



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 127 295.5**

(22) Anmeldetag: **21.10.2021**

(43) Offenlegungstag: **18.08.2022**

(51) Int Cl.: **G06F 13/16** (2006.01)

**G06F 13/20** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**202141006104**      **12.02.2021**      **IN**

(74) Vertreter:  
**Prock, Thomas, Dr., EC4A 1BW London, GB**

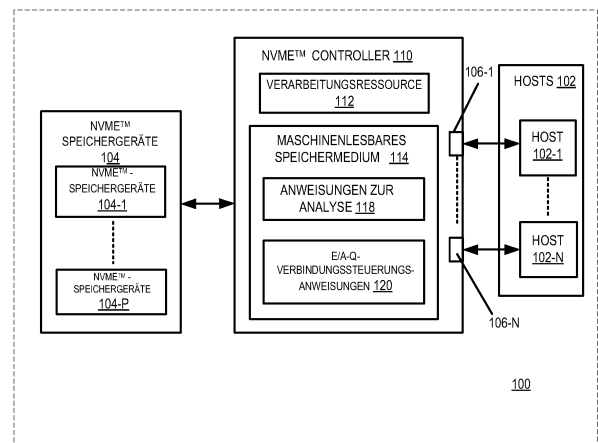
(71) Anmelder:  
**Hewlett Packard Enterprise Development LP,  
Houston, TX, US**

(72) Erfinder:  
**Dhanadevan, Komateswar, Karnataka, IN;  
Narasimhan, Shyamsundar, Karnataka, IN**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **STEUERUNG VON E/A-Q-VERBINDUNGEN IN NVMeTM-GERÄTEN**

(57) Zusammenfassung: Beispiele umfassen die selektive Anpassung von I/O-Q-Verbindungen zwischen einem NVMeTM-Controller und einem Speichergerät in einem NVMe-System. In einigen Beispielen wird eine Nutzungszeit eines Host-Ports in einem NVMeTM-Controller bestimmt. Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Auslastungszeit des Host-Ports niedriger ist als ein Host-Port-Auslastungsschwellenwert und eine Anzahl von E/A-Q-Verbindungen an dem Speichergerät niedriger ist als ein E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für das Speichergerät, wird eine Kandidatenliste von Speichergeräten erstellt, wobei jedes in der Kandidatenliste enthaltene Speichergerät eine durchschnittliche Servicezeit aufweist, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Servicezeit eines mit dem Speichergerät verbundenen Host-Ports ist. Für jedes in der Kandidatenliste enthaltene Speichergerät werden die Bearbeitungszeit und die E/A-Blockgröße der E/A-Anforderungen am Speichergerät bestimmt, und die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät wird selektiv auf der Grundlage der Bearbeitungszeit und der E/A-Blockgröße der E/A-Anforderungen am Speichergerät angepasst.



## Beschreibung

### HINTERGRUND

**[0001]** Nichtflüchtiger Speicher (NVM) ist eine Art von Computerspeicher, der seinen Inhalt über Stromzyklen hinweg beibehält und daher als Speicher verwendet werden kann. Im Vergleich zu flüchtigen Speichern, die Strom benötigen, um Daten zu speichern, können NVM Daten auch nach dem Ausschalten des Computers weiter speichern. NVM Express™ (NVME™) ist eine Speicherschnittstellenspezifikation für den Zugriff auf NVM.

### Figurenliste

**[0002]** Die folgende detaillierte Beschreibung bezieht sich auf die Zeichnungen, in denen:

**Abb. 1** ist ein Blockdiagramm eines Systems mit einer Reihe von Hosts und NVMe™-Speichergeräten, die mit einem NVMe™-Controller verbunden sind, in Übereinstimmung mit einem Beispiel;

**Abb. 2** ist ein Blockdiagramm eines Computersystems, das eine Verarbeitungsressource und ein maschinenlesbares Speichermedium umfasst, das mit Beispielbefehlen kodiert ist, um eine Anzahl von E/A-Q-Verbindungen zwischen einem NVMe™-Controller und einer Anzahl von NVMe™-Speichergeräten zu verwalten, gemäß einem Beispiel;

**Abb. 3** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Verwaltung einer Anzahl von I/O-Q-Verbindungen zwischen einem NVMe™-Controller und einer Anzahl von NVMe™-Speichergeräten gemäß einem Beispiel; und

**Abb. 4** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Verwaltung einer Anzahl von E/A-Q-Verbindungen zwischen einem NVMe™-Controller und einer Anzahl von NVMe™-Speichergeräten gemäß einem anderen Beispiel.

### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0003]** NVMe™ ist eine Speicherschnittstellenspezifikation für die Kommunikation zwischen Hosts und Speichergeräten (z. B. Solid State Drives (SSDs) an einem PCI Express (PCIe)-Bus). Nach der NVMe™-Spezifikation kann ein Speichergerät Tausende von E/A-Vorgängen parallel verarbeiten. Um diesen Vorteil für Rechenzentren der Unternehmensklasse zu bieten, kann NVMe™ über Fabrics erweitert werden, um die Skalierbarkeit und gemeinsame Nutzung zu verbessern. In diesem Zusammenhang ist NVMe™ over Fabrics (NVMe-oF™) eine flexible Transportabstraktionsschicht, die eine konsistente Definition von NVMe™ über eine Vielzahl von Speichernetzwerken wie Ethernet und Fibre Channel

ermöglicht. Ein mit der NVMe™-Spezifikation kompatibles Speichergerät, das in der Lage ist, Befehle (z. B. Lesebefehle, Schreibbefehle, Verwaltungsbefehle usw.) zu verarbeiten, die mit der NVMe™-Spezifikation übereinstimmen und/oder gemäß dieser bereitgestellt werden, wird als „NVMe™-Speichergerät“ bezeichnet. Ein Beispiel für ein „NVMe™-Speichergerät“ können Solid-State-Laufwerke (SSDs) sein, die mit der NVMe™-Spezifikation kompatibel sind. NVMe™ kann im Folgenden als „NVME“ bezeichnet werden, und ein „NVMe™-Speichergerät“ kann hier als „NVME-Speichergerät“ oder einfach als „Speichergerät“ bezeichnet werden. Ein Host kann ein Computergerät sein, das auf Daten zugreifen kann, die in einem oder mehreren NVME-Speichergeräten gespeichert sind, und Daten in diese schreiben kann. In einem Beispiel kann der Host ein Server sein, der Datendienste für Clients bereitstellt, die auf den in einem oder mehreren NVME-Speichergeräten gespeicherten Daten basieren.

**[0004]** Die NVME-Spezifikation definiert sowohl eine Schnittstelle (z. B. eine Schnittstelle auf Registerebene) als auch ein Befehlsprotokoll, das zur Kommunikation mit den NVME-Speichergeräten verwendet wird. In einem System, das die NVME-Spezifikation verwendet, können ein oder mehrere NVME-Speichergeräte (z. B. einschließlich Port(s) des/der NVME-Speichergeräte(s)) so konfiguriert sein, dass sie mit einem Host kommunizieren. Die Kommunikation zwischen dem Host und einem oder mehreren NVME-Speichergeräten kann durch einen NVME-Controller implementiert werden. Der NVME-Controller, der auch als „Kopfknoten“ bezeichnet wird, kann ein Speicherarray-Controller an einem vorderen Ende sein, der ein oder mehrere NVME-Speichergeräte, wie SSDs, an einem hinteren Ende verwalten kann. Ein Host kann mit einem Host-Port am NVME-Controller verbunden sein, wodurch der Host-Port mit dem Host verknüpft wird. In einem Beispiel kann der Host-Port ein physischer Port sein, der als Schnittstelle zwischen dem Host und dem NVME-Controller dient. Die Schnittstelle zwischen dem NVME-Controller und dem NVME-Speichergerät kann auf mehreren Warteschlangenpaaren (d.h. gepaarten Übermittlungs- und Abschlusswarteschlangen) basieren, die zwischen dem NVME-Controller (z.B. einschließlich Port(s) des NVME-Controllers) und dem NVME-Speichergerät (z.B. einschließlich Port(s) des NVME-Speichergeräts) geteilt werden. Die Warteschlangenpaare können sich entweder im Host-Speicher oder im Speicher des NVME-Speichergeräts befinden. In einem Beispiel erlaubt die NVME-Spezifikation bis zu 64K individuelle Warteschlangenpaare pro NVME-Speichergerät, und jedes Warteschlangenpaar kann bis zu 64K Einträge haben. Sobald die Warteschlangenpaare konfiguriert sind, können diese Warteschlangenpaare für fast die gesamte Kommunikation zwi-

schen dem NVME-Controller und einem NVME-Speichergerät unter Verwendung des Befehlsprotokolls verwendet werden. Jeder neue Eintrag kann mit einem Übermittlungsbefehl über eine Übermittlungswarteschlange an ein NVME-Speichergerät übermittelt werden. Wenn der Übermittlungsbefehl verarbeitet wird, kann ein Eintrag (der zuvor mit der Übermittlungswarteschlange, aus der der Befehl abgerufen wurde, verknüpft wurde) mithilfe eines Abschlussbefehls in eine Abschlusswarteschlange gestellt werden, und es kann eine Unterbrechung erzeugt werden. Es kann getrennte Warteschlangenpaare für Verwaltungsoperationen (z. B. Erstellen und Löschen von Warteschlangen oder Aktualisieren der Firmware auf dem Gerät) und für E/A-Operationen (z. B. Lesen und Schreiben) geben. Getrennte Warteschlangenpaare können eine übermäßige Verzögerung von E/A-Operationen aufgrund langwieriger Verwaltungsvorgänge vermeiden. Jedes Warteschlangenpaar für I/O-Operationen zwischen dem NVME-Controller und einem NVME-Speichergerät kann als „I/O Q-Verbindung“ am NVME-Speichergerät bezeichnet werden.

**[0005]** Im Allgemeinen können NVME-Speichergeräte E/A-Operationen mit einer höheren Geschwindigkeit als der NVME-Controller verarbeiten. Da jedoch ein einzelner NVME-Controller mehrere NVME-Speichergeräte am Back-End verwalten kann, kann die Verarbeitungslast am NVME-Controller mit der Zunahme der Verarbeitungslast in einem oder mehreren der mehreren NVME-Speichergeräte um ein Vielfaches steigen. Daher ist der NVME-Controller möglicherweise nicht in der Lage, Befehle zu und von den mehreren NVME-Speichergeräten mit einer optimalen Rate zu verarbeiten, und folglich können die Input-Output-Operationen pro Sekunde (IOPS) zwischen dem NVME-Controller am vorderen Ende und den NVME-Speichergeräten am hinteren Ende reduziert werden, wodurch die Leistung beeinträchtigt wird. Daher kann der NVME-Controller zu einem Engpass beim Erreichen hoher IOPS zwischen dem NVME-Controller und den NVME-Speichergeräten werden. Außerdem kann in manchen Fällen die Anzahl der I/O-Q-Verbindungen zwischen dem NVME-Controller und den NVME-Speichergeräten nicht ausreichen, um die eingehende I/O-Last von den Hosts zu verarbeiten, was zu einer Drosselung der I/O-Operationen an den NVME-Speichergeräten führen kann. Die Drosselung der I/O-Operationen an den NVME-Speichergeräten kann zu einer Erhöhung der Latenz an den NVME-Speichergeräten und zu Timeouts in den auf den Hosts laufenden Anwendungen führen.

**[0006]** Die hier beschriebenen Beispiele stellen Techniken zur Verfügung, um E/A-Q-Verbindungen zwischen dem NVME-Controller und den NVME-Speichergeräten basierend auf der E/A-Arbeitslast dynamisch zu vergrößern oder zu verkleinern und

so die IOPS für Speicheranwendungen zu verbessern. Die Techniken können eine Nutzungszeit eines Host-Ports im NVME-Controller bestimmen. Der Host-Port kann mit einem Host verbunden sein und mit einem NVME-Speichergerät kommunizieren. Die Auslastungszeit des Host-Ports ist ein Indikator für eine Zeitspanne, in der der Host-Port mit der Verarbeitung von E/A-Operationen beschäftigt ist. Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Auslastungszeit des Host-Ports unter einem Host-Port-Auslastungsschwellenwert liegt und eine Anzahl von I/O-Q-Verbindungen an dem NVME-Speichergerät geringer ist als ein I/O-Q-Verbindungsschwellenwert für das NVME-Speichergerät, kann der NVME-Controller eine Kandidatenliste von NVME-Speichergeräten erstellen. Der E/A-Q-Verbindungsschwellenwert ist ein Indikator für die maximale Anzahl von E/A-Q-Verbindungen, die gleichzeitig von einem NVME-Speichergerät zur Bearbeitung von E/A-Anfragen unterstützt werden können. Die Kandidatenliste kann NVME-Speichergeräte enthalten, für die eine selektive Anpassung der E/A-Q-Verbindungen in Betracht gezogen werden könnte. Jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist, hat eine durchschnittliche Servicezeit, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Servicezeit eines Host-Ports ist, der mit dem NVME-Speichergerät verbunden ist. Der Schwellenwert für die Auslastung des Host-Ports ist ein Indikator für die maximale Zeit, die der Host-Port mit der Verarbeitung von E/A-Operationen belegt sein darf. Die durchschnittliche Servicezeit eines NVME-Speichergeräts bezieht sich auf die durchschnittliche Zeit, die ein NVME-Speichergerät für die Verarbeitung von I/O-Operationen (z. B. Lesen oder Schreiben) benötigt. Ein Host oder NVME-Controller kann I/O-Anfragen einschließlich Befehlen/Anweisungen zur Ausführung von I/O-Operationen (z. B. Lesen oder Schreiben) an NVME-Speichergeräte senden. Die durchschnittliche Servicezeit eines Host-Ports des NVME-Controllers bezieht sich auf die durchschnittliche Zeit, die der Host-Port für die Verarbeitung einer I/O-Operation benötigt. Für jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist, kann der NVME-Controller die Verarbeitungszeit und die I/O-Blockgröße von I/O-Anfragen an dem NVME-Speichergerät bestimmen und selektiv, basierend auf der Verarbeitungszeit und der I/O-Blockgröße von I/O-Anfragen, die Anzahl der I/O-Q-Verbindungen an dem NVME-Speichergerät anpassen. Auf diese Weise kann die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen zwischen dem NVME-Controller und den NVME-Speichergeräten je nach Arbeitslast erhöht oder verringert werden, wodurch höhere IOPS erzielt und die Leistung verbessert wird. Das Erhöhen oder Verringern der Anzahl der E/A-Q-Verbindungen in Abhängigkeit von der Arbeitslast kann die Verringerung der Latenz bei der Verarbeitung von E/A-Operationen von den Hosts über die Speichergeräte erleichtern

und dadurch Zeitüberschreitungen in den auf den Hosts laufenden Anwendungen reduzieren.

**[0007] Abb. 1** zeigt ein Beispielsystem 100 mit einem NVME-Controller 110 (im Folgenden auch als „Controller 110“ bezeichnet), der die Verbindung von Hosts 102 zur Kommunikation mit NVME-Speichergeräten 104 (im Folgenden auch als „Speichergeräte 104“ bezeichnet) erleichtern kann. In einem Beispiel kann ein Speicher-Array die Speichergeräte 104 enthalten und den Controller 110 als Speicher-Array-Controller des Speicher-Arrays umfassen. Das in **Abb. 1** dargestellte System 100 kann eine Vielzahl von NVME-Speichergeräten 104 (bezeichnet als NVME-Speichergeräte 104-1 bis 104-P) und eine Vielzahl von Hosts 102 (bezeichnet als Hosts 102-1 bis 102-N) umfassen. Auf jedes der NVME-Speichergeräte 104 kann von einer entsprechenden Teilmenge der Hosts 102 zugegriffen werden. Beispielsweise kann eine erste Teilmenge der Hosts 102 mit einem NVME-Speichergerät 104-1 kommunizieren, eine zweite Teilmenge der Hosts 102 kann mit einem NVME-Speichergerät 104-2 kommunizieren, und so weiter. In einigen Beispielen kann ein bestimmter Host der Hosts 102 mit zwei oder mehr NVME-Speichergeräten 104 kommunizieren (d. h., der bestimmte Host kann zu zwei oder mehr Teilmengen der Hosts gehören).

**[0008]** In einem Beispiel kann der Controller 110 an eine Struktur (z. B. NVME-Strukturen), mit der die Hosts 102 und die NVME-Speichergeräte 104 kommunikativ verbunden sind, angeschlossen sein, von ihr Kenntnis haben, Teil davon sein, ihr zugeordnet sein und/oder anderweitig mit ihr in Beziehung stehen. Der Controller 110 kann mindestens eine Verarbeitungsressource 112 umfassen, die kommunikativ mit einem maschinenlesbaren Speichermedium 114 gekoppelt ist, das mindestens Analyseanweisungen 118 und E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 enthält, die, wenn sie von der mindestens einen Verarbeitungsressource 112 ausgeführt werden, den Controller 110 veranlassen, hierin beschriebene Aktionen in Bezug auf den Controller 110 durchzuführen. In einigen Beispielen können die Anweisungen des Controllers 110 in einem Switch (z. B. eingebettet in einen Container), in einer virtuellen Maschine (VM) oder in einem NVME-Speichergerät (z. B. dem NVME-Speichergerät 104-1) ausgeführt werden.

**[0009]** Der Controller 110 kann die Verbindung der Hosts 102 mit NVME-Speichergeräten 104 erleichtern. Die Hosts 102 können mit dem/den NVME-Speichergerät(en) auf der Grundlage eines Mappings kommunizieren. In **Abb. 1** kann das Mapping beispielsweise anzeigen, dass die mit 102-1, ..., 102-N bezeichneten Hosts mit den NVME-Speichergeräten 104 kommunizieren können.

**[0010]** Das Steuergerät 110 umfasst Host-Ports 106-1, ..., 106-N, die auch als Host-Ports 106 bezeichnet werden. Jeder der Hosts 102 kann mit einem Host-Port aus den Host-Ports 106 verbunden werden, wodurch jeder der Host-Ports 106 einem bestimmten Host zugeordnet wird. Jeder der Hosts 102, der mit einem Host-Port der Host-Ports 106 verbunden ist, kann in die Lage versetzt werden, mit einem NVME-Speichergerät aus einer Vielzahl von NVME-Speichergeräten 104 zu kommunizieren.

**[0011]** Die Steuereinheit 110 kann Analyseanweisungen 118 und E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 enthalten, um eine oder mehrere der hier beschriebenen Funktionen der Steuereinheit 110 auszuführen. In anderen Beispielen können die hier beschriebenen Funktionen der Steuereinheit 110 durch eine beliebige Kombination aus Hardware und Programmierung implementiert werden, um die hier beschriebenen Funktionen der Steuereinheit 110 auszuführen. Die Kombination aus Hardware und Programmierung kann auf verschiedene Weise implementiert werden. Beispielsweise kann die Programmierung prozessorausführbare Befehle enthalten, die auf einem nicht transitorischen, maschinenlesbaren Speichermedium gespeichert sind, und die Hardware kann mindestens eine Verarbeitungsressource (z. B. mindestens einen Prozessor, eine CPU, eine Schaltung usw.) zur Ausführung dieser Befehle enthalten. In den hier beschriebenen Beispielen kann ein einzelnes Rechengerät (z. B. ein Speicherarray) ein maschinenlesbares Speichermedium, auf dem die Befehle (oder eine andere Programmierung) gespeichert sind, und die Verarbeitungsressource (oder andere Hardware) zur Ausführung der Befehle (oder einer anderen Programmierung) enthalten, oder das maschinenlesbare Speichermedium, auf dem die Befehle (oder eine andere Programmierung) gespeichert sind, kann von dem Rechengerät und der Verarbeitungsressource getrennt und für diese zugänglich sein. In einigen Beispielen können die Hardware und die Programmierung in Schaltkreisen implementiert sein.

**[0012]** In einem Beispiel kann ein Abtastintervall für den Controller 110 konfiguriert werden. Das Abtastintervall ist bezeichnend für ein Zeitintervall, in dem der Controller 110 eine oder mehrere Funktionalitäten zur Verwaltung einer Anzahl von E/A-Q-Verbindungen zwischen dem Controller 110 und den NVME-Speichergeräten 104-1 bis 104-P durchführen soll. Das Abtastintervall kann auf der Grundlage einer Benutzereingabe vordefiniert werden. Das Abtastintervall kann z. B. 3600 Sekunden betragen. In einem Beispiel können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 ein Paar von E/A-Q-Verbindungen zwischen dem Controller 110 und jedem NVME-Speichergerät 104-1, ..., 104-P erstellen. Eine des Pairs von E/A-Q-Verbindungen (d. h. ein Satz von Übermittlungs- und Abschlusswarteschlangen) kann

für Lesevorgänge und die andere des Paares von E/A-Q-Verbindungen (ein weiterer Satz von Übermittlungs- und Abschlusswarteschlangen) für Schreibvorgänge bestimmt sein.

**[0013]** Die Analyseanweisungen 118 können eine Nutzungszeit für jeden der mehreren Host-Ports 106-1 bis 106-N bestimmen. Obwohl in der folgenden Beschreibung die Operationen/Funktionen mit Bezug auf den Host-Anschluss 106-1 und das Speichergerät 104-1 beschrieben werden, können ähnliche Operationen/Funktionen auch in Bezug auf jeden der anderen Host-Anschlüsse 106-2 bis 106-N und jedes der Speichergeräte 104 durchgeführt werden. Die Analyseanweisungen 118 können einen Durchsatz des Host-Anschlusses 106-1 auf der Grundlage einer Anzahl von E/A-Anforderungserfüllungen am Host-Anschluss 106-1 über das Abtastintervall bestimmen. Die Erledigungen von E/A-Anforderungen am Host-Anschluss 106-1 können sich auf E/A-Anforderungen beziehen, die während des Abtastintervalls am Host-Anschluss 106-1 bedient/verarbeitet wurden. In einem Beispiel ist der Durchsatz des Host-Anschlusses 106-1 ein Verhältnis zwischen der Anzahl der abgeschlossenen E/A-Anforderungen am Host-Anschluss 106-1 und dem Abtastintervall.

**[0014]** Ferner können die Analyseanweisungen 118 eine durchschnittliche Servicezeit des Host-Anschlusses 106-1 bestimmen. Die durchschnittliche Servicezeit ist ein Indikator für die durchschnittliche Zeit, die für die Verarbeitung einer E/A-Operation (Lesen oder Schreiben) durch den Host-Anschluss 106-1 benötigt wird. Die durchschnittliche Servicezeit des Host-Ports 106-1 kann als Verhältnis zwischen einer Belegzeitperiode des Host-Ports 106-1 und der Anzahl der E/A-Anforderungsabschlüsse am Host-Port 106-1 während des Abtastintervalls berechnet werden. Die Belegungszeit des Host-Anschlusses 106-1 bezieht sich auf die Zeitdauer, während der der Host-Anschluss 106-1 für die Verarbeitung/Empfang von E/A-Anforderungen von den Hosts 102, wie z. B. dem Host 102-1, nicht verfügbar ist. Die Nutzungszeit des Host-Anschlusses 106-1 kann als Produkt aus dem Durchsatz des Host-Anschlusses 106-1 und der durchschnittlichen Dienstzeit des Host-Anschlusses 106-1 berechnet werden. Die Nutzungszeit jedes der Host-Ports 106-2 bis 106-N kann auf ähnliche Weise bestimmt werden.

**[0015]** Die Analyseanweisungen 118 können die Nutzungszeit des Host-Anschlusses 106-1 mit einem Schwellenwert für die Nutzung des Host-Anschlusses vergleichen. In einem Beispiel kann der Schwellenwert für die Auslastung des Host-Ports als Prozentsatz des Abtastintervalls ausgedrückt werden, für den der Host-Port 106-1 genutzt wird, beispielsweise 98 % des Abtastintervalls. Darü-

ber hinaus können die Analyseanweisungen 118 auch prüfen, ob eine Anzahl von E/A-Q-Verbindungen an einem NVME-Speichergerät (z. B. Speichergerät 104-1) kleiner ist als ein E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für das Speichergerät 104-1. In einem Beispiel können die Analyseanweisungen 118 von der Speichervorrichtung 104-1 Informationen empfangen, die eine Menge der E/A-Q-Verbindungen (d. h. eine Anzahl von E/A-Q-Verbindungen) enthalten, die zu einem bestimmten Zeitpunkt an der Speichervorrichtung 104-1 bestehen. In einigen Beispielen kann das Speichergerät 104-1 einen Registrierungsbeefehl an die Steuerung 110 senden, um die Anzahl der vorhandenen E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät 104-1 bei der Steuerung 110 zu registrieren. Der Registrierungsbeefehl kann Informationen enthalten, die die Anzahl der bestehenden E/A-Q-Verbindungen und Geräteparameter des Speichergeräts 104-1 umfassen. Die Analyseanweisungen 118 können die Informationen einschließlich der Anzahl der bestehenden E/A-Q-Verbindungen aus dem Registrierungsbeefehl erhalten. Der/die Geräteparameter des Speichergeräts 104-1 kann/können Informationen enthalten, die sich auf den E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für das Speichergerät 104-1 beziehen. Der E/A-Q-Verbindungsschwellenwert gibt die maximale Anzahl von E/A-Q-Verbindungen an, die gleichzeitig von dem Speichergerät 104-1 zur Bearbeitung von E/A-Anfragen unterstützt werden können. In einem Beispiel kann die E/A-Q-Verbindungsschwelle für das Speichergerät 104-1 von der Gerätetreiberkonfiguration des Speichergeräts 104-1 abhängen. Die Analyseanweisungen 118 können die Informationen einschließlich des E/A-Q-Verbindungsschwellenwerts aus den im Registrierungsbeefehl enthaltenen Geräteparametern erhalten. Die Analyseanweisungen 118 können die Anzahl der bestehenden E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät 104-1 mit dem E/A-Q-Verbindungsschwellenwert vergleichen.

**[0016]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Nutzungszeit des Host-Ports 106-1 unter dem Schwellenwert für die Host-Port-Nutzung liegt und die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät 104-1 unter dem Schwellenwert für E/A-Q-Verbindungen für das Speichergerät 104-1 liegt, können die Analyseanweisungen 118 eine Kandidatenliste von Speichergeräten erstellen. Die Kandidatenliste kann NVME-Speichergeräte enthalten, für die eine selektive Anpassung der E/A-Q-Verbindungen in Betracht gezogen werden könnte. Das Speichergerät 104-1 kann in die Kandidatenliste aufgenommen werden, wenn die durchschnittliche Servicezeit des Speichergeräts 104-1 größer oder gleich der durchschnittlichen Servicezeit des Host-Ports 106-1 ist. Wenn die durchschnittliche Betriebszeit des Speichergeräts 104-1 kleiner ist als die durchschnittliche Betriebszeit des Host-Ports 106-1, wird das Speichergerät 104-1 nicht in die Kandidatenliste aufge-

nommen und andere Speichergeräte 104 können für die Aufnahme in die Kandidatenliste in Betracht gezogen werden. Somit hat jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist, eine durchschnittliche Servicezeit, die größer oder gleich der durchschnittlichen Servicezeit eines Host-Ports ist, der mit dem NVME-Speichergerät verbunden ist. Ein mit einem NVME-Speichergerät verbundener Host-Port kann sich auf einen Host-Port beziehen, der auf die Ressourcen des NVME-Speichergeräts in einem NVME-System, wie dem System 100, zugreifen kann.

**[0017]** Obwohl die Techniken im Folgenden unter Bezugnahme auf die Steuerung von E/A-Q-Verbindungen zwischen der Steuerung 110 und dem Speichergerät 104-1 beschrieben werden, können ähnliche Techniken zur Steuerung von E/A-Q-Verbindungen zwischen der Steuerung 110 und jedem der Speichergeräte 104 eingesetzt werden. In einem Beispiel können die Analyseanweisungen 118 eine Anzahl von E/A-Anforderungserfüllungen am Speichergerät 104-1 über das Abtastintervall bestimmen. Die Erledigung von E/A-Anfragen auf dem Speichergerät 104-1 bezieht sich auf E/A-Anfragen, die während des Abtastintervalls auf dem Speichergerät 104-1 bedient/verarbeitet wurden. Die Analyseanweisungen 118 können auch eine Auslastungszeitspanne des Speichergeräts 104-1 bestimmen. Die Auslastungszeit kann eine Zeitspanne angeben, in der das Speichergerät 104-1 während des Abtastintervalls nicht verfügbar ist, um neue E/A-Anfragen zu verarbeiten. Die Analyseanweisungen 118 können eine durchschnittliche Servicezeit des Speichergeräts 104-1 als Verhältnis der Belegungszeit des Speichergeräts 104-1 zur Anzahl der E/A-Anfrageerledigungen am Speichergerät 104-1 bestimmen.

**[0018]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Betriebszeit des Speichergeräts 104-1 größer oder gleich der durchschnittlichen Betriebszeit des Host-Anschlusses 106-1 ist, können die Analyseanweisungen 118 das Speichergerät 104-1 innerhalb der Kandidatenliste gruppieren. Wenn also die durchschnittliche Betriebszeit der Speichergeräte 104-1 bis 104-P größer oder gleich der durchschnittlichen Betriebszeit des Host-Anschlusses 106-1 ist, können sie der Kandidatenliste hinzugefügt werden. Nehmen wir als Beispiel an, dass die Speichergeräte 104-1 und 104-2 in die Kandidatenliste aufgenommen werden.

**[0019]** Die Analyseanweisungen 118 können auch ein Besuchsverhältnis des Speichergeräts 104-1 bestimmen. Das Besuchsverhältnis des Speichergeräts 104-1 ist definiert als die Anzahl der Abschlüsse von E/A-Anfragen am Speichergerät 104-1 pro Zeiteinheit des Abtastintervalls. Ferner kann der Durchsatz des Speichergeräts 104-1 auf der Grundlage

des Besuchsverhältnisses bestimmt werden. In einem Beispiel kann der Durchsatz des Speichergeräts 104-1 als Produkt aus dem Besuchsverhältnis des Speichergeräts 104-1 und dem Durchsatz des Host-Ports 106-1 berechnet werden. Die Analyseanweisungen 118 können einen Servicebedarf für das Speichergerät 104-1 als Produkt aus dem Besuchsverhältnis des Speichergeräts 104-1 und der durchschnittlichen Servicezeit des Speichergeräts 104-1 bestimmen. Ferner können die Analyseanweisungen 118 eine Auslastungszeit des Speichergeräts 104-1 als Produkt aus dem Durchsatz des Host-Ports 106-1 und dem Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 bestimmen. Ebenso kann eine Auslastungszeit des (in der Kandidatenliste enthaltenen) Speichergeräts 104-2 bestimmt werden.

**[0020]** In einem Beispiel können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 im Abtastintervall bestimmen. Eine Leseanforderung bezieht sich auf eine E/A-Anforderung von einem Host zum Lesen von Daten aus einem der Speichergeräte. Die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 können prüfen, ob sich die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 über zwei aufeinander folgende Abtastintervalle hinweg geändert hat. In einem Beispiel kann die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung eines ersten Satzes von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 während eines ersten Abtastintervalls mit der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung eines zweiten Satzes von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 in einem zweiten Abtastintervall verglichen werden, wobei das erste und das zweite Abtastintervall aufeinander folgende Abtastintervalle sind. Auf der Grundlage des Vergleichs können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 die Änderung der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung der Leseanfragen bestimmen. In einem Beispiel kann die Änderung eine Zunahme oder Abnahme der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung der Leseanfragen durch das Speichergerät 104-1 anzeigen. Darüber hinaus können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 auch prüfen, ob die Nutzungszeit des Speichergeräts 104-1 unter einem Schwellenwert für die Speichernutzung liegt, beispielsweise bei 95 % des Abtastintervalls. Der Schwellenwert für die Speichernutzung ist ein Anhaltspunkt für die maximale Zeit, die das Speichergerät 104-1 mit der Verarbeitung von E/A-Operationen beschäftigt sein darf.

**[0021]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 gestiegen ist und das Speichergerät 104-1 eine Nutzungszeit hat, die unter dem Schwellenwert für die

Speichernutzung liegt, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 bestimmen, ob eine Anzahl von Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich einem E/A-Leseschwellenwert ist. In einem Beispiel können Leseanforderungen mit einer E/A-Blockgröße von weniger als oder gleich 4 Kilobyte (KB) als Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße bezeichnet werden. Der Lese-E/A-Schwellenwert kann eine bestimmte Menge, z. B. 80 %, der pro Sekunde von der Speichereinheit 104-1 während des Abtastintervalls empfangenen Leseanfragen angeben. So können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 prüfen, ob die Anzahl der pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangenen Leseanfragen mit kleiner E/A-Blockgröße größer oder gleich 80 % der pro Sekunde von der Speichereinheit 104-1 empfangenen Leseanfragen ist.

**[0022]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangenen Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine E/A-Q-Verbindung mit hoher Priorität hinzufügen, die mit Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße verbunden ist. Die E/A-Q-Verbindung kann eine Übermittlungswarteschlange und eine Erledigungswarteschlange zwischen dem Controller 110 und dem Speichergerät 104-1 umfassen. Die E/A-Q-Verbindung ist für Leseanfragen mit kleinen E/A-Blöcken bestimmt, die am Speichergerät 104-1 eingehen. In einem Beispiel kann die hinzugefügte E/A-Q-Verbindung eine höhere Priorität haben als eine E/A-Q-Verbindung, die derzeit die Leseanfragen am Speichergerät 104-1 bedient. Daher können die E/A-Anfragen, die über die hinzugefügte E/A-Q-Verbindung bearbeitet werden, mit höherer Geschwindigkeit verarbeitet werden.

**[0023]** In einem Beispiel können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 feststellen, dass die Anzahl der Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, z. B. E/A-Blöcke von 512 KB, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist. Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine E/A-Q-Verbindung mit normaler Priorität hinzufügen, die mit Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße verbunden ist. In einem Beispiel kann die hinzugefügte E/A-Q-Verbindung dieselbe Priorität haben wie eine E/A-Q-Verbindung, die derzeit die Leseanforderungen an das Speichergerät 104-1 bedient.

Die hinzugefügte E/A-Q-Verbindung ist für Leseanfragen mit großen E/A-Blöcken bestimmt, die vom Speichergerät 104-1 empfangen werden.

**[0024]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass sich die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle verringert hat oder dass die Nutzungszeit des Speichergeräts 104-1 größer ist als der Schwellenwert für die Speichernutzung, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 prüfen, ob mehr als eine E/A-Q-Verbindung zwischen dem Speichergerät 104-1 und der Steuerung 110 vorhanden ist. Ferner können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 feststellen, ob sich der Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle hinweg geändert hat. In einem Beispiel kann der Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 in einem ersten Abtastintervall mit dem Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 in einem zweiten Abtastintervall verglichen werden, um die Änderung des Servicebedarfs zu bestimmen. Bei dem ersten und dem zweiten Abtastintervall kann es sich um zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle handeln. Als Reaktion auf die Feststellung, dass der Dienstbedarf des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle abgenommen hat und mehr als eine E/A-Q-Verbindung zwischen dem Speichergerät 104-1 und der Steuerung 110 vorhanden ist, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine E/A-Q-Verbindung zwischen dem Speichergerät 104-1 und der Steuerung 110 löschen.

**[0025]** In einem Beispiel können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Schreib-anforderungen durch das Speichergerät 104-1 während des Abtastintervalls bestimmen. Eine Schreibenanforderung bezieht sich auf eine Anforderung von einem Host, Daten in eines der Speichergeräte 104 zu schreiben. Die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 können prüfen, ob sich die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Schreibenanfragen über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle hinweg geändert hat. In einem Beispiel kann eine durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung eines ersten Satzes von Schreibenanforderungen durch das Speichergerät 104-1 in einem ersten Abtastintervall mit einer durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung eines zweiten Satzes von Schreibenanforderungen in einem zweiten Abtastintervall verglichen werden, um die Änderung der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Schreibenanforderungen zu bestimmen. In einem Beispiel können das erste Abtastintervall und das zweite Abtastintervall aufeinanderfolgende Abtastintervalle sein. In einem Beispiel kann die Änderung eine Zunahme oder Abnahme der durchschnittlichen Zeit

für die Verarbeitung von Schreibanfragen durch das Speichergerät 104-1 anzeigen. Darüber hinaus prüft die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisung 120 auch, ob die Nutzungszeit des Speichergeräts 104-1 unter dem Schwellenwert für die Speichernutzung liegt.

**[0026]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung der Schreibanforderungen durch das Speichergerät 104-1 gestiegen ist und das Speichergerät 104-1 eine Nutzungszeit hat, die unter dem Schwellenwert für die Speichernutzung liegt, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 bestimmen, ob eine Anzahl von Schreibanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, wie z. B. E/A-Blockgröße kleiner oder gleich 4 KB, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich einem E/A-Schwellenwert ist. Der E/A-Schwellenwert kann eine bestimmte Menge, z. B. 80 %, der pro Sekunde von der Speichereinheit 104-1 während des Abtastintervalls empfangenen Schreibanfragen angeben. Somit können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 prüfen, ob mindestens 80 % der pro Sekunde von der Speichereinheit 104-1 während des Abtastintervalls empfangenen Schreibanfragen eine kleine E/A-Blockgröße aufweisen.

**[0027]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der während des Abtastintervalls pro Sekunde empfangenen Schreibanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße größer oder gleich dem E/A-Schwellenwert ist, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine E/A-Q-Verbindung hinzufügen, die mit Schreibanforderungen verbunden ist. Die hinzugefügte E/A-Q-Verbindung ist für die Verarbeitung von Schreibanforderungen auf dem Speichergerät 104-1 bestimmt. In einem Beispiel können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 feststellen, dass eine Anzahl von Schreibanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, wie z. B. E/A-Blöcke von 512 KB, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich dem E/A-Schreibschwellenwert ist. Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangenen Schreibanforderungen größer oder gleich dem E/A-Schwellenwert ist, können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 eine den Schreibanforderungen zugeordnete Abschlusswarteschlange hinzufügen. Die Erledigungswarteschlange, die Schreibanforderungen zugeordnet ist, kann sich auf eine Erledigungswarteschlange zwischen dem Controller 110 und dem Speichergerät 104-1 beziehen, die für die Verarbeitung von Schreibanforderungen am Speichergerät 104-1 bestimmt ist. In der oben beschriebenen Weise können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen

am Speichergerät 104-1 auf der Grundlage der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße der E/A-Anforderungen am Speichergerät 104-1 selektiv anpassen. In ähnlicher Weise können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät 104-2, das in die Kandidatenliste aufgenommen werden soll, selektiv anpassen. So werden für jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist, die Verarbeitungszeit und die E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am NVME-Speichergerät bestimmt, auf deren Grundlage die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am NVME-Speichergerät selektiv angepasst wird.

**[0028]** **Abb. 2** ist ein Blockdiagramm eines Computersystems 200, das eine Verarbeitungsressource 202 und ein maschinenlesbares Speichermedium 204 enthält, das mit Beispielbefehlen 206, 208, 210 und 212 kodiert ist, um E/A-Q-Verbindungen zwischen einem NVME-Controller (wie dem NVME-Controller 110 von **Abb. 1**) und einer Speichervorrichtung (wie der Speichervorrichtung 104-1 von **Abb. 1**) zu steuern, in Übereinstimmung mit einem Beispiel.

**[0029]** In einigen Beispielen kann der Zugriff auf das maschinenlesbare Speichermedium 204 durch die Verarbeitungsressource 202 erfolgen. Die Verarbeitungsressource 202 kann Anweisungen (d.h. Programmier- oder Softwarecode) ausführen, die auf dem maschinenlesbaren Speichermedium 204 gespeichert sind. Die Anweisungen 206, 208, 210 und 212 von **Abb. 2** können, wenn sie von der Verarbeitungsressource 202 ausgeführt werden, verschiedene Aspekte der selektiven Einstellung von E/A-Q-Verbindungen zwischen dem NVME-Controller und dem Speichergerät implementieren. In einem Beispiel können die Anweisungen 206 und 208 in den Analyseanweisungen 118 enthalten sein und die Anweisungen 210 und 212 können in den E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 von **Abb. 1** enthalten sein. In einigen Beispielen kann das Rechensystem 200 in einem NVME-Controller (z. B. dem NVME-Controller 110 von **Abb. 1**) enthalten sein (z. B. als Teil davon). Zur einfacheren Veranschaulichung wird **Abb. 2** unter Bezugnahme auf **Abb. 1** beschrieben. In bestimmten Beispielen können die Befehle 206-212 ausgeführt werden, um die Funktionalitäten des NVME-Controllers 110 und eine oder mehrere Methoden, wie die in **Abb. 3** und **Abb. 4** beschriebenen Methoden 300 und 400, auszuführen. In bestimmten Beispielen kann die Verarbeitungsressource 202 alternativ oder zusätzlich zur Ausführung der Befehle 206-212 mindestens einen IC, eine andere Steuerlogik, eine andere elektronische Schaltung oder Kombinationen davon enthalten, die eine Anzahl elektronischer Komponenten zur Ausführung der hierin beschriebenen Funktionalitäten



litäten umfassen, die vom NVME-Controller 110 ausgeführt werden.

**[0030]** Anweisungen 206 können, wenn sie von der Verarbeitungsressource 202 ausgeführt werden, eine Nutzungszeit des Host-Anschlusses 106-1 in dem NVME-Controller 110 bestimmen. Der Host-Port 106-1 ist mit einem Host 102-1 verbunden und soll mit einem NVME-Speichergerät 104-1 kommunizieren.

**[0031]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Nutzungszeit des Host-Ports 106-1 niedriger ist als ein Host-Port-Nutzungsschwellenwert und eine Anzahl von E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät 104-1 niedriger ist als der E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für das Speichergerät 104-1, können Anweisungen 208 eine Kandidatenliste von NVME-Speichergeräten erstellen. Jedes NVME-Speichergerät (wie das NVME-Speichergerät 104-1), das in der Kandidatenliste enthalten ist, hat eine durchschnittliche Servicezeit, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Servicezeit eines Host-Ports ist, der dem NVME-Speichergerät zugeordnet ist (wie der Host-Port 106-1, der dem NVME-Speichergerät 104-1 zugeordnet ist).

**[0032]** Für das NVME-Speichergerät 104-1, das in der Kandidatenliste enthalten ist, können Anweisungen 210, wenn sie von der Verarbeitungsressource 202 ausgeführt werden, die Verarbeitungszeit und die E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen an dem NVME-Speichergerät 104-1 bestimmen. Anweisungen 212 können, wenn sie von der Verarbeitungsressource 202 ausgeführt werden, selektiv, basierend auf der Verarbeitungszeit und der I/O-Blockgröße von I/O-Anforderungen, die Anzahl der I/O-Q-Verbindungen an dem NVME-Speichergerät 104-1 anpassen.

**[0033]** Die Befehle 206-212 können verschiedene Befehle enthalten, um zumindest einen Teil der in den **Abb. 3-4** beschriebenen Verfahren auszuführen (später beschrieben). Das maschinenlesbare Speichermedium 204 kann auch, obwohl in **Abb. 2** nicht dargestellt, zusätzliche Programmanweisungen enthalten, um verschiedene andere in **Abb. 3** und **Abb. 4** beschriebene Verfahrensblöcke auszuführen.

**[0034]** **Abb. 3** und **Abb. 4** zeigen Flussdiagramme von Beispielmethode 300 und 400 zur Steuerung von I/O-Q-Verbindungen zwischen NVME-Speichergeräten (z. B. den NVME-Speichergeräten 104 von **Abb. 1**) und einem NVME-Controller (NVME-Controller 110 von **Abb. 1**). Zur besseren Veranschaulichung wird die Ausführung der Beispielmethode 300 und 400 im Folgenden unter Bezugnahme auf **Abb. 1** detailliert beschrieben. Obwohl sich die nachfolgende Beschreibung auf den NVME-Controller 110 von **Abb. 1** bezieht, können auch andere Anwen-

dungen oder Geräte verwendet werden, die sich für die Ausführung der Verfahren 300 und 400 eignen. Obwohl sich die folgende Beschreibung auf das NVME-Speichergerät 104-1 von **Abb. 1** bezieht, sind die Verfahren 300 und 400 auch auf andere NVME-Speichergeräte anwendbar. In einigen Beispielen können die Verfahren 300 und 400 einzeln für jedes NVME-Speichergerät im System 100 ausgeführt werden. Die Verfahrensschritte in verschiedenen Blöcken, die in den **Abb. 3** und **Abb. 4** dargestellt sind, können vom NVME-Controller 110 ausgeführt werden. In einigen Beispielen können die Verfahren 300 und 400 einzeln in jedem dieser Verfahrensblöcke durch das Computersystem 200 über die Verarbeitungsressource 202 ausgeführt werden, die die Anweisungen 206-212 ausführt, die in dem nicht-übertragbaren maschinenlesbaren Speichermedium 204 gespeichert sind. Darüber hinaus ist die Implementierung der Verfahren 300 und 400 nicht auf solche Beispiele beschränkt. Obwohl die Flussdiagramme in den **Abb. 3** und **Abb. 4** jeweils eine bestimmte Reihenfolge der Ausführung bestimmter Funktionalitäten zeigen, sind die Verfahren 300 und 400 nicht auf diese Reihenfolge beschränkt. Beispielsweise können die in den Flussdiagrammen nacheinander gezeigten Funktionen in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden, sie können gleichzeitig oder teilweise gleichzeitig ausgeführt werden, oder eine Kombination davon.

**[0035]** In **Abb. 3** kann das Verfahren 300 in Block 302 die Bestimmung einer Nutzungszeit des Host-Ports 106-1 im NVME-Controller 110 beinhalten. Der Host-Port 106-1 ist mit einem Host 102-1 verbunden und soll mit einem NVME-Speichergerät 104-1 kommunizieren. In einem Beispiel kann ein Durchsatz des Host-Anschlusses 106-1 auf der Grundlage einer Anzahl von E/A-Anforderungsabschlüssen am Host-Anschluss 106-1 über das Abtastintervall bestimmt werden. In einem Beispiel ist der Durchsatz des Host-Anschlusses 106-2 das Verhältnis zwischen der Anzahl der abgeschlossenen E/A-Anfragen am Host-Anschluss 106-1 und dem Abtastintervall. Ferner kann eine durchschnittliche Betriebszeit des Host-Anschlusses 106-1 bestimmt werden. Die durchschnittliche Servicezeit ist ein Indikator für die durchschnittliche Zeit, die für die Bearbeitung einer E/A-Anforderung am Host-Port 106-1 benötigt wird. Die durchschnittliche Servicezeit des Host-Anschlusses 106-1 kann als Verhältnis zwischen einer Belegzeitperiode des Host-Anschlusses 106-1 und der Anzahl der E/A-Anforderungsabschlüsse am Host-Anschluss 106-1 während des Abtastintervalls berechnet werden. Die Belegungszeit des Host-Anschlusses 106-1 bezieht sich auf die Zeitdauer, während der der Host-Anschluss 106-1 nicht für die Verarbeitung/Empfang von E/A-Anforderungen vom Host 102-1 verfügbar ist. Die Auslastungszeit des Host-Anschlusses 106-1 kann als Produkt aus dem Durchsatz des Host-Anschlusses 106-1 und der

durchschnittlichen Servicezeit des Host-Anschlusses 106-1 berechnet werden.

**[0036]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Nutzungszeit des Host-Ports 106-1 niedriger ist als ein Host-Port-Nutzungsschwellenwert und die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen an der Speichervorrichtung 104-1 geringer ist als der E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für die Speichervorrichtung 104-1, kann das Verfahren 300 in Block 304 das Erstellen einer Kandidatenliste von NVME-Speichergeräten umfassen. Jedes NVME-Speichergerät, wie das NVME-Speichergerät 104-1, das in der Kandidatenliste enthalten ist, hat eine durchschnittliche Servicezeit, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Servicezeit des Host-Ports 106-1 ist. Die Kandidatenliste kann NVME-Speichergeräte enthalten, für die eine selektive Anpassung der E/A-Q-Verbindungen in Betracht gezogen werden könnte.

**[0037]** In Block 306 kann das Verfahren 300 für jedes in der Kandidatenliste enthaltene Speichergerät, wie z. B. das Speichergerät 104-1, das Bestimmen einer Verarbeitungszeit und einer E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am Speichergerät 104-1 umfassen. In Block 308 kann das Verfahren 300 für das in der Kandidatenliste enthaltene Speichergerät 104-1 das selektive Anpassen der Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am Speichergerät 104-1 auf der Grundlage der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße der E/A-Anforderungen umfassen.

**[0038]** Nun zu **Abb. 4**: In Block 402 kann das Verfahren 400 das Konfigurieren eines Abtastintervalls auf der Grundlage einer Benutzereingabe umfassen. In Block 404 kann das Verfahren 400 die Bestimmung einer Anzahl von Host-Ports 106-1 bis 106-N in einem NVME-Controller 110 umfassen. In Block 406 kann das Verfahren 400 die Bestimmung einer Anzahl von NVME-Speichergeräten 104-1 bis 104-P umfassen, die mit dem NVME-Controller 110 verbunden sind. In einem Beispiel können sich die Speichergeräte 104 bei dem NVME-Controller 110 unter Verwendung einer Registrierungsanforderung registrieren und sich dadurch mit dem NVME-Controller 110 verbinden.

**[0039]** In Block 408 kann das Verfahren 400 das Erstellen eines Paares von E/A-Q-Verbindungen zwischen dem NVME-Controller 110 und einem NVME-Speichergerät, wie dem NVME-Speichergerät 104-1, umfassen. Jedes Paar von E/A-Q-Verbindungen kann eine Übermittlungswarteschlange für Lese- und Schreiboperationen und eine Abschlusswarteschlange enthalten. In Block 410 kann das Verfahren 400 die Bestimmung eines Durchsatzes eines Host-Ports 106-1 auf der Grundlage von E/A-Anforderungsabschlüssen über das Abtastintervall umfassen. In einem Beispiel ist der Durchsatz des Host-Anschlusses 106-2 das Verhältnis einer Anzahl von

E/A-Anforderungsabschlüssen an dem Host-Anschluss 106-1 zu dem Abtastintervall.

**[0040]** In Block 412 kann das Verfahren 400 die Bestimmung einer durchschnittlichen Dienstzeit des Host-Ports 106-1 auf der Grundlage einer Belegungszeitperiode des Host-Ports 106-1 und der E/A-Anforderungserledigungen umfassen. In einem Beispiel kann die durchschnittliche Dienstzeit des Host-Anschlusses 106-1 als ein Verhältnis einer Belegungszeitperiode des Host-Anschlusses 106-1 und der Anzahl der E/A-Anforderungsabschlüsse am Host-Anschluss 106-1 über das Abtastintervall berechnet werden. Der Besetzt-Zeitraum des Host-Anschlusses 106-1 bezieht sich auf eine Zeitdauer, während der der Host-Anschluss 106-1 nicht für die Verarbeitung/Empfang von E/A-Anforderungen vom Host 102-1 verfügbar ist. In Block 414 kann das Verfahren 400 die Berechnung einer Auslastungszeit des Host-Ports 106-1, abgekürzt  $T(U)_{\text{HOST PORT}}$ , als Produkt aus dem Durchsatz des Host-Ports 106-1 und der durchschnittlichen Servicezeit des Host-Ports 106-1 umfassen.

**[0041]** In Block 416 kann das Verfahren 400 den Vergleich von  $T(U)_{\text{HOST PORT}}$  mit einem Schwellenwert für die Auslastung des Host-Ports umfassen, abgekürzt als  $T(U)_{\text{HOST PORT THRESHOLD}}$ . Ferner kann das Verfahren 400 die Überprüfung beinhalten, ob die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen an der Speichervorrichtung 104-1 geringer ist als ein E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für die Speichervorrichtung 104-1. Der E/A-Q-Verbindungsschwellenwert gibt die maximale Anzahl von E/A-Q-Verbindungen an, die gleichzeitig von dem Speichergerät 104-1 zur Bearbeitung von E/A-Anfragen unterstützt werden können. In einem Beispiel kann der E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für das Speichergerät 104-1 von der Gerätetreiberkonfiguration des Speichergeräts 104-1 abhängen. Die Informationen, einschließlich des E/A-Q-Verbindungsschwellenwerts, können aus den Geräteparametern gewonnen werden, die in einem Registrierungsbeefehl enthalten sind, den die Steuereinheit 110 von dem Speichergerät 104-1 erhält.

**[0042]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass  $T(U)_{\text{HOST PORT}}$  für den Host-Port 106-2 fast gleich oder größer als der  $T(U)_{\text{HOST PORT-SCHWELLENWERT}}$  ist oder dass die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen an der Speichervorrichtung 104-1 größer oder gleich dem E/A-Q-Verbindungsschwellenwert für die Speichervorrichtung 104-1 ist, können die Schritte 410 bis 416 des Verfahrens 400 für einen anderen Host-Port, d.h. den Host-Port 106-2, ausgeführt werden.

**[0043]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass der  $T(U)_{\text{HOST-ANSCHLUSS}}$  für den Host-Anschluss 106-1 niedriger ist als der  $T(U)_{\text{HOST-ANSCHLUSS-SCHWELLENWERT}}$  und die Anzahl der E/A-Q-Ver-

bindungen an der Speichervorrichtung 104-1 geringer ist als der E/A-Q-Verbindungs-Schwellenwert für die Speichervorrichtung 104-1, kann das Verfahren 400 das Erstellen einer Kandidatenliste von NVME-Speichervorrichtungen umfassen, die dem Host-Anschluss 106-1 entsprechen. Die Kandidatenliste kann NVME-Speichergeräte enthalten, für die eine selektive Anpassung der E/A-Q-Verbindungen in Betracht gezogen werden könnte. In Block 418 kann das Verfahren 400 das Bestimmen einer Anzahl von E/A-Anforderungsabschlüssen an dem NVME-Speichergerät 104-1 umfassen. In Block 420 kann das Verfahren 400 die Bestimmung eines Besuchsverhältnisses des NVME-Speichergeräts 104-1 umfassen. Das Besuchsverhältnis des Speichergeräts 104-1 ist definiert als die Anzahl der Erledigungen von E/A-Anfragen durch das Speichergerät 104-1 pro Zeiteinheit des Abtastintervalls.

**[0044]** In Block 422 kann das Verfahren 400 die Bestimmung eines Durchsatzes des NVME-Speichergeräts 104-1 auf der Grundlage des Besuchsverhältnisses umfassen. In einem Beispiel kann der Durchsatz des Speichergeräts 104-1 als Produkt aus dem Besuchsverhältnis des Speichergeräts 104-1 und dem Durchsatz des Host-Ports 106-1 berechnet werden. In Block 424 kann das Verfahren 400 das Bestimmen einer durchschnittlichen Servicezeit des NVME-Speichergeräts 104-1 auf der Grundlage einer Auslastungszeitperiode des NVME-Speichergeräts 104-1 und der Anzahl von E/A-Anfrageabschlüssen umfassen. Die Auslastungszeit des Speichergeräts 104-1 kann eine Zeitspanne angeben, während der das Speichergerät 104-1 nicht verfügbar ist, um neue E/A-Anfragen während des Abtastintervalls zu verarbeiten.

**[0045]** In Block 426 kann das Verfahren 400 den Vergleich der durchschnittlichen Betriebszeit des NVME-Speichergeräts 104-1 mit der durchschnittlichen Betriebszeit des Host-Ports 106-1 umfassen. Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Betriebszeit des NVME-Speichergeräts 104-1 größer oder gleich der durchschnittlichen Betriebszeit des Host-Ports 106-1 ist, kann das Verfahren in Block 430 das Gruppieren des NVME-Speichergeräts innerhalb der Kandidatenliste von NVME-Speichergeräten umfassen. Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Betriebszeit des NVME-Speichergeräts 104-1 kleiner ist als die durchschnittliche Betriebszeit des Host-Ports 106-1, können die Schritte 418 bis 426 für das NVME-Speichergerät 104-2 ausgeführt werden, um zu prüfen, ob das NVME-Speichergerät 104-2 innerhalb der Kandidatenliste gruppiert werden soll. Somit können die Schritte 418 bis 426 für jedes der NVME-Speichergeräte 104 ausgeführt werden, um zu prüfen, ob das NVME-Speichergerät 104-2 in der Kandidatenliste gruppiert werden soll. Nehmen wir an, dass

das NVME-Speichergerät 104-1 in der Kandidatenliste enthalten ist.

**[0046]** In Block 432 kann das Verfahren 400 die Bestimmung eines Servicebedarfs für das NVME-Speichergerät 104-1 umfassen. Der Servicebedarf für die Speichervorrichtung 104-1 kann als ein Produkt aus dem Besuchsverhältnis der Speichervorrichtung 104-1 und der durchschnittlichen Servicezeit der Speichervorrichtung 104-1 bestimmt werden. In Block 434 kann das Verfahren 400 die Bestimmung einer Nutzungszeit des NVME-Speichergeräts 104-1 ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) auf der Grundlage des Servicebedarfs für das Speichergerät 104-1 und des Durchsatzes des Host-Ports 106-1 umfassen.  $T(U)_{\text{STORAGE}}$  kann als Produkt aus dem Servicebedarf für das Speichergerät 104-1 und dem Durchsatz des Host-Ports 106-1 bestimmt werden.

**[0047]** In Block 436 kann das Verfahren 400 den Vergleich der Durchschnittszeit für die Verarbeitung eines ersten Satzes von Leseanforderungen durch die Speichervorrichtung 104-1 während des aktuellen Abtastintervalls ( $\text{Current } T(R)_{\text{AVG}}$ ) mit der Durchschnittszeit für die Verarbeitung eines zweiten Satzes von Leseanforderungen durch die Speichervorrichtung 104-1 in einem vorherigen Abtastintervall ( $\text{Previous } T(R)_{\text{AVG}}$ ) umfassen. Des Weiteren kann das Verfahren 400 in Block 436 die Überprüfung beinhalten, ob eine Nutzungszeit des NVME-Speichergeräts 104-1 ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) kleiner ist als ein Speichernutzungsschwellenwert ( $T(U)_{\text{STORAGE THRESHOLD}}$ ), beispielsweise 95% des Abtastintervalls.

**[0048]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Leseanfragen durch die Speichervorrichtung 104-1 gestiegen ist und die Speichereinrichtung 104-1 eine Nutzungszeit ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) aufweist, die kleiner ist als der Schwellenwert für die Speichernutzung ( $T(U)_{\text{STORAGE THRESHOLD}}$ ) („YES“-Verzweigung von Block 436), kann das Verfahren 400 in Block 438 die Prüfung beinhalten, ob eine Anzahl von Leseanfragen mit kleiner E/A-Blockgröße, die während des Abtastintervalls pro Sekunde an der Speichervorrichtung 104-1 empfangen wurden, größer oder gleich einem E/A-Schwellenwert ist. Die Lese-E/A-Schwellenwerte können 80 % der pro Sekunde von der Speichereinrichtung 104-1 während des Abtastintervalls empfangenen Leseanfragen betragen.

**[0049]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangenen Leseanforderungen kleiner I/O-Blöcke größer oder gleich dem Lese-I/O-Schwellenwert ist („YES“-Verzweigung von Block 438), kann das Verfahren 400 in Block 440 das Hinzufügen einer I/O-Q-Verbindung mit hoher Priorität umfassen,

die mit Leseanforderungen kleiner I/O-Blöcke verbunden ist, die am NVME-Speichergerät 104-1 empfangen wurden. Die E/A-Q-Verbindung kann eine Übermittlungswarteschlange und eine Erledigungswarteschlange zwischen dem NVME-Controller 110 und dem Speichergerät 104-1 enthalten. Die I/O-Q-Verbindung ist für Leseanfragen mit kleinen I/O-Blöcken vorgesehen. Als Reaktion auf die Feststellung, dass eine Anzahl von Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, wie z. B. E/A-Blöcke von 512 KB, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich dem E/A-Lese-schwellenwert ist („NO“-Verzweigung von Block 438), kann das Verfahren 400 in Block 442 das Hinzufügen einer E/A-Q-Verbindung mit normaler Priorität umfassen, die mit Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße verbunden ist, die am NVME-Speichergerät 104-1 empfangen werden. Die hinzugefügte E/A-Q-Verbindung ist für Leseanfragen mit großer E/A-Blockgröße vorgesehen, die von der Speichereinheit 104-1 empfangen werden.

**[0050]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch die Speichervorrichtung 104-1 abnimmt oder dass die Nutzungszeit ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) der Speichervorrichtung 104-1 fast gleich oder größer ist als der Schwellenwert für die Speichernutzung ( $T(U)_{\text{STORAGE THRESHOLD}}$ ) („NO“-Verzweigung von Block 436), kann das Verfahren 400 in Block 444 die Prüfung umfassen, ob mehr als eine E/A-Q-Verbindung zwischen der Speichervorrichtung 104-1 und dem NVME-Controller 110 vorhanden ist. Ferner können die E/A-Q-Verbindungssteuerungsanweisungen 120 in Block 444 prüfen, ob sich der Dienstbedarf des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle ändert. In einem Beispiel kann der Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 in einem ersten Abtastintervall mit dem Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 in einem zweiten Abtastintervall verglichen werden, um die Änderung des Servicebedarfs zu bestimmen. Bei dem ersten und dem zweiten Abtastintervall kann es sich um zwei aufeinander folgende Abtastintervalle handeln. Als Reaktion auf die Feststellung, dass der Dienstbedarf des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle abgenommen hat und mehr als eine E/A-Q-Verbindung zwischen dem Speichergerät 104-1 und dem NVME-Controller 110 vorhanden ist („JA“-Verzweigung von Block 444), kann das Verfahren 400 in Block 446 das Löschen einer E/A-Q-Verbindung, die mit Lese-E/A verbunden ist, zwischen dem Speichergerät 104-1 und dem NVME-Controller 110 umfassen.

**[0051]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass ein Anstieg der Dienstanforderung des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle vorliegt oder eine einzelne E/A-Q-Verbindung zwischen dem Speichergerät 104-1 und dem

NVME-Controller 110 vorhanden ist („NO“-Zweig aus Block 444), kann das Verfahren 400 in Block 448, kann das Verfahren 400 den Vergleich der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung eines ersten Satzes von Schreibanforderungen durch das Speichergerät 104-1 während des aktuellen Abtastintervalls ( $\text{Current } T(W)_{\text{AVG}}$ ) mit der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung eines zweiten Satzes von Leseanforderungen durch das Speichergerät 104-1 in einem vorherigen Abtastintervall ( $\text{Previous } T(W)_{\text{AVG}}$ ) umfassen. Weiterhin kann das Verfahren 400 in Block 448 die Überprüfung beinhalten, ob eine Nutzungszeit der NVME-Speichervorrichtung 104-1 ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) kleiner ist als ein Speichernutzungsschwellenwert ( $T(U)_{\text{STORAGE THRESHOLD}}$ ), beispielsweise 95% des Abtastintervalls.

**[0052]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Schreibanforderungen durch das Speichergerät 104-1 gestiegen ist (d. h.,  $\text{Current } T(w)_{\text{avg}} > \text{previous } T(w)_{\text{avg}}$ ) und die Speichervorrichtung 104-1 eine Nutzungszeit ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) hat, die kleiner ist als der Schwellenwert für die Speichernutzung ( $T(U)_{\text{STORAGE THRESHOLD}}$ ) („YES“-Verzweigung von Block 448), kann das Verfahren 400 in Block 450 beinhalten, dass bestimmt wird, ob eine Anzahl von Schreibanfragen mit kleiner E/A-Blockgröße, wie z.B. E/A-Blockgröße kleiner oder gleich 4 KB, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich einem E/A-Schwellenwert ist. Der Schreib-E/A-Schwellenwert kann 80 % der pro Sekunde von der Speichereinheit 104-1 während des Abtastintervalls empfangenen Schreibanfragen betragen.

**[0053]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der während des Abtastintervalls pro Sekunde empfangenen Schreibanfragen kleiner I/O-Blöcke größer oder gleich dem Schreib-I/O-Schwellenwert ist („YES“-Verzweigung von Block 450), kann das Verfahren 400 in Block 452 das Hinzufügen einer I/O-Q-Verbindung umfassen, die mit am NVME-Speichergerät 104-1 empfangenen Schreibanfragen verbunden ist. Die E/A-Q-Verbindung kann eine Übermittlungswarteschlange und eine Erledigungswarteschlange zwischen dem NVME-Controller 110 und dem Speichergerät 104-1 enthalten. Als Reaktion auf die Feststellung, dass eine Anzahl von Schreibanfragen großer I/O-Blöcke, wie I/O-Blöcke von 512 KB, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich dem Schreib-I/O-Schwellenwert ist („NO“-Verzweigung von Block 450), kann das Verfahren 400 in Block 454 das Hinzufügen einer Erledigungswarteschlange umfassen, die mit Schreibanfragen verbunden ist, die an dem NVME-Speichergerät 104-1 empfangen werden.

**[0054]** Als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Zeit für die Verarbeitung von Schreibenfragen durch das Speichergerät 104-1 abnimmt (d. h.,  $\text{Current } T(w)_{\text{avg}} < \text{previous } T(w)_{\text{avg}}$ ) oder die Speichervorrichtung 104-1 hat die Auslastungszeit ( $T(U)_{\text{STORAGE}}$ ) fast gleich oder größer als die Speicherauslastungsschwelle ( $T(U)_{\text{STORAGE THRESHOLD}}$ ) („NO“-Verzweigung von Block 448), kann das Verfahren 400 in Block 456 die Überprüfung beinhalten, ob mehr als eine I/O Q-Verbindung, die mit Schreib-I/O verbunden ist, zwischen der Speichervorrichtung 104-1 und dem NVME-Controller 110 vorhanden ist. Des Weiteren kann das Verfahren 400 in Block 456 die Überprüfung beinhalten, ob es eine Änderung im Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle gibt. In einem Beispiel kann der Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 in einem ersten Abtastintervall mit dem Servicebedarf des Speichergeräts 104-1 in einem zweiten Abtastintervall verglichen werden, um die Änderung des Servicebedarfs zu bestimmen. Bei dem ersten und dem zweiten Abtastintervall kann es sich um zwei aufeinander folgende Abtastintervalle handeln. Als Reaktion auf die Feststellung, dass der Dienstbedarf des Speichergeräts 104-1 über zwei aufeinanderfolgende Abtastintervalle abgenommen hat und mehr als eine E/A-Q-Verbindung für Schreibenforderungen zwischen dem Speichergerät 104-1 und dem NVME-Controller 110 vorhanden ist („JA“-Verzweigung von Block 456), kann das Verfahren 400 in Block 458 das Löschen einer E/A-Q-Verbindung, die mit Schreib-E/A verbunden ist, zwischen dem Speichergerät 104-1 und dem NVME-Controller 110 umfassen.

**[0055]** Beispiele werden hier mit Bezug auf die **Fig. 1-4** beschrieben. Es sollte beachtet werden, dass die Beschreibung und die Figuren lediglich die Prinzipien des vorliegenden Gegenstands zusammen mit den hier beschriebenen Beispielen veranschaulichen und nicht als Einschränkung des vorliegenden Gegenstands ausgelegt werden sollten. Obwohl einige Beispiele hier mit Bezug auf ein einzelnes NVME-Speichergerät beschrieben werden, können die Beispiele für mehrere NVME-Speichergeräte verwendet werden. Darüber hinaus kann jede hier beschriebene Funktionalität, die von einer Komponente (z. B. einem NVME-Controller, einem NVME-Speichergerät oder einem Host) eines Systems ausgeführt wird, von mindestens einer Verarbeitungsressource der Komponente ausgeführt werden, die Befehle (die auf einem maschinenlesbaren Speichermedium gespeichert sind) ausführt, um die hier beschriebenen Funktionalitäten auszuführen. Im Folgenden werden verschiedene Implementierungen des vorliegenden Gegenstands anhand von mehreren Beispielen beschrieben.

**[0056]** Die hier verwendete Terminologie dient nur der Beschreibung bestimmter Beispiele und ist nicht

als einschränkend zu verstehen. Die hier verwendeten Singularformen „ein“, „ein“ und „die“ schließen auch die Pluralformen ein, sofern aus dem Kontext nicht eindeutig etwas anderes hervorgeht. Der hier verwendete Begriff „Mehrzahl“ ist definiert als zwei oder mehr als zwei. Der hier verwendete Begriff „ein weiteres“ bedeutet mindestens ein zweites oder mehr. Der Begriff „verbunden“, wie hier verwendet, ist definiert als gekoppelt oder zugeordnet, entweder direkt ohne Zwischenelemente oder indirekt mit mindestens einem Zwischenelement, sofern nicht anders angegeben. Zwei Elemente können mechanisch, elektrisch oder kommunikativ über einen Kommunikationskanal, -weg, -netz oder -system verbunden sein. Der Begriff „und/oder“, wie er hier verwendet wird, bezieht sich auf alle möglichen Kombinationen der aufgeführten Elemente und umfasst diese. Der Begriff „basierend auf“ bedeutet zumindest teilweise basierend auf. Obwohl die Begriffe „erstes“, „zweites“, „drittes“ usw. hier verwendet werden, um verschiedene Elemente zu beschreiben, sollten diese Elemente nicht durch diese Begriffe eingeschränkt werden, da diese Begriffe nur verwendet werden, um ein Element von einem anderen zu unterscheiden, es sei denn, es wird etwas anderes angegeben oder aus dem Kontext geht etwas anderes hervor.

**[0057]** In den hier beschriebenen Beispielen können die Funktionen, die als von „Anweisungen“ ausgeführt beschrieben werden, als Funktionen verstanden werden, die von diesen Anweisungen ausgeführt werden können, wenn sie von einer Verarbeitungsressource ausgeführt werden. In anderen Beispielen können Funktionen, die in Bezug auf Anweisungen beschrieben werden, durch eine beliebige Kombination von Hardware und Programmierung implementiert werden.

**[0058]** Ein „Rechenggerät“ kann ein Server, ein Speichergerät, ein Speicherarray, ein Desktop- oder Laptop-Computer, ein Switch, ein Router oder ein anderes Verarbeitungsgerät oder eine andere Ausrüstung mit einer Verarbeitungsressource sein. In den hier beschriebenen Beispielen kann eine Verarbeitungsressource z. B. einen Prozessor oder mehrere Prozessoren umfassen, die in einem einzigen Computergerät enthalten oder über mehrere Computergeräte verteilt sind. Wie hierin verwendet, kann ein „Prozessor“ mindestens eine Zentraleinheit (CPU), ein Mikroprozessor auf Halbleiterbasis, eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU), ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA), das zum Abrufen und Ausführen von Befehlen konfiguriert ist, andere elektronische Schaltungen, die zum Abrufen und Ausführen von auf einem maschinenlesbaren Speichermedium gespeicherten Befehlen geeignet sind, oder eine Kombination davon sein. In den hier beschriebenen Beispielen kann eine Verarbeitungsressource die auf einem Speichermedium spei-

cherten Befehle abrufen, dekodieren und ausführen, um die in Bezug auf die auf dem Speichermedium gespeicherten Befehle beschriebenen Funktionen auszuführen. In anderen Beispielen können die Funktionen, die im Zusammenhang mit den hier beschriebenen Anweisungen beschrieben werden, in Form von elektronischen Schaltungen, in Form von ausführbaren Anweisungen, die auf einem maschinenlesbaren Speichermedium kodiert sind, oder einer Kombination davon implementiert werden. Das Speichermedium kann sich entweder in der Rechereinrichtung befinden, die die maschinenlesbaren Anweisungen ausführt, oder es kann von der Rechereinrichtung entfernt, aber für die Ausführung zugänglich sein (z. B. über ein Computernetz). In den in **Abb. 1** und **Abb. 4** dargestellten Beispielen kann der NVME-Controller 110 durch ein maschinenlesbares Speichermedium oder mehrere maschinenlesbare Speichermedien implementiert werden.

**[0059]** Ein „maschinenlesbares Speichermedium“ kann jedes elektronische, magnetische, optische oder andere physikalische Speichermedium sein, das Informationen wie ausführbare Anweisungen, Daten oder Ähnliches enthält oder speichert. Beispielsweise kann jedes hier beschriebene maschinenlesbare Speichermedium ein RAM, EEPROM, flüchtiger Speicher, nichtflüchtiger Speicher, Flash-Speicher, ein Speicherlaufwerk (z. B. eine HDD, eine SSD), eine beliebige Art von Speicherplatte (z. B. eine Compact Disc, eine DVD usw.) oder Ähnliches oder eine Kombination davon sein. Darüber hinaus kann jedes hier beschriebene maschinenlesbare Speichermedium nicht-durchlässig sein. In den hier beschriebenen Beispielen kann ein maschinenlesbares Speichermedium oder können maschinenlesbare Speichermedien Teil eines Artikels (oder eines Herstellungsartikels) sein. Alle in dieser Beschreibung offengelegten Merkmale (einschließlich aller begleitenden Ansprüche, Zusammenfassungen und Zeichnungen) und/oder alle Elemente eines so offengelegten Verfahrens oder Prozesses können in jeder beliebigen Kombination kombiniert werden, mit Ausnahme von Kombinationen, bei denen sich zumindest einige dieser Merkmale und/oder Elemente gegenseitig ausschließen.

**[0060]** Die vorstehende Beschreibung der verschiedenen Beispiele dient der Veranschaulichung und Beschreibung. Die vorstehende Beschreibung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Begrenzung der offengelegten Beispiele, und Modifikationen und Variationen sind im Lichte der obigen Lehren möglich oder können aus der Praxis der verschiedenen Beispiele erworben werden. Die hier besprochenen Beispiele wurden ausgewählt und beschrieben, um die Prinzipien und die Art der verschiedenen Beispiele der vorliegenden Offenbarung und ihre praktische Anwendung zu erklären, damit ein Fachmann die vorliegende Offenbarung in ver-

schiedenen Beispielen und mit verschiedenen Modifikationen, die für die jeweilige Verwendung geeignet sind, nutzen kann. Die Merkmale der hier beschriebenen Beispiele können in allen möglichen Kombinationen von Methoden, Geräten, Systemen und Computerprogrammprodukten kombiniert werden.

## Patentansprüche

1. Ein Verfahren, das Folgendes umfasst:  
Bestimmen einer Nutzungszeit eines Host-Ports in einem NVME-Controller, wobei der Host-Port mit einem Host verbunden ist und mit einem NVME-Speichergerät kommunizieren soll;  
als Reaktion auf die Feststellung, dass die Nutzungszeit des Host-Ports niedriger ist als ein Host-Port-Nutzungsschwellenwert und eine Anzahl von I/O-Q-Verbindungen an der NVME-Speichervorrichtung geringer ist als ein I/O-Q-Verbindungsschwellenwert für die NVME-Speichervorrichtung, Erzeugen einer Kandidatenliste von NVME-Speichervorrichtungen, wobei jede NVME-Speichervorrichtung, die in der Kandidatenliste enthalten ist, eine durchschnittliche Servicezeit aufweist, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Servicezeit eines Host-Ports ist, der mit der NVME-Speichervorrichtung verbunden ist; und  
für jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist:  
Bestimmung der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen an der NVME-Speichervorrichtung; und  
selektives Anpassen der Anzahl der I/O-Q-Verbindungen am NVME-Speichergerät auf der Grundlage der Verarbeitungszeit und der I/O-Blockgröße von I/O-Anforderungen.

2. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Bestimmung der Nutzungszeit des Host-Ports umfasst:  
Bestimmen eines Durchsatzes des Host-Anschlusses auf der Grundlage von E/A-Anforderungsabschlüssen über ein Abtastintervall;  
Bestimmen einer durchschnittlichen Servicezeit des Host-Ports auf der Grundlage einer Belegungszeitperiode des Host-Ports und der E/A-Anforderungsabschlüsse; und  
Berechnung der Nutzungszeit des Host-Anschlusses als Produkt aus Durchsatz und durchschnittlicher Servicezeit.

3. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Erstellen der Kandidatenliste umfasst:  
Bestimmen von E/A-Anfrageabschlüssen am NVME-Speichergerät über ein Abtastintervall;  
Bestimmen der durchschnittlichen Servicezeit der NVME-Speichervorrichtung auf der Grundlage einer Belegungszeitperiode der NVME-Speichervorrichtung und der E/A-Anforderungsabschlüsse; und  
Gruppieren des NVME-Speichergeräts innerhalb

der Kandidatenliste als Reaktion auf die Feststellung, dass die durchschnittliche Dienstzeit des NVME-Speichergeräts größer oder gleich der durchschnittlichen Dienstzeit des Host-Ports ist.

4. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am NVME-Speichergerät umfasst:

als Reaktion auf einen Anstieg der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das NVME-Speichergerät und das NVME-Speichergerät mit einer Nutzungszeit, die unter einem Speichernutzungsschwellenwert liegt:

Bestimmen, ob eine Anzahl von Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während eines Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich einem E/A-Leseschwellenwert ist; und

Bestimmen, ob eine Anzahl von Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist.

5. Das Verfahren nach Anspruch 4, wobei das selektive Einstellen der Anzahl der E/A-Q-Verbindungen umfasst:

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde empfangenen Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist, Hinzufügen einer E/A-Q-Verbindung mit hoher Priorität, die mit an der NVME-Speichereinrichtung empfangenen Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße verbunden ist; und

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde empfangenen Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist, Hinzufügen einer E/A-Q-Verbindung mit normaler Priorität, die mit am NVME-Speichergerät empfangenen Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße verbunden ist.

6. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am NVME-Speichergerät umfasst:

Bestimmen eines Dienstbedarfs für die NVME-Speichervorrichtung auf der Grundlage eines Besuchsverhältnisses und der durchschnittlichen Dienstzeit der NVME-Speichervorrichtung, wobei das Besuchsverhältnis die Anzahl von E/A-Anforderungsabschlüssen an der NVME-Speichervorrichtung pro Zeiteinheit eines Abtastintervalls ist; und Feststellung, ob sich der Dienstbedarf des NVME-Speichergeräts über zwei aufeinander folgende Abtastintervalle hinweg geändert hat.

7. Das Verfahren nach Anspruch 6, wobei das selektive Anpassen der Anzahl von E/A-Q-Verbin-

dungen Folgendes umfasst: als Reaktion auf eine Verringerung der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das NVME-Speichergerät oder das NVME-Speichergerät mit einer Nutzungszeit, die größer ist als ein Speichernutzungsschwellenwert, das Löschen einer E/A-Q-Verbindung für Leseanforderungen auf der Grundlage der Änderung der Dienstanforderung des NVME-Speichergeräts.

8. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bestimmen der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am NVME-Speichergerät umfasst:

als Reaktion auf einen Anstieg der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Schreibanforderungen durch das NVME-Speichergerät und das NVME-Speichergerät mit einer Nutzungszeit, die unter einem Speichernutzungsschwellenwert liegt:

Bestimmen, ob eine Anzahl von Schreibanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, die pro Sekunde eines Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich einem E/A-Schwellenwert ist; und

Bestimmen, ob eine Anzahl von Schreibanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich dem E/A-Schreibschwellenwert ist.

9. Das Verfahren nach Anspruch 8, wobei das selektive Einstellen der Anzahl der E/A-Q-Verbindungen umfasst:

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde empfangenen Schreibanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße größer oder gleich dem E/A-Schwellenwert für das Schreiben ist, Hinzufügen einer E/A-Q-Verbindung, die mit an der NVME-Speichervorrichtung empfangenen Schreibanforderungen verbunden ist; und

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde empfangenen Schreibanforderungen mit großer I/O-Blockgröße größer oder gleich dem Schreib-I/O-Schwellenwert ist, Hinzufügen einer Abschluss-Warteschlange mit normaler Priorität, die mit am NVME-Speichergerät empfangenen Schreibanforderungen verbunden ist.

10. Das Verfahren nach Anspruch 6, wobei das selektive Einstellen der Anzahl der E/A-Q-Verbindungen umfasst:

als Reaktion auf eine Verringerung der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Schreibanforderungen durch das NVME-Speichergerät oder das NVME-Speichergerät, das eine Nutzungszeit hat, die größer ist als ein Speicherauslastungsschwellenwert, eine E/A-Q-Verbindung für Schreibanforderungen an dem NVME-Speichergerät auf der Grundlage der Änderung der Dienstanforderung des NVME-Speichergeräts löschen.

11. Ein Controller für nichtflüchtigen Speicher (NVMe™), der Folgendes umfasst:

mindestens eine Verarbeitungsressource und ein nichttransitorisches, maschinenlesbares Speichermedium mit Anweisungen, die von der mindestens einen Verarbeitungsressource ausgeführt werden können, um:

Bestimmen einer Nutzungszeit eines Host-Ports in einem NVME-Controller, wobei der Host-Port mit einem Host verbunden ist und mit einem NVME-Speichergerät kommunizieren soll;

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Auslastungszeit des Host-Ports niedriger ist als ein Host-Port-Auslastungsschwellenwert und eine Anzahl von I/O-Q-Verbindungen an der NVME-Speichereinrichtung geringer ist als ein I/O-Q-Verbindungsschwellenwert für die NVME-Speichereinrichtung, Erzeugen einer Kandidatenliste von NVME-Speichereinrichtungen, wobei jede NVME-Speichereinrichtung, die in der Kandidatenliste enthalten ist, eine durchschnittliche Dienstzeit aufweist, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Dienstzeit eines Host-Ports ist, der mit der NVME-Speichereinrichtung verbunden ist; und

für jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist:

Bestimmung der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen an der NVME-Speichervorrichtung; und

die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am NVME-Speichergerät auf der Grundlage der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen selektiv anpassen.

12. Der NVME-Controller nach Anspruch 11, wobei die Anweisungen zum Bestimmen der Nutzungszeit des Host-Ports Anweisungen umfassen, um:

auf der Grundlage von E/A-Anforderungsabschlüssen über ein Abtastintervall einen Durchsatz des Host-Anschlusses bestimmen;

Bestimmen einer durchschnittlichen Servicezeit des Host-Ports auf der Grundlage einer Belegungszeitperiode des Host-Ports und der E/A-Anforderungsabschlüsse; und

die Nutzungszeit des Host-Anschlusses als Produkt aus dem Durchsatz und der durchschnittlichen Servicezeit berechnen.

13. Der NVME-Controller nach Anspruch 11, wobei die Anweisungen zum Erstellen der Kandidatenliste Anweisungen zum:

E/A-Anfrageabschlüsse am NVME-Speichergerät über ein Abtastintervall bestimmen;

Bestimmen der durchschnittlichen Servicezeit des NVME-Speichergeräts auf der Grundlage einer Belegungszeitperiode des NVME-Speichergeräts und der E/A-Anforderungsabschlüsse; und

das NVME-Speichergerät innerhalb der Kandidatenliste gruppieren, als Reaktion auf die Feststellung,

dass die durchschnittliche Dienstzeit des NVME-Speichergeräts größer oder gleich der durchschnittlichen Dienstzeit des Host-Ports ist.

14. Der NVME-Controller nach Anspruch 11, wobei die Anweisungen zum Bestimmen der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am NVME-Speichergerät Anweisungen umfassen, um:

als Reaktion auf einen Anstieg der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das NVME-Speichergerät und das NVME-Speichergerät mit einer Nutzungszeit, die unter einem Speichernutzungsschwellenwert liegt:

Bestimmen, ob eine Anzahl von Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während eines Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich einem E/A-Leseschwellenwert ist; und

Bestimmen, ob eine Anzahl von Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist.

15. Der NVME-Controller nach Anspruch 14, wobei die Anweisungen zum selektiven Anpassen der Anzahl von E/A-Q-Verbindungen Anweisungen zum:

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist, Hinzufügen einer E/A-Q-Verbindung mit hoher Priorität, die mit Leseanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße verbunden ist, die an der NVME-Speichereinrichtung empfangen wurden; und

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Anzahl der pro Sekunde empfangenen Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße größer oder gleich dem E/A-Leseschwellenwert ist, eine E/A-Q-Verbindung mit normaler Priorität hinzufügen, die mit am NVME-Speichergerät empfangenen Leseanforderungen mit großer E/A-Blockgröße verbunden ist.

16. Der NVME-Controller nach Anspruch 11, wobei die Anweisungen zum Bestimmen der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen am NVME-Speichergerät Anweisungen umfassen, um:

Bestimmen eines Dienstbedarfs für die NVME-Speichervorrichtung auf der Grundlage eines Besuchsverhältnisses und der durchschnittlichen Dienstzeit der NVME-Speichervorrichtung, wobei das Besuchsverhältnis die Anzahl von E/A-Anforderungsabschlüssen an der NVME-Speichervorrichtung pro Zeiteinheit eines Abtastintervalls ist, und festzustellen, ob sich der Dienstbedarf des NVME-Speichergeräts in zwei aufeinander folgenden Abtastintervallen geändert hat.



17. Der NVME-Controller nach Anspruch 16, wobei die Anweisungen zum selektiven Einstellen der Anzahl der E/A-Q-Verbindungen Anweisungen umfassen, um:

als Reaktion auf eine Verringerung der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Leseanforderungen durch das NVME-Speichergerät oder das NVME-Speichergerät, das eine Nutzungszeit hat, die größer ist als ein Speichernutzungsschwellenwert, eine E/A-Q-Verbindung für Leseanforderungen auf der Grundlage der Änderung der Dienstanforderung des NVME-Speichergeräts löschen.

18. Der NVME-Controller nach Anspruch 11, wobei die Anweisungen zum Bestimmen der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen in den Anweisungen enthalten sind, um:

als Reaktion auf einen Anstieg der durchschnittlichen Zeit für die Verarbeitung von Schreibanforderungen durch das NVME-Speichergerät und das NVME-Speichergerät mit einer Nutzungszeit, die unter einem Speichernutzungsschwellenwert liegt; Bestimmen, ob eine Anzahl von Schreibanforderungen mit kleiner E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während eines Abtastintervalls empfangen werden, größer oder gleich einem E/A-Schwellenwert ist; und

Bestimmen, ob eine Anzahl von Schreibanforderungen mit großer E/A-Blockgröße, die pro Sekunde während des Abtastintervalls empfangen wurden, größer oder gleich dem E/A-Schwellenwert ist.

19. Ein nicht-transistorisches maschinenlesbares Medium, das Anweisungen enthält, die von mindestens einer Verarbeitungsressource ausgeführt werden können, um:

Bestimmen einer Nutzungszeit eines Host-Ports in einem NVME-Controller, wobei der Host-Port mit einem Host verbunden ist und mit einem NVME-Speichergerät kommunizieren soll;

als Reaktion auf die Feststellung, dass die Nutzungszeit des Host-Ports niedriger ist als ein Host-Port-Nutzungsschwellenwert und eine Anzahl von I/O-Q-Verbindungen an der NVME-Speichervorrichtung geringer ist als ein I/O-Q-Verbindungsschwellenwert für die NVME-Speichervorrichtung, Erzeugen einer Kandidatenliste von NVME-Speichervorrichtungen, wobei jede NVME-Speichervorrichtung, die in der Kandidatenliste enthalten ist, eine durchschnittliche Servicezeit aufweist, die größer oder gleich einer durchschnittlichen Servicezeit eines Host-Ports ist, der mit der NVME-Speichervorrichtung verbunden ist; und

für jedes NVME-Speichergerät, das in der Kandidatenliste enthalten ist:

Bestimmung der Verarbeitungszeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen an der NVME-Speichervorrichtung; und

die Anzahl der E/A-Q-Verbindungen am NVME-Speichergerät auf der Grundlage der Verarbeitungs-

zeit und der E/A-Blockgröße von E/A-Anforderungen selektiv anpassen.

20. Das nicht-transistorische maschinenlesbare Medium nach Anspruch 19, wobei die Anweisungen zum Bestimmen der Nutzungszeit des Host-Ports Anweisungen umfassen, um:

auf der Grundlage von E/A-Anforderungsabschlüssen über ein Abtastintervall einen Durchsatz des Host-Anschlusses bestimmen;

Bestimmen einer durchschnittlichen Servicezeit des Host-Ports auf der Grundlage einer Belegungszeitperiode des Host-Ports und der E/A-Anforderungsabschlüsse; und

die Nutzungszeit des Host-Anschlusses als Produkt aus dem Durchsatz und der durchschnittlichen Servicezeit berechnen.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

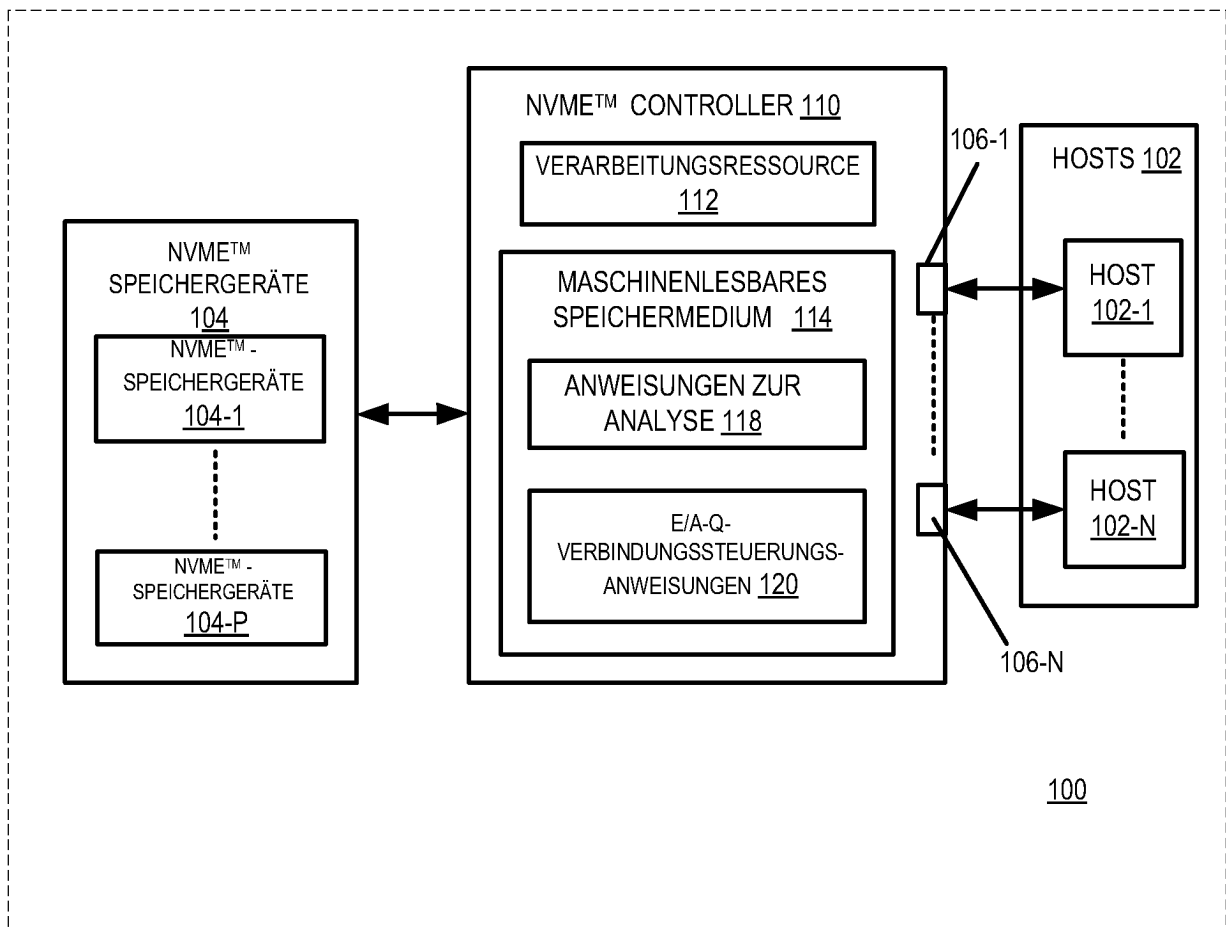
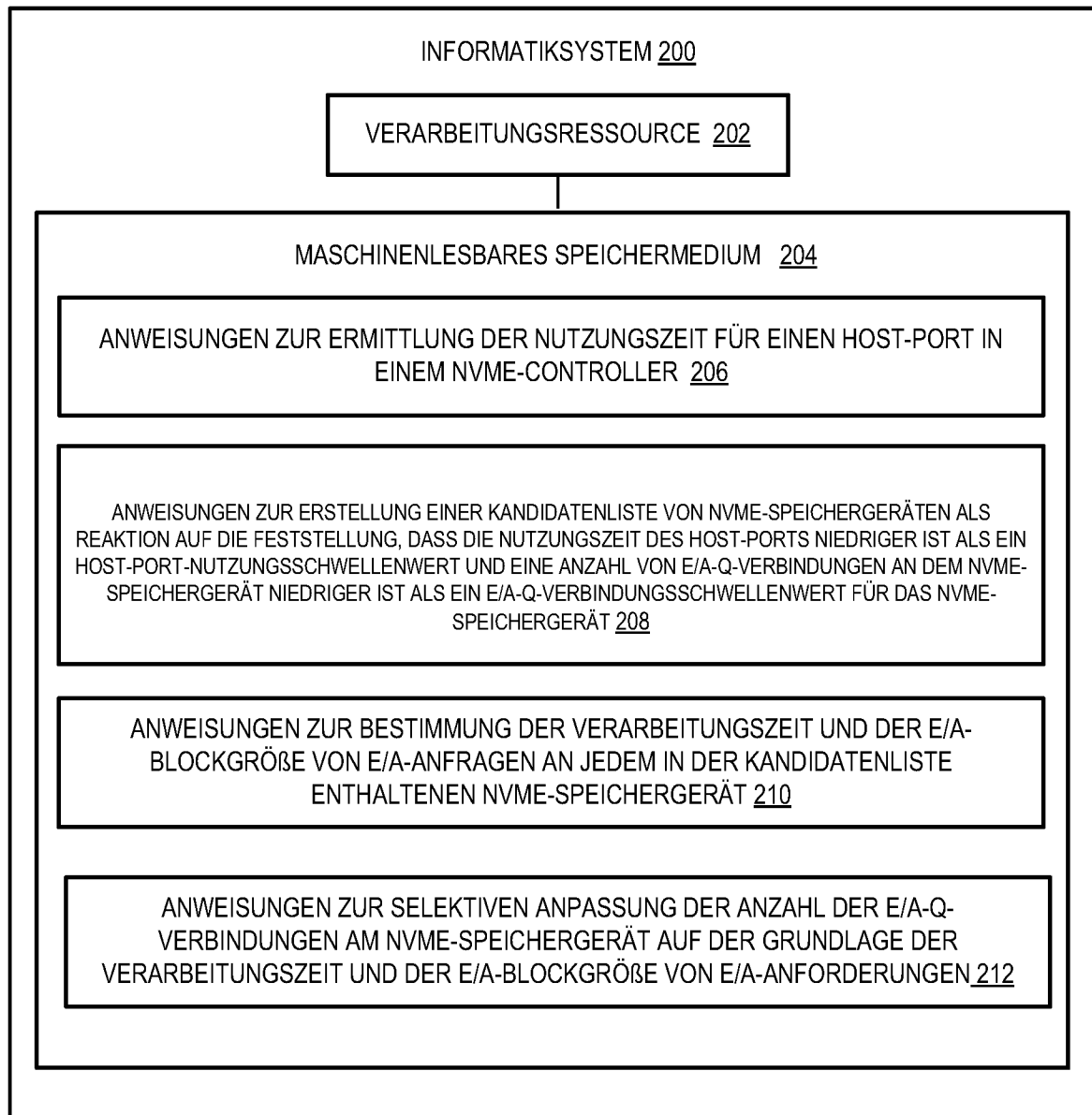
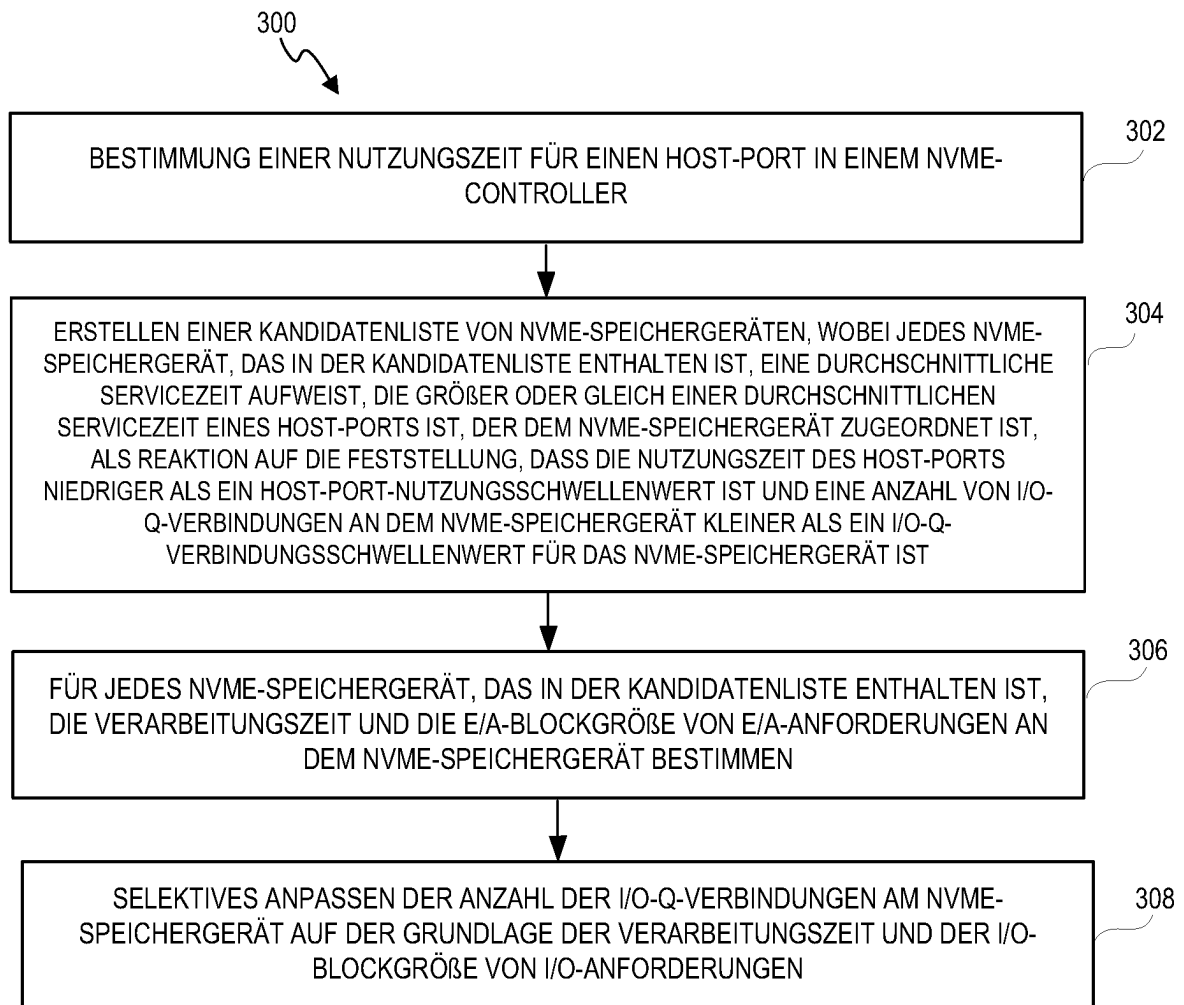
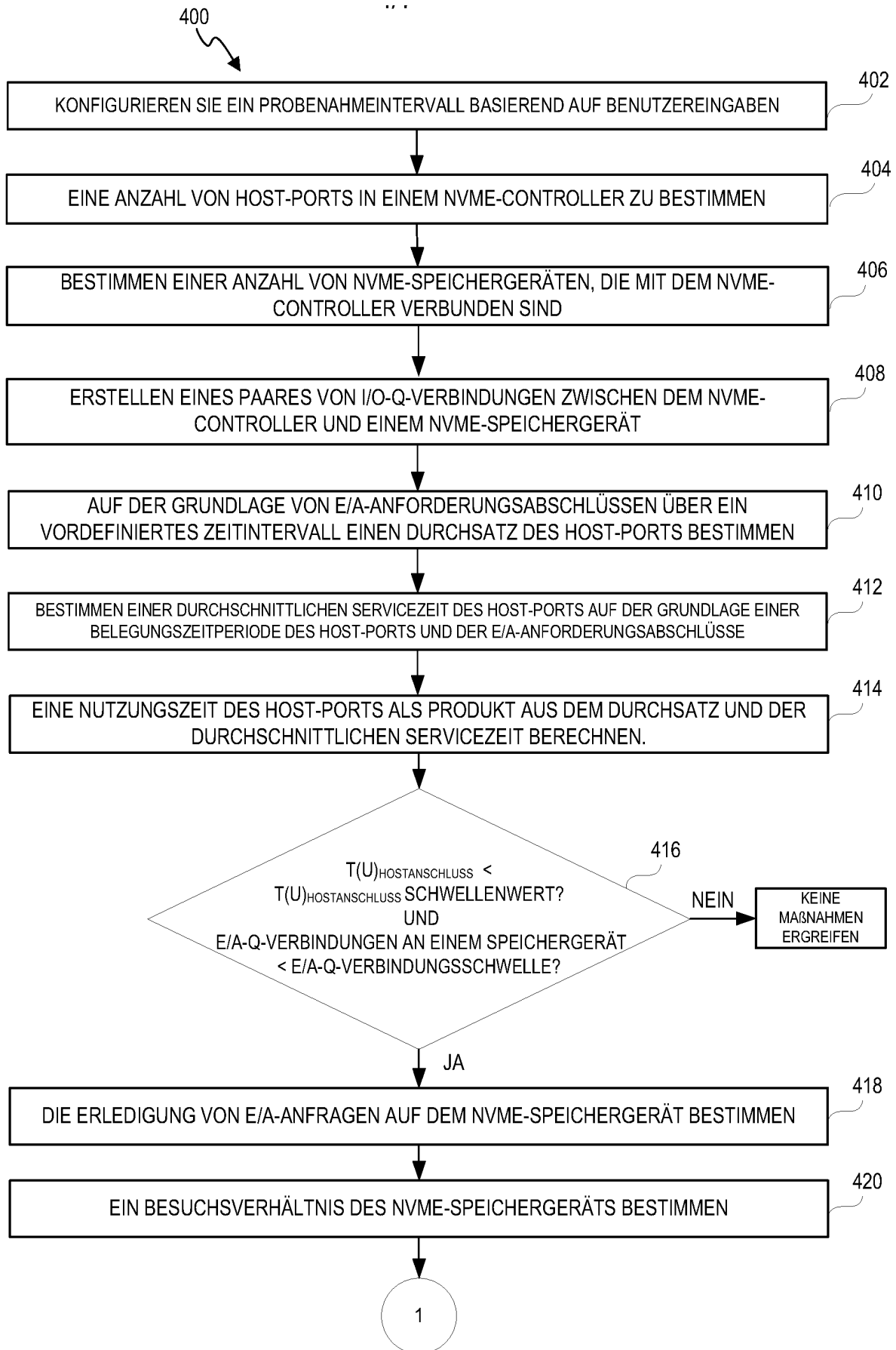


ABB. 1



**ABB. 2**

**ABB. 3**



**ABB. 4**

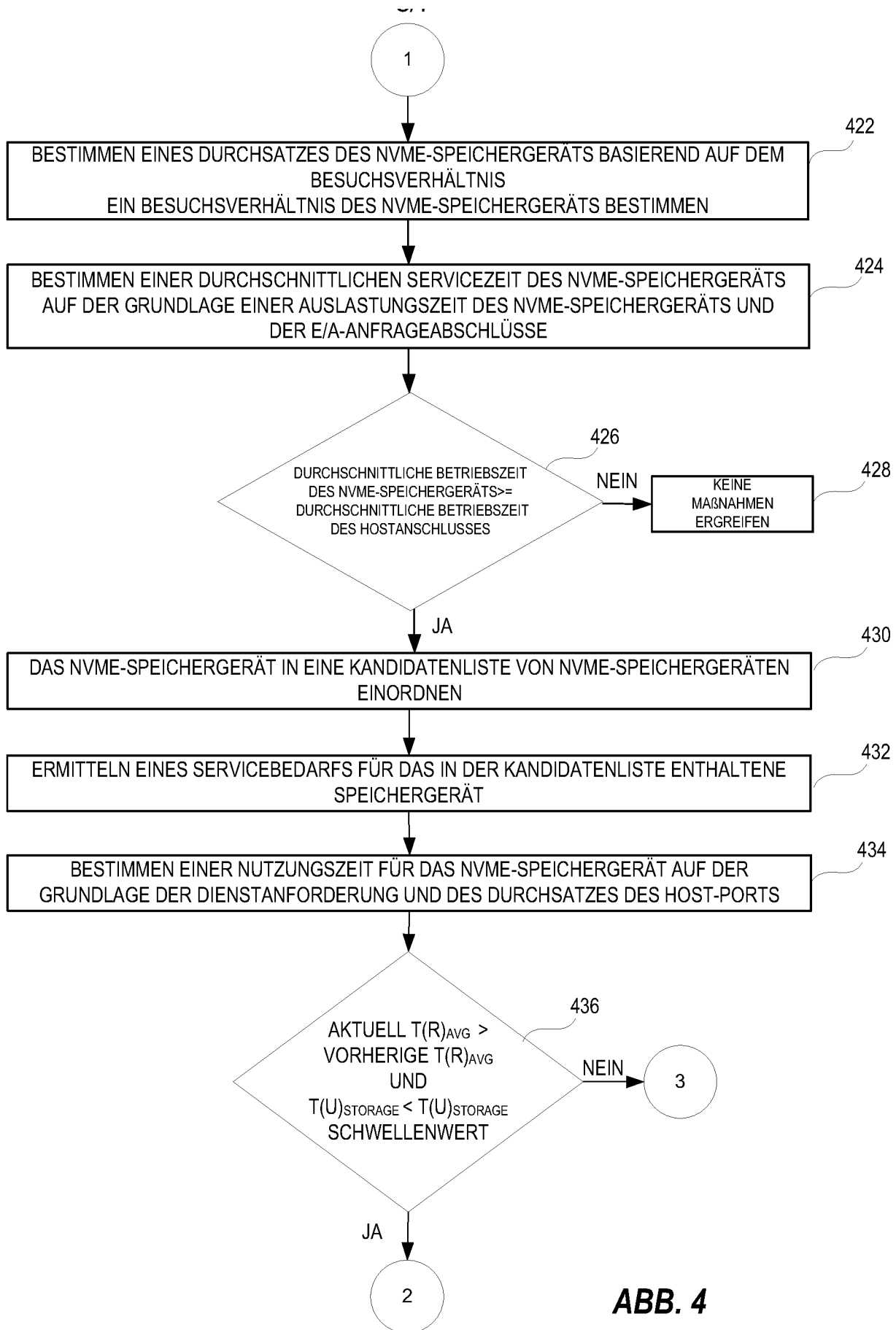
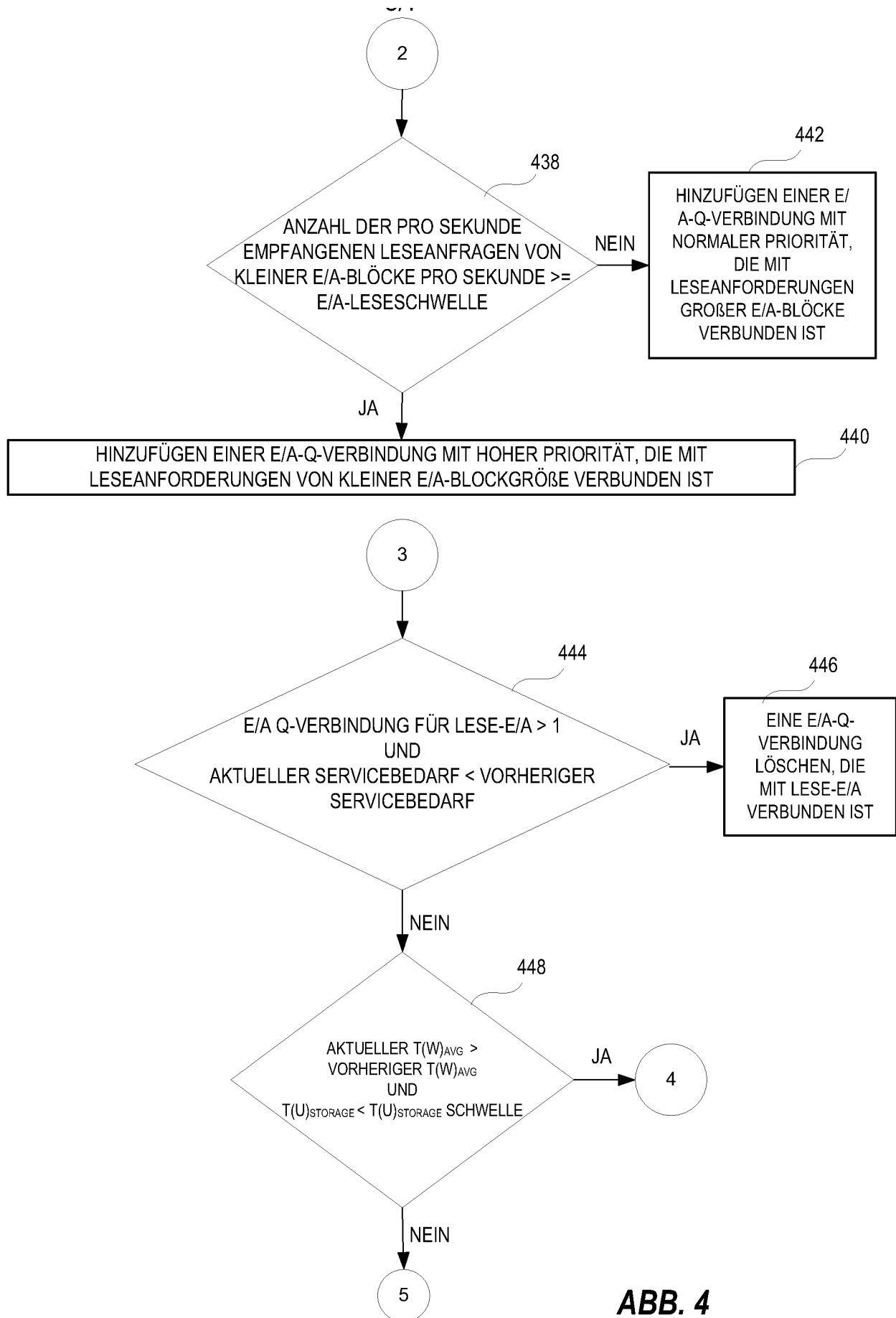
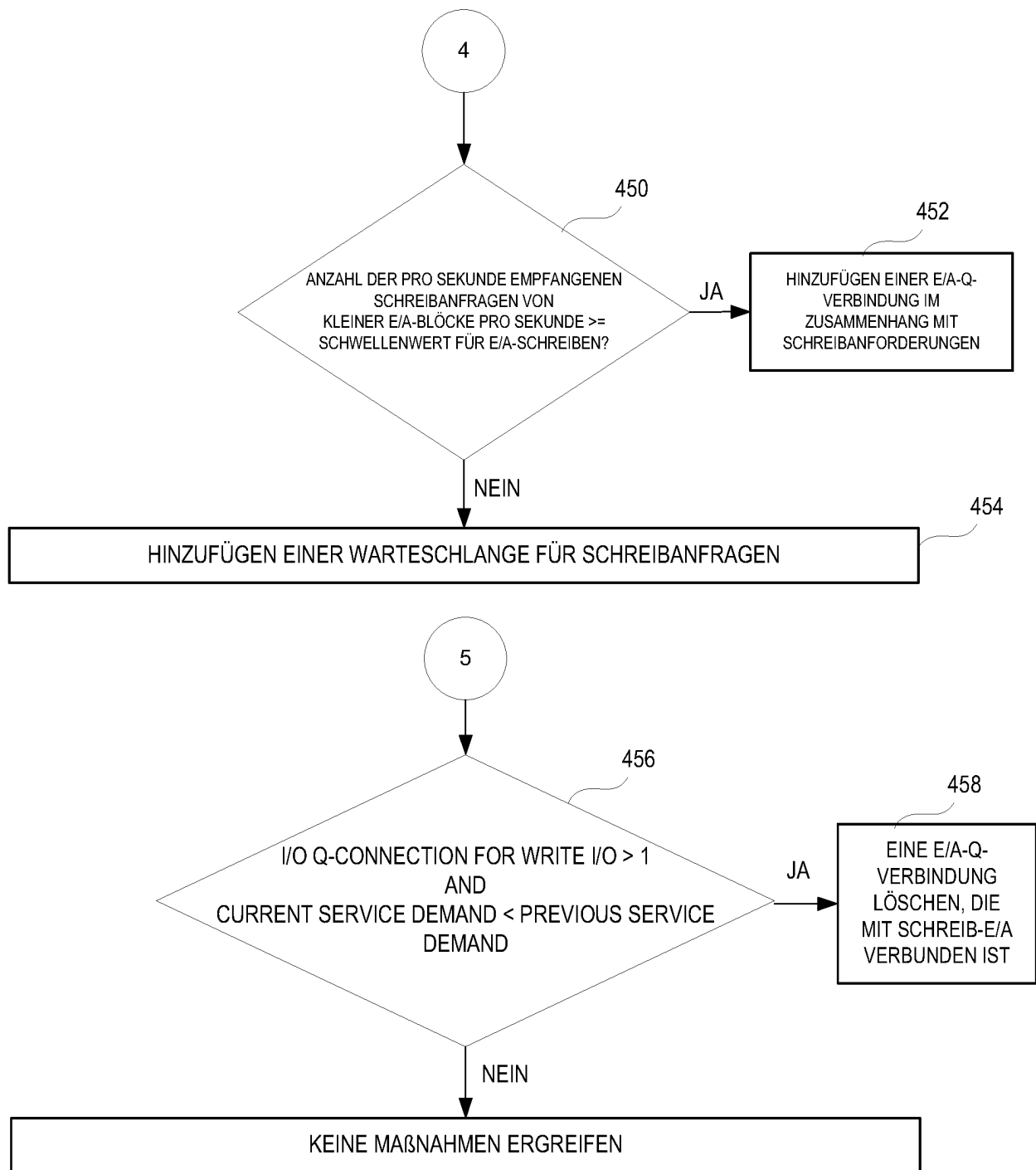


ABB. 4





**ABB. 4**