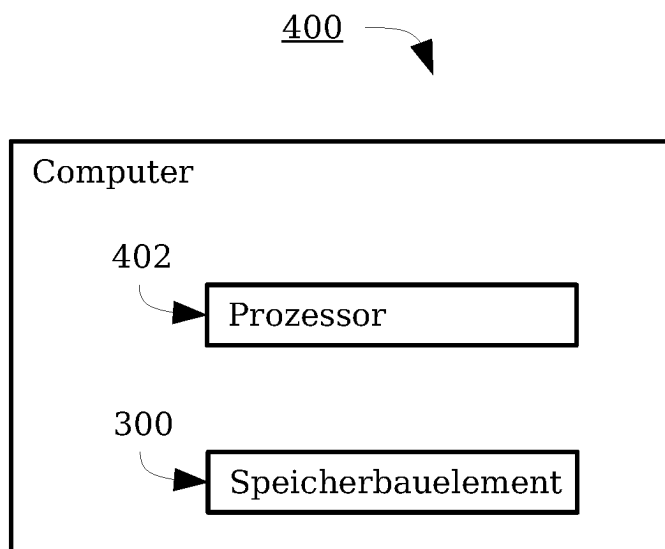


Fig. 4