



(19) Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2005 002 347 T5 2007.09.20

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2006/050534**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2005 002 347.8**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2005/040450**  
(86) PCT-Anmeldetag: **31.10.2005**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **11.05.2006**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **20.09.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G06F 9/455 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**10/976,970 29.10.2004 US**

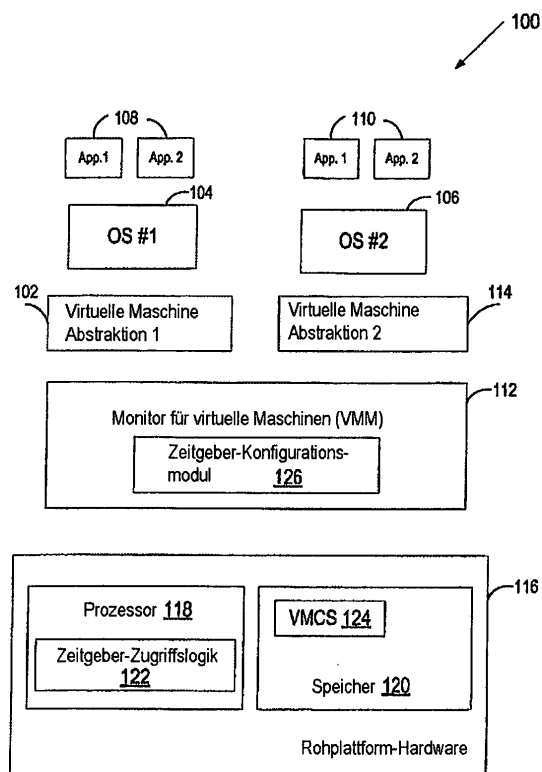
(71) Anmelder:  
**Intel Corporation, Santa Clara, Calif., US**

(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen**

(72) Erfinder:  
**Bennett, Steven, Hillsboro, Oreg., US; Neiger, Gilbert, Portland, Oreg., US; Anderson, Andrew, Hillsboro, Oreg., US**

(54) Bezeichnung: **Zeitgeber-Versetzungsmechanismus in der Umgebung einer virtuellen Maschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren, das aufweist:  
Erhalten einer Anfrage, die Steuerung von einem Monitor für virtuelle Maschinen (VMM) an eine virtuelle Maschine (VM) zu übergeben;  
Berechnen eines Versetzungswertes;  
Empfangen, während des Betriebes der VM, einer Anfrage nach einem gegenwärtigen Wert eines Zeitgebers;  
Anpassen des gegenwärtigen Wertes des Zeitgebers basierend auf dem Versetzungswert; und  
Liefen des angepassten Zeitgeberwertes an die VM.



**Beschreibung**

## Kurzbeschreibung der Zeichnungen

## Gebiet

**[0001]** Ausführungsformen der Erfindung betreffen im allgemeinen virtuelle Maschinen und genauer einen Zeitgeber-Versetzungsmechanismus in der Umgebung einer virtuellen Maschine.

## Hintergrund

**[0002]** Zeitgeber werden typischerweise bei Betriebssystemen und Anwendungssoftware eingesetzt, um Aktivitäten zu planen. Zum Beispiel kann der Kern eines Betriebssystems einen Zeitgeber verwenden, um es einer Vielzahl von Anwendungen auf der Benutzerebene zu erlauben, die Ressourcen des Systems (z. B. der zentralen Verarbeitungseinheit (CPU)) zeitlich gemeinsam zu nutzen. Ein Beispiel eines Zeitgebers, der auf der Plattform eines Personal Computer (PC) verwendet wird, ist der programmierbare Intervall-Zeitgeber 8254. Dieser Zeitgeber kann so konfiguriert werden, daß er nach einem bestimmten Intervall oder periodisch Unterbrechungen ausgibt.

**[0003]** Ein weiteres Beispiel eines Zeitgebers ist der Zeitstempel-Zähler (TSC – time stamp counter), der bei der Befehlssatzarchitektur (ISA) des Intel® Pentium® 4 verwendet wird (hierin als die IA-32 ISA bezeichnet). Der TSC ist ein Zähler mit 64 Bit, der anschließend an das Rücksetzen der Hardware des Prozessors auf Null gesetzt wird und dann bei jedem Taktzyklus des Prozessors inkrementiert wird, selbst wenn der Prozessor durch den HLT-Befehl angehalten wird. Der TSC kann nicht verwendet werden, um Unterbrechungen zu erzeugen. Er bildet nur eine Zeitreferenz, die nützlich ist, um Zeitintervalle zu messen. Die IA-32 ISA stellt einen Befehl (RDTSC) zur Verfügung, um den Wert des TSC zu lesen, und einen Befehl (WRMSR), um in den TSC zu schreiben. Wenn WRMSR verwendet wird, um in den Zeitstempel-Zähler zu schreiben, können nur die 32 Bits niedriger Ordnung geschrieben werden, die 32 Bits höherer Ordnung werden auf 0 gelöscht. Wegen dieser Schreibeinschränkungen kann Software den TSC im allgemeinen weder vorwärts noch rückwärts auf einen beliebigen Wert setzen.

**[0004]** Bei Multiprozessor(MP)-Systemen wird der TSC verwendet, um die Prozessoren richtig zu synchronisieren und Prozesse geeignet zu planen. Zum Zeitpunkt des Bootens werden die Werte des TSC auf allen Prozessoren synchronisiert, und die meisten Betriebssysteme nehmen an, daß der TSC dann mit derselben Rate zählt. Wenn die TSC-Werte zwischen Prozessoren driften (z. B. wenn ein Prozessor mit einer unterschiedlichen Rate zählt als die anderen), kann das Planen von Prozessen durch das Betriebssystem durcheinander gebracht werden.

**[0005]** Die vorliegende Erfindung wird beispielhaft und nicht beschränkend in den Figuren der beigefügten Zeichnungen veranschaulicht, in denen gleiche Bezugsziffern sich auf ähnliche Elemente beziehen und in denen:

**[0006]** [Fig. 1](#) eine Ausführungsform der Umgebung einer virtuellen Maschine veranschaulicht, in der die vorliegende Erfindung arbeiten kann;

**[0007]** [Fig. 2](#) ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines Prozesses zum Steuern des Zugriffs von VMs auf einen Zeitgeber ist;

**[0008]** [Fig. 3](#) ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines Prozesses zum Konfigurieren von einer Zeitgeber-Versetzung zugeordneten Feldern ist; und

**[0009]** [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) Ablaufdiagramme zweier alternativer Ausführungsformen eines Prozesses zum Berechnen eines Zeitgeber-Versetzungs Wertes für eine VM sind.

## Beschreibung von Ausführungsformen

**[0010]** Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern des Zugriffs von virtuellen Maschinen auf einen Zeitgeber wird beschrieben. In der folgenden Beschreibung werden zu Zwecken der Erläuterung zahlreiche bestimmte Einzelheiten dargelegt, um für ein gründliches Verständnis der vorliegenden Erfindung zu sorgen. Es wird jedoch dem Fachmann deutlich, daß die vorliegende Erfindung ohne diese bestimmten Einzelheiten in die Praxis überführt werden kann.

**[0011]** Einige Teile der genauen Beschreibung, die folgen, sind als Algorithmen und symbolische Darstellungen von Operationen auf Datenbits innerhalb von Registern oder einem Speicher des Computersystems dargestellt. Diese algorithmischen Beschreibungen und Darstellungen sind die Mittel, die von den Fachleuten in der Datenverarbeitung verwendet werden, um höchst effektiv die Substanz ihrer Arbeit anderen Fachleuten zu übermitteln. Ein Algorithmus wird hier und im allgemeinen so betrachtet, daß er eine selbstkonsistente Abfolge von Operationen ist, die zu einem gewünschten Ergebnis führt. Die Operationen sind solche, die physikalische Manipulationen von physikalischen Größen erfordern. Üblicherweise, obwohl nicht notwendig, liegen diese Größen in der Form von elektrischen oder magnetischen Signalen vor, die gespeichert, übertragen, kombiniert, verglichen und auf andere Weise manipuliert werden können. Gegebenenfalls hat es sich als zweckmäßig erwiesen, hauptsächlich aus Gründen des üblichen Gebrauchs, diese Signale als Bits, Werte, Elemente,

Symbole, Zeichen, Ausdrücke, Zahlen oder dergleichen zu bezeichnen.

**[0012]** Es sollte jedoch berücksichtigt werden, daß alle diese und ähnliche Ausdrücke mit den geeigneten physikalischen Größen verbunden sind und lediglich zweckmäßige Etiketten sind, die an diesen Größen angebracht sind. Wenn nicht ansonsten anders ausgedrückt, wie es aus den folgenden Diskussionen deutlich wird, wird verstanden werden, daß bei der vorliegenden Erfindung Diskussionen, welche Ausdrücke, so wie "Verarbeiten" oder "Rechnen" oder "Berechnen" oder "Bestimmen" oder dergleichen benutzen, diese sich auf die Aktion und Prozesse eines Computersystems oder einer ähnlichen elektronischen Rechenvorrichtung beziehen können, die Daten, welche als physikalische (elektronische) Größen in den Registern und Speichern des Computersystems dargestellt sind, in andere Daten manipulieren und umwandeln, die in ähnlicher Weise als physikalische Größen innerhalb der Speicher oder Register des Computersystems oder anderer solcher Informationsspeicher-, Übertragungs- oder Anzeigevorrichtungen dargestellt werden.

**[0013]** In der folgenden genauen Beschreibung von Ausführungsformen wird Bezug auf die beigefügten Zeichnungen genommen, die veranschaulichend bestimmte Ausführungsformen zeigen, mit denen die Erfindung in die Praxis umgesetzt werden kann. In den Zeichnungen beschrieben gleiche Bezugsziffern im wesentlichen ähnliche Komponenten in den verschiedenen Ansichten. Diese Ausführungsformen werden in ausreichenden Einzelheiten beschrieben, um es den Fachleuten zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen. Weitere Ausführungsformen können verwendet werden, und strukturelle, logische und elektrische Änderungen können vorgenommen werden, ohne daß man sich vom Umfang der vorliegenden Erfindung entfernt. Darüber hinaus soll verstanden werden, daß die verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung, obwohl sie unterschiedlich sind, sich nicht notwendigerweise wechselseitig ausschließen. Zum Beispiel kann ein bestimmtes Merkmal, eine Struktur oder Eigenschaft, die bei einer Ausführungsform beschrieben worden ist, in andere Ausführungsformen eingebracht werden. Die folgende genaue Beschreibung soll daher nicht in einem beschränkenden Sinne genommen werden, und der Umfang der vorliegenden Erfindung ist nur durch die angefügten Ansprüche definiert, zusammen mit dem vollen Umfang an Äquivalenten, für die solche Ansprüche berechtigt sind.

**[0014]** Obwohl die Beispiele hiernach das Steuern des Zugriffs einer virtuellen Maschine auf einen Zeitgeber in dem Umfeld von Ausführungseinheiten und logischen Schaltungen beschreiben mögen, können weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mittels Software ausgeführt werden. Zum Bei-

spiel kann bei einigen Ausführungsformen die vorliegende Erfindung als ein Computerprogramm-Produkt oder Software zur Verfügung gestellt werden, welche(s) ein maschinen- oder computerlesbares Medium umfassen kann, auf dem Befehle gespeichert sind, die verwendet werden können, um einen Computer (oder andere elektronische Vorrichtungen) zu programmieren, um einen Prozeß gemäß der vorliegenden Erfindung durchzuführen. Bei anderen Ausführungsformen könnten Prozesse der vorliegenden Erfindung durch bestimmte Hardwarekomponenten durchgeführt werden, die hart verdrahtete Logik zum Durchführen der Prozesse enthalten, oder durch irgendeine Kombination aus programmierten Computerkomponenten und kundenspezifischen Hardwarekomponenten.

**[0015]** Somit kann ein maschinenlesbares Medium irgendeinen Mechanismus zum Speichern oder Übertragen von Information in einer Form, die von einer Maschine (z. B. einem Computer) lesbar ist, Floppy Disks, optische Disks, Compact Disks, Nur-Lese-Speicher (CD-ROMs) und magneto-optische Disks, Nur-Lese-Speicher (ROMs), Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), löschbare programmierbare Nur-Lese-Speicher (EPROM), elektrisch löschbare programmierbare Nur-Lese-Speicher (EEPROM), magnetische oder optische Karten, Flash-Speicher, eine Übertragung über das Internet, elektrische, optische, akustische oder andere Formen sich fortpflanzender Signale (z. B. Trägerwellen, Infrarotsignale, digitale Signale usw.) oder dergleichen umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt.

**[0016]** Weiter kann eine Gestaltung durch verschiedene Stufen gehen, von der Erzeugung über die zur Simulation zur Herstellung. Daten, die eine Gestaltung darstellen, können die Gestaltung in einer Anzahl von Arten darstellen. Zunächst, wie es bei Simulationen zweckmäßig ist, kann die Hardware dargestellt werden, indem eine Hardware-Beschreibungssprache oder eine andere funktionale Beschreibungssprache verwendet wird. Zusätzlich kann in einigen Stufen des Gestaltungsprozesses ein Modell auf der Schaltungsebene mit logischen und/oder Transistorgattern erzeugt werden. Weiterhin erreichen die meisten Gestaltungen in einer bestimmten Stufe eine Ebene von Daten, die die physikalische Anordnung verschiedener Vorrichtungen in dem Hardwaremodell darstellen. In dem Fall, daß herkömmliche Halbleiter-Herstellungstechniken verwendet werden, können Daten, die ein Hardwaremodell darstellen, die Daten sein, die das Vorliegen oder Fehlen verschiedener Merkmale auf unterschiedlichen Maskenschichten für Masken festlegen, die verwendet werden, um die integrierte Schaltung herzustellen. Bei irgendeiner Darstellung der Gestaltung können die Daten in irgendeiner Form eines maschinenlesbaren Mediums gespeichert werden. Ein modulierte oder auf andere Weise erzeugte optische

oder elektrische Welle, um eine solche Information zu übertragen, ein Speicher oder ein magnetischer oder optischer Speicher, so wie eine Disk, können das maschinenlesbare Medium sein. Alle diese Medien können die Gestaltung oder Softwareinformation "tragen" oder "angeben". Wenn eine elektrische Trägerwelle, welche den Code oder die Gestaltung angibt oder trägt, übertragen wird, in einem Ausmaß, daß Kopieren, Puffern oder Neusenden des elektrischen Signals durchgeführt wird, wird eine neue Kopie erstellt. Somit kann ein Kommunikationsanbieter oder ein Netzwerkanbieter Kopien eines Artikels (einer Trägerwelle) erstellen, welche Techniken der vorliegenden Erfindung verkörpert.

**[0017]** [Fig. 1](#) veranschaulicht eine Ausführungsform der Umgebung **100** einer virtuellen Maschine, in der die vorliegende Erfindung arbeiten kann. Bei dieser Ausführungsform weist eine Rohplattform-Hardware **116** eine Rechenplattform auf, die zum Beispiel in der Lage sein kann, ein Standardbetriebssystem (OS – operating system) oder den Monitor für virtuelle Maschinen (VMM – virtual machine monitor) sowie einen VMM **112** auszuführen.

**[0018]** Der VMM **112**, obwohl er typischerweise in Software implementiert wird, kann eine Rohmaschinen-Schnittstelle auf eine Software höherer Ebene emulieren und exportieren. Eine solche Software auf höherer Ebene kann ein Standard- oder Echtzeit-OS aufweisen, kann eine stark abgerüstete Betriebsumgebung mit beschränkter Funktionalität des Betriebssystems sein, braucht keine traditionellen OS-Einrichtungen zu umfassen usw. Als Alternative kann zum Beispiel der VMM **112** innerhalb oder über einem anderen VMM laufen. VMMs können zum Beispiel in Hardware, Software, Firmware oder durch eine Kombination verschiedener Techniken implementiert werden.

**[0019]** Die Plattform-Hardware **116** kann die eines Personal Computers (PC), eines Großrechners, einer tragbaren Vorrichtung, eines tragbaren Computers, einer Settop-Box oder irgendeines anderen Rechensystems sein. Die Plattform-Hardware **116** umfaßt einen Prozessor **118** und einen Speicher **120**.

**[0020]** Der Prozessor **118** kann irgendein Typ eines Prozessors sein, der in der Lage ist, Software auszuführen, so wie ein Mikroprozessor, ein digitaler Signalprozessor, ein Mikrocontroller oder dergleichen. Der Prozessor **118** kann Mikrocode, programmierbare Logik oder hart codierte Logik für das Durchführen der Ausführung von Verfahrensverkörperungen der vorliegenden Erfindung umfassen. Obwohl die [Fig. 1](#) nur einen derartigen Prozessor **118** zeigt, kann es einen oder mehrere Prozessoren in dem System geben.

**[0021]** Der Speicher **120** kann eine Festplatte, eine

Floppy-Disk, ein Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM), ein Nur-Lese-Speicher (ROM), ein Flash-Speicher, irgendeine Kombination der obigen Vorrichtungen oder irgendein anderer Typ eines Maschinenmediums sein, das von dem Prozessor **118** gelesen werden kann. Der Speicher **120** kann Befehle und/oder Daten für das Durchführen der Ausführung von Verfahrensverkörperungen der vorliegenden Erfindung speichern.

**[0022]** Der VMM **112** zeigt anderer Software (d. h. "Gast"-Software) die Abstraktion einer oder mehrerer virtueller Maschinen (VMs), die den verschiedenen Gästen dieselbe oder unterschiedliche Abstraktionen zur Verfügung stellen können. [Fig. 1](#) zeigt zwei VMs **102** und **114**. Die Gast-Software, die auf jeder VM läuft, kann ein Gast-OS, so wie ein Gast-OS **104** oder **106**, und verschiedene Gast-Softwareanwendungen **108** und **110** umfassen. Jedes der Gast-OSs **104** und **106** erwartet es, auf physikalische Ressourcen (z. B. Prozessorregister, Speicher und I/O-Vorrichtungen) innerhalb der VMs **102** und **114** zuzugreifen, auf denen die Gast-OS **104** oder **106** läuft, und weitere Funktionen durchzuführen. Zum Beispiel erwarten es die Gast-OSs **104** und **106**, daß sie Zugriff auf alle Register, Caches, Strukturen, I/O-Vorrichtungen, Speicher und dergleichen haben, entsprechend der Architektur des Prozessors und der Plattform, in den VMs **102** und **114** dargestellt sind. Die Ressourcen, auf die von der Gast-Software zugegriffen werden kann, können entweder als "privilegiert" oder "nicht-privilegiert" klassifiziert werden. Für privilegierte Ressourcen vereinfacht der VMM **112** die Funktionalität, die von der Gast-Software gewünscht wird, wobei er die letztendliche Kontrolle über diese privilegierten Ressourcen behält. Nicht-privilegierte Ressourcen brauchen nicht von dem VMM **112** kontrolliert zu werden und können für die Gast-Software zugänglich sein.

**[0023]** Weiter erwartet jedes Gast-OS, daß verschiedene Standardereignisse behandelt werden, sowie Ausnahmen (z.B. Seitenfehler, allgemeine Schutzfehler usw.), Unterbrechungen (z.B. Hardware-Unterbrechungen, Software-Unterbrechungen) und Plattförmereignisse (z.B. Initialisierung (INIT) und Systemverwaltungsunterbrechungen (SMIs – System Management Interrupts)). Einige dieser Standardereignisse sind "privilegiert", da sie von dem VMM **112** behandelt werden müssen, um den richtigen Betrieb der VMs **102** und **114** sicherzustellen und für den Schutz vor und bei der Gast-Software.

**[0024]** Wenn ein privilegiertes Standardereignis auftritt oder Gast-Software versucht, auf eine privilegierte Ressource zuzugreifen, kann die Steuerung auf den VMM **112** übertragen werden. Die Übertragung der Steuerung von der Gast-Software auf den VMM **112** wird hierin als ein VM-Austritt bezeichnet. Nach dem Vereinfachen des Ressourcenzugriffs

oder dem geeigneten Handhaben des Ereignisses kann der VMM **112** die Steuerung an die Gast-Software zurückgeben. Der Übergang der Steuerung von dem VMM **112** an die Gast-Software wird als ein VM-Eintritt bezeichnet.

**[0025]** Bei einer Ausführungsform steuert der Prozessor **118** den Betrieb der VMs **102** und **114** entsprechend Daten, die in der Steuerstruktur einer virtuellen Maschine (VMCS – Virtual Machine Control Structure) **124** gespeichert sind. Die VMCS **124** ist eine Struktur, die einen Zustand der Gast-Software, einen Zustand des VMM **112**, Ausführungssteuerinformation, die angibt, wie der VMM **112** wünscht, den Betrieb der Gas-Software zu steuern, Information, die Übergänge zwischen dem VMM **112** und einer VM steuern usw., enthalten kann. Der Prozessor **118** liest Information aus der VMCS **124**, um die Ausführungsumgebung der VM zu bestimmen und ihr Verhalten zu beschränken. Bei einer Ausführungsform ist die VMCS im Speicher **120** gespeichert. Bei manchen Ausführungsformen werden mehrere VMCS-Strukturen verwendet, um mehrere VMs zu unterstützen.

**[0026]** Es kann sein, daß der VMM **112** einen Zeitgeber verwenden muß, um Ressourcen zu planen, Dienstqualität zu liefern, Sicherheit zu gewährleisten und weitere Funktionen durchzuführen. Zum Beispiel kann in der Befehlssatzarchitektur (ISA) des Intel® Pentium® 4 (hierin als die IA-32 ISA bezeichnet) der VMM **112** die den Zeitstempelzähler (TSC) benutzen, um diese Funktionen auszuführen. Es kann auch sein, daß jede der VMs **102** und **114** den Zeitgeber verwenden muß, um Zeitgebungsschleifen zu kalibrieren und die Optimierung der Leistungsfähigkeit durchzuführen. Da die VMs **102** und **114** keine Kenntnis voneinander oder von dem VMM **112** haben, kann es sein, daß die Werte des Zeitgebers, die der VM **102** oder **114** zur Verfügung gestellt werden, angepaßt werden müssen, um die Illusion zu vermitteln, daß das Gast-OS **104** oder **106** auf einer besonderen Hardware-Plattform, nicht einer virtuellen Plattform, läuft. Ein Zeitgeber-Versetzungsmechanismus wird zur Verfügung gestellt, um den Zeitgeber richtig zu virtualisieren und somit die Illusion für die Gast-OSs **104** und **106** aufrechtzuerhalten. Bei einer Ausführungsform umfaßt der Zeitgeber-Versetzungsmechanismus ein Zeitgeber-Versetzungs-konfigurationsmodul **126** und Zeitgeber-Zugriffslogik **122**.

**[0027]** Das Zeitgeber-Versetzungs-konfigurationsmodul **126** ist verantwortlich dafür, Werte oder Felder zur Verfügung zu stellen, die mit einer Zeitgeber-Versetzung verbunden sind, bevor ein Übergang der Steuerung zu der VM **102** oder **114** angefragt wird. Bei einer Ausführungsform können diese Werte einen Versetzungswert umfassen, welcher eine Versetzung festlegt, die von dem Prozessor **118** verwendet wird, wenn Zeitgeberwerte an die VM **102** oder

**114** gegeben werden, und einen Zeitgeber-Versetzungsindikator, der festlegt, ob die Zeitgeber-Versetzung für die VM **102** oder **114** freigegeben ist. Bei einer Ausführungsform ist der Zeitgeber-Versetzungswert ein mit Vorzeichen behafteter Wert, was es dem VMM **112** erlaubt, der Gast-Software einen Zeitgeberwert vorzulegen, der kleiner als oder größer als der tatsächliche Zeitgeberwert der Hardware ist. Bei einer Ausführungsform wird der Zeitgeber-Versetzungswert zu dem Zeitgeberwert addiert, bevor der Wert an die VM **102** oder **114** zurückgegeben wird. Bei einer Ausführungsform umfassen die Felder, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, auch einen Zeitgeber-Zugriffssteuerindikator, welcher festlegt, ob Anfragen der VM, auf den Zeitgeber zuzugreifen, mit einem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist (z.B. ob Anfragen der VM, auf den Zeitgeber zuzugreifen, VM-Austritte hervorrufen sollten).

**[0028]** Bei einer Ausführungsform berücksichtigt der Versetzungswert für die VM **102** oder **114** die Ansammlung von Zeitintervallen, während derer diese VM aufgrund der Ausführung durch den VMM **112** und die andere VM nicht gelaufen ist. Zum Beispiel sei angenommen, daß, wenn der Wert des Zeitgebers 1000 Ticks ist, die VM **102** erwartet, daß der Wert des Zeitgebers 1000 ist. Dann, bei 1500 Ticks, kann die VM **102** durch einen VM-Austritt unterbrochen werden, gefolgt von der Ausführung durch den VMM **112** über 100 Ticks (Zeitgeberwert 1600 Ticks), wonach der VMM **112** anfragen kann, die VM **114** eintreten zu lassen. Die VM **114** kann dann 600 Ticks lang ausführen (Zeitgeberwert 2200 Ticks), bis zu einem VM-Austritt, was zu der Ausführung durch den VMM **112** über 200 Ticks führt (Zeitgeberwert 2400), der dann anfragen kann, die VM **102** wieder eintreten zu lassen. Zum Zeitpunkt des erneuten Eintritts erwartet die VM **102**, daß der Zeitgeber den Wert 1500 Ticks hat. Stattdessen ist der tatsächliche Zeitgeberwert zu diesem Zeitpunkt 2400 Ticks. Der Versetzungswert, der von dem VMM **112** für die VM **102** zur Verfügung gestellt wird, wird 900 Ticks sein, was der Sammelwert für die Zeitintervalle ist, während derer die VM **102** aufgrund der Ausführung durch die VM **114** und dem VMM **112** nicht gelaufen ist. Somit würde der VMM **112** den Versetzungswert 900 im Zeitgeber-Versetzungsfeld speichern, so daß, wenn die VM **102** versucht, den Zeitgeber zu lesen, der Wert, der an die VM **102** gegeben wird, berechnet wird, indem der gegenwärtige Zeitgeberwert um 900 verringert wird. Der Versetzungswert kann auch berechnet werden, indem die Differenz zwischen dem tatsächlichen Zeitgeberwert und dem Zeitgeberwert, der von der VM **102** erwartet wird, berechnet wird. Bei einer alternativen Ausführungsform wird der Wert, der an die VM **102** gegeben wird, wenn sie versucht, den Zeitgeber zu lesen, berechnet, indem der gegenwärtige Zeitgeberwert zu dem Versetzungswert addiert wird, der durch den VMM **112** konfiguriert worden ist. Bei

dieser Ausführungsform ist der Versetzungswert, der von dem VMM gespeichert wird, eine negative Zahl. Bei dem oben beschriebenen Beispiel ist der gespeicherte Wert  $-900$ .

**[0029]** Wie oben diskutiert, wird bei einer Ausführungsform der Versetzungswert durch den VMM **112** bestimmt. Bei einer alternativen Ausführungsform wird der Versetzungswert durch den Prozessor **118** bestimmt, und die Felder und Steuerungen, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, können einen Zeitgeber-Versetzungsindikator, einen Indikator für das Anpassen der Versetzung, ein Gast-Zeitgeberfeld, einen Indikator für das Sichern des Zeitgebers und ein Zeitgeber-Versetzungsfield umfassen. Bei einer Ausführungsform können die drei Indikatorwerte in einer Vielfalt von Arten kombiniert werden. Zum Beispiel können der Indikator für das Anpassen der Versetzung und der Indikator für das Sichern des Zeitgebers dieselbe Steuerung sein (d.h. das Freigeben der Anpassung der Zeitgeber-Versetzung gibt implizit das Sichern des Zeitgebers frei), wie es in weiteren Einzelheiten hiernach beschrieben wird. Bei einigen Ausführungsformen brauchen einige der obigen Indikatoren nicht vorzuliegen. Zum Beispiel braucht der Zeitgeber-Versetzungsindikator nicht vorzuliegen, und es wird angenommen, daß die Zeitgeber-Versetzung immer freigegeben ist, wie es in weiteren Einzelheiten hiernach diskutiert wird.

**[0030]** Bei einer Ausführungsform sind die Felder und Steuerungen, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, in der VMCS **124** gespeichert. Als Alternative können sich die Felder und Steuerungen, die mit der Zeitgeber-Versetzung verbunden sind, in dem Prozessor **118**, einer Kombination aus Speicher **120** und dem Prozessor **118** oder an irgendwelchen anderen Speicherorten oder Orten befinden. Bei einer Ausführungsform werden getrennte Felder und Steuerungen, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, für jede der VMs **102** und **114** gehalten. Als Alternative werden dieselben Felder und Steuerungen, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, für beide VMs **102** und **114** gehalten und werden vor jedem VM-Eintritt von dem VMM **112** aktualisiert.

**[0031]** Bei einer Ausführungsform, bei der das System **100** mehrere Prozessoren, mehrere Kerne oder Multi-Thread-Prozessoren umfaßt, sind jedem der mehreren logischen Prozessoren getrennte Felder und Steuerungen zugewiesen, die der Zeitgeber-Versetzung zugeordnet sind, und der VMM **112** konfiguriert die Felder und Steuerungen, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, für jeden der mehreren logischen Prozessoren.

**[0032]** Bei einer Ausführungsform umfaßt der Prozessor **118** Zeitgeber-Zugriffslogik **122**, die für das Virtualisieren von Zugriffen der VM **102** und **114** auf den Zeitgeber basierend auf den Zeitgeber-Verset-

zungswerten verantwortlich ist. Wenn insbesondere die Zeitgeber-Zugriffslogik **122** bestimmt, daß die Zeitgeber-Versetzung freigegeben ist, liefert sie einen angepaßten Zeitgeberwert an die VM **102** oder **114**. Bei einer Ausführungsform bestimmt die Zeitgeber-Zugriffslogik **122**, ob die Zeitgeber-Versetzung freigegeben ist, indem ein Indikatorwert für die Zeitgeber-Versetzung überprüft wird. Bei einer Ausführungsform, wenn die Zeitgeber-Zugriffslogik **122** eine Anfrage nach einem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers von der VM **102** oder **114** empfängt, liest sie den gegenwärtigen Wert des Zeitgebers, addiert den Versetzungswert zu dem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers und gibt den sich ergebenden Wert an die VM **102** oder **114** zurück, was somit der VM **102** oder **114** die Illusion verleiht, daß sie auf einer besonderen Hardware-Plattform läuft. Bei einer Ausführungsform ist der Versetzungswert ein mit Vorzeichen behafteter Wert.

**[0033]** Die Versetzungswerte können für die VM **102** und **114** von dem VMM **112** bestimmt werden (z.B. durch das Konfigurationsmodul **126** für die Zeitgeber-Versetzung). Eine Ausführungsform eines Prozesses zum Bestimmen eines Versetzungswertes durch den VMM **112** wird in weiteren Einzelheiten hiernach im Zusammenhang mit den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) diskutiert. Als Alternative werden die Versetzungswerte durch den Prozessor **118** bestimmt (z.B. durch die Zeitgeber-Zugriffslogik **122**). Eine Ausführungsform eines Prozesses zum Bestimmen eines Versetzungswertes durch den Prozessor **118** wird in weiteren Einzelheiten hiernach im Zusammenhang mit [Fig. 5](#) diskutiert.

**[0034]** [Fig. 2](#) ist ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines Prozesses **200** zum Steuern des Zugriffs von VMs auf einen Zeitgeber. Der Prozeß kann durch Verarbeitungslogik durchgeführt werden, die Hardware (z.B. Schaltungen, besondere Logik, programmierbare Logik, Mikrocode usw.), Software (so wie die, die auf einem universellen Computersystem oder einer besonderen Maschine läuft) oder eine Kombination aus beiden aufweisen. Bei einer Ausführungsform wird der Prozeß **200** durch die Zeitgeber-Zugriffslogik **122** der [Fig. 1](#) durchgeführt.

**[0035]** Mit Bezug auf [Fig. 2](#) beginnt der Prozeß **200** damit, daß die Verarbeitungslogik eine Anforderung erhält, die Steuerung von einem VMM auf eine VM zu übertragen (d.h. die Anfrage nach einem VM-Eintritt) (Verarbeitungsblock **202**). Bei einer Ausführungsform wird die Anfrage nach einem VM-Eintritt über einen VM-Eintrittsbefehl empfangen, der von dem VMM ausgeführt wird.

**[0036]** Als nächstes bestimmt die Verarbeitungslogik, ob das Zeitgeber-Versetzen freigegeben ist (Verarbeitungsblock **204**). Bei einer Ausführungsform trifft die Verarbeitungslogik diese Bestimmung als Teil des

Übergangs zu der VM (z.B. wenn der VM-Zustand und die Ausführungssteuerinformation, die in der VMCS gespeichert ist, überprüft und geladen werden). Bei einer Ausführungsform basiert die Bestimmung auf dem gegenwärtigen Wert eines Zeitversetzungsindikators, der in der VMCS für die VM, die eingelassen wird, gespeichert ist.

**[0037]** Wenn die Zeitgeber-Versetzung freigegeben ist, verwendet die Verarbeitungslogik einen Zeitgeber-Versetzungswert, wenn sie auf die Anfragen der VM für einen gegenwärtigen Zeitgeberwert antwortet. Bei einer Ausführungsform wird der Zeitgeber-Versetzungswert von dem VMM vor der Ausgabe der Anfrage, die Steuerung an diese VM zu übergeben, bestimmt. Eine Ausführungsform eines Prozesses zum Bestimmen des Versetzungswertes durch den VMM wird in weiteren Einzelheiten hiernach im Zusammenhang mit den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) diskutiert. Als Alternative wird der Versetzungswert automatisch von dem Prozessor bestimmt, wenn die Steuerung an diese VM übergeht. Eine Ausführungsform eines Prozesses zum Bestimmen des Versetzungswertes durch den Prozessor wird in weiteren Einzelheiten hiernach im Zusammenhang mit [Fig. 5](#) diskutiert.

**[0038]** Bei einer Ausführungsform, wenn die Zeitgeber-Versetzung freigegeben ist, lädt die Verarbeitungslogik ein Versetzungsregister mit dem Zeitgeber-Versetzungswert, der in der VMCS (Arbeitsblock **206**) gespeichert ist. Als Alternative, wenn das Zeitgeber-Versetzen deaktiviert ist, lädt die Verarbeitungslogik das Versetzungsregister mit 0 (Verarbeitungsblock **206**). Als nächstes beginnt die Verarbeitungslogik die Ausführung in der VM (Verarbeitungsblock **210**).

**[0039]** Während der Ausführung durch die VM kann die Verarbeitungslogik die Anfragen der VM nach einem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers erhalten. In der IA-32 ISA zum Beispiel kann die VM eine Anfrage nach einem gegenwärtigen Wert des TSC ausgeben, indem der RDMSR-Befehl oder ein RDTSC-Befehl zum Lesen des TSC ausgegeben wird.

**[0040]** Am Verarbeitungsblock **212** bestimmt die Verarbeitungslogik, ob die VM einen gegenwärtigen Wert des Zeitgebers anfragt. Wenn dies der Fall ist, dann bestimmt bei einer Ausführungsform die Verarbeitungslogik, ob diese Anfrage mit einem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist (Verarbeitungsblock **214**). Bei einer Ausführungsform kann ein Zeitgeber-Zugriffssteuerindikator auf einen "Austritt"-Wert gesetzt werden, um bei jeder Anfrage der VM, auf den Zeitgeber zuzugreifen, einen VM-Austritt hervorzurufen. Zum Beispiel ist bei einer Ausführungsform der Zeitgeber-Zugriffssteuerindikator ein einzelnes Bit, das, wenn es auf 1 gesetzt wird, angibt, daß Anfragen einer VM, auf den Zeitgeber zuzugreifen, VM-Austritte bewirken. Bei einer Ausführungs-

form kann dieser Indikator in der VMCS gespeichert werden. Wenn die Anfrage nicht mit einem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist, geht die Verarbeitungslogik zum Verarbeitungsblock **216** weiter. Wenn die Anfrage mit einem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist, gibt die Verarbeitungslogik die Steuerung an den VMM, wobei dem VMM angezeigt wird, daß der VM-Austritt durch einen Versuch, auf den Zeitgeber zuzugreifen, hervorgerufen wurde (Verarbeitungsblock **220**). Bei einer Ausführungsform lädt vor dem Übergeben der Steuerung an den VMM die Verarbeitungslogik das Versetzungsregister mit 0 (Verarbeitungsblock **218**), um es dem VMM zu erlauben, den tatsächlichen Wert des Zeitgebers zu erhalten.

**[0041]** Bei einer weiteren Ausführungsform wird ein Zeitgeber-Zugriffssteuerindikator nicht verwendet, und die Verarbeitungslogik prüft nicht wegen eines Übergangs der Steuerung an den VMM in Antwort auf Anfragen einer VM nach einem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers. Stattdessen überspringt die Verarbeitungslogik den Verarbeitungsblock **214** und geht direkt zum Verarbeitungsblock **216** weiter.

**[0042]** Im Verarbeitungsblock **216** liest die Verarbeitungslogik den gegenwärtigen Wert des Zeitgebers, addiert den Versetzungswert zu dem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers und gibt das Ergebnis an die VM zurück. Bei einer Ausführungsform ist der Zeitgeber-Versetzungswert ein mit Vorzeichen behafteter Wert, der mit dem Inhalt des Zeitgebers unter Verwendung vorzeichenbehafteter Addition kombiniert wird.

**[0043]** Während der Ausführung durch die VM können verschiedene weitere Ereignisse, die mit einem VM-Austritt verbunden sind (z.B. Seitenfehler, Unterbrechungen usw.) auftreten. Bei einer Ausführungsform, wenn die Verarbeitungslogik ein Ereignis erfaßt, das mit einem VM-Austritt verbunden ist (Verarbeitungsblock **222**), lädt die Verarbeitungslogik das Versetzungsregister mit Null (Verarbeitungsblock **218**) übergibt die Steuerung an den VMM, wobei die Ursache des VM-Austrittes, die im Verarbeitungsblock **222** erfaßt wurde, angegeben wird (Verarbeitungsblock **220**). Wenn die Verarbeitungslogik keine Ereignisse erfaßt, die mit einem VM-Austritt verbunden sind, kehrt die Verarbeitungslogik zum Verarbeitungsblock **212** zurück.

**[0044]** [Fig. 3](#) ist ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines Prozesses **300** zum Konfigurieren von Feldern, die mit der Zeitgeber-Versetzung verbunden sind. Der Prozeß kann durch Verarbeitungslogik durchgeführt werden, die Hardware (z. B. Schaltung, besondere Logik, programmierbare Logik, Mikrocode usw.), Software (so wie die, die auf einem universellen Computersystem oder einer besonderen Maschine läuft) oder eine Kombination aus beiden

aufweisen kann. Bei einer Ausführungsform wird der Prozeß **300** durch das Zeitgeber-Versetzungskonfigurationsmodul **126** der [Fig. 1](#) durchgeführt.

**[0045]** Mit Bezug auf [Fig. 3](#) beginnt der Prozeß **300** damit, daß die Verarbeitungslogik entscheidet, daß ein Übergang der Steuerung auf eine VM benötigt wird. Vor dem Ausgeben einer Anfrage, die Steuerung an die VM zu übertragen, bestimmt die Verarbeitungslogik einen Zeitgeber-Versetzungswert für die VM (Verarbeitungsblock **302**) und speichert den Zeitgeber-Versetzungswert in der VMCS (Verarbeitungsblock **304**). Bei einer Ausführungsform ist der Zeitgeber-Versetzungswert die Ansammlung von Zeitintervallen, während der die VM, die eingelassen wird, wegen der Ausführung durch den VMM und die anderen VMs nicht gelaufen ist. Eine Ausführungsform eines Prozesses zum Berechnen des Zeitgeber-Versetzungswertes wird in weiteren Einzelheiten hier nach im Zusammenhang mit [Fig. 4](#) diskutiert.

**[0046]** Als nächstes setzt die Verarbeitungslogik einen Zeitgeber-Versetzungsindikator auf einen Freigabewert (Verarbeitungsblock **306**) und gibt eine Anfrage aus, die Steuerung an die VM zu übertragen (z. B. eine VM-Eintrittsanfrage) (Verarbeitungslogik **308**).

**[0047]** Anschließend, wenn ein VM-Austritt aus der VM erzeugt wird, erhält die Verarbeitungslogik die Steuerung zurück (Verarbeitungsblock **310**), bestimmt den gegenwärtigen Wert des Zeitgebers (Verarbeitungsblock **312**) und handhabt den VM-Austritt wie benötigt (z. B. führt Operationen durch, die die Ursache des VM-Austritts ansprechen) (Verarbeitungsblock **314**). Wie hiernach beschrieben kann der Wert des Zeitgebers zum VM-Austritt verwendet werden, um die Zeitgeber-Versetzung zu berechnen, bevor die Steuerung an die VM zurückgegeben wird.

**[0048]** [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines Prozesses **400** zum Berechnen eines Zeitgeber-Versetzungswertes für eine VM (wie im Verarbeitungsblock **302** der [Fig. 3](#) als Beispiel angesprochen). Dieser Prozeß kann durch Verarbeitungslogik durchgeführt werden, die Hardware (z. B. Schaltung, besondere Logik, programmierbare Logik, Mikrocode usw.), Software (so wie die, die auf einem universellen Computersystem oder einer besonderen Maschine läuft) oder eine Kombination aus beiden aufweisen kann. Bei einer Ausführungsform wird der Prozeß **400** durch ein Zeitgeber-Versetzungskonfigurationsmodul **126** der [Fig. 1](#) durchgeführt.

**[0049]** Mit Bezug auf [Fig. 4](#) beginnt der Prozeß **400** damit, daß die Verarbeitungslogik die Zeit berechnet, die in dieser VM seit dem letzten VM-Eintritt verbracht worden ist (Verarbeitungsblock **402**). Bei einer Ausführungsform wird diese Zeit berechnet, indem eine VM-Eintrittszeit (d. h. der Zeitgeberwert unmit-

telbar vor dem Ausgeben einer Anfrage, die VM einzulassen) und eine VM-Austrittszeit (z. B. dem Zeitgeberwert zu dem Zeitpunkt, das die Steuerung von der VM zurückerhalten worden ist) bestimmt werden und indem die VM-Eintrittszeit von der VM-Austrittszeit subtrahiert wird.

**[0050]** Im Verarbeitungsblock **404** berechnet die Verarbeitungslogik die aufgelaufene Zeit, die in der VM verbracht worden ist, indem die Zeit addiert wird, die während des letzten Eintritts in der VM verbracht worden ist, zu der zuvor berechneten aufgelaufenen Zeit addiert wird. Bei einer Ausführungsform berechnet die Verarbeitungslogik die aufgelaufene Zeit, die in der VM verbracht worden ist, wenn sie die Steuerung zurück von der VM erhält. Als Alternative berechnet die Verarbeitungslogik die aufgelaufene Zeit, die in der VM verbracht worden ist, wenn eine Anfrage ausgegeben wird, die Steuerung zu dieser VM zurückzugeben.

**[0051]** Wenn die Verarbeitungslogik entscheidet, die Steuerung an die VM zurückzugeben, liest sie den gegenwärtigen Wert des Zeitgebers (Verarbeitungsblock **606**) und berechnet den Zeitgeber-Versetzungswert als eine Differenz zwischen der aufgelaufenen Zeit, die in der VM verbracht worden ist, und dem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers (Verarbeitungsblock **408**). Bei einer Ausführungsform ist der Zeitgeber-Versetzungswert ein mit Vorzeichen behafteter Wert.

**[0052]** [Fig. 5](#) ist ein Ablaufdiagramm einer alternativen Ausführungsform eines Prozesses zum Berechnen eines Zeitgeber-Versetzungswertes für eine VM. Der Prozeß kann durch Verarbeitungslogik durchgeführt werden, die Hardware (z. B. Schaltung, besondere Logik, programmierbare Logik, Mikrocode usw.), Software (so wie die, die auf einem universellen Computersystem oder einer besonderen Maschine läuft) oder eine Kombination aus beiden aufweisen kann. Bei einer Ausführungsform wird der Prozeß **500** durch die Zeitgeber-Versetzungskonfigurationslogik **122** der [Fig. 1](#) durchgeführt.

**[0053]** Mit Bezug auf [Fig. 5](#) beginnt der Prozeß **500** damit, daß die Verarbeitungslogik ein Ereignis erfaßt, das mit einem Übergang der Steuerung von der VM1 zu dem VMM verbunden ist (Verarbeitungsblock **502**).

**[0054]** Im Verarbeitungsblock **504** bestimmt die Verarbeitungslogik, ob ein Indikator zum Sichern des Zeitgebers freigegeben ist. Bei einer Ausführungsform ist der Indikator zum Sichern des Zeitgebers von dem VMM konfiguriert und in der VMCS gespeichert.

**[0055]** Wenn der Indikator zum Sichern des Zeitgebers freigegeben ist, sichert die Verarbeitungslogik einen gegenwärtigen Zeitgeberwert als einen



VM1-Zeitgeberwert in einem Gast-Zeitgeberfeld (Verarbeitungsblock **506**) und geht zum Verarbeitungsblock **508** weiter. Bei einer Ausführungsform ist das Gast-Zeitgeberfeld in der VMCS gespeichert.

**[0056]** Wenn der Indikator zum Sichern des Zeitgebers deaktiviert ist, überspringt die Verarbeitungslogik den Verarbeitungsblock **506** und geht direkt zum Verarbeitungsblock **508** weiter.

**[0057]** Im Verarbeitungsblock **508** übergibt die Verarbeitungslogik die Steuerung an den VMM.

**[0058]** Anschließend, im Verarbeitungsblock **510**, erhält die Verarbeitungslogik eine Anfrage, die Steuerung an die VM1 zurückzugeben. Als Antwort bestimmt die Verarbeitungslogik, ob ein Indikator für das Anpassen der Versetzung freigegeben ist (Verarbeitungsblock **512**). Bei einer Ausführungsform wird der Indikator für das Anpassen der Versetzung von dem VMM konfiguriert und in der VMCS gespeichert. Bei einer weiteren Ausführungsform werden der Indikator für das Sichern des Zeitgebers und der Indikator für das Anpassen der Versetzung durch denselben Indikator dargestellt, der sowohl am Verarbeitungsblock **504** als auch bei **512** überprüft wird. Bei einer weiteren Ausführungsform kann ein Zeitgeber-Versetzungsindikator bewertet werden, um festzustellen, ob Zeitgeber-Versetzung verwendet werden sollte. Bei einer Ausführungsform wird der Zeitgeber-Versetzungsindikator von dem VMM konfiguriert und in der VMCS gespeichert.

**[0059]** Wenn der Indikator für das Anpassen der Versetzung freigegeben ist, liest die Verarbeitungslogik den gegenwärtigen Zeitgeberwert (Verarbeitungsblock **514**) und bestimmt die Differenz zwischen dem gegenwärtigen Zeitgeberwert und dem VM1-Zeitgeberwert, der im Verarbeitungsblock **506** gesichert worden ist, indem der gesicherte VM1-Zeitgeberwert von dem gegenwärtigen Zeitgeberwert subtrahiert wird (Verarbeitungsblock **516**). Weiter berechnet die Verarbeitungslogik den angepaßten Zeitgeber-Versetzungswert, indem diese Differenz von dem Zeitgeber-Versetzungswert in dem Zeitgeber-Versetzungsblock subtrahiert wird (Verarbeitungsblock **518**). Bei einer Ausführungsform ist dieser angepaßte Zeitgeber-Versetzungswert in dem Zeitgeber-Versetzungsblock gespeichert. Als nächstes übergibt die Verarbeitungslogik die Steuerung an die VM1 (Verarbeitungsblock **520**).

**[0060]** Wenn der Indikator für das Anpassen der Versetzung deaktiviert ist, überspringt bei einer Ausführungsform die Verarbeitungslogik die Blöcke **514** bis **518** und geht direkt zum Verarbeitungsblock **520** weiter. Bei einer weiteren Ausführungsform, wenn der Indikator für das Anpassen der Versetzung deaktiviert ist, gewinnt die Prozeßlogik den Wert des Zeitgeber-Versetzungsblockes zur Verwendung als dem

angepaßten Zeitgeber-Versetzungswert zurück und geht dann zum Verarbeitungsblock **520** weiter.

**[0061]** Bei einer alternativen Ausführungsform wird bei einem VM-Austritt ein virtueller Gast-Zeitgeberwert berechnet (indem die Summe aus gegenwärtigem Zeitgeber-Versetzungswert und dem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers berechnet wird) und in einem virtuellen Gast-Zeitgeberfeld gespeichert. Bei einer Ausführungsform ist das virtuelle Gast-Zeitgeberfeld in der VMCS gespeichert. Anschließend, beim VM-Eintritt, wird der Versetzungswert berechnet, indem der Zeitgeberwert zum Zeitpunkt des VM-Eintritts von dem virtuellen Gast-Zeitgeberwert subtrahiert wird. Während die VM ausführt, werden Versuche, den Zeitgeber zu lesen, den gegenwärtigen Wert des Zeitgebers, angepaßt durch den Versetzungswert, zurückgeben.

**[0062]** Somit sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuerung des Zugriffs von VMs auf einen Zeitgeber beschrieben worden. Es soll verstanden werden, daß die obige Beschreibung als veranschaulichend und nicht als beschränkend gedacht ist. Viele weitere Ausführungsformen werden den Fachleuten beim Lesen und Verstehen der obigen Beschreibung deutlich werden. Der Umfang der Erfindung sollte daher mit Bezug auf die angefügten Ansprüche bestimmt werden, zusammen mit dem vollem Umfang an Äquivalenten, für die solche Ansprüche berechtigt sind.

#### Zusammenfassung

**[0063]** Bei einer Ausführungsform umfaßt ein Verfahren das Erhalten einer Anfrage, die Steuerung von einem Monitor für virtuelle Maschinen (VMM) an eine virtuelle Maschine (VM) zu übergeben, das Berechnen eines Versetzungswertes, das Empfangen, während des Betriebes der VM, einer Anfrage nach einem gegenwärtigen Wert des Zeitgebers, das Anpassen des gegenwärtigen Wertes des Zeitgebers basierend auf dem Versetzungswert und das Liefern des angepaßten Zeitgeberwertes an die VM.

#### Patentansprüche

1. Verfahren, das aufweist:  
Erhalten einer Anfrage, die Steuerung von einem Monitor für virtuelle Maschinen (VMM) an eine virtuelle Maschine (VM) zu übergeben;  
Berechnen eines Versetzungswertes;  
Empfangen, während des Betriebes der VM, einer Anfrage nach einem gegenwärtigen Wert eines Zeitgebers;  
Anpassen des gegenwärtigen Wertes des Zeitgebers basierend auf dem Versetzungswert; und  
Liefern des angepaßten Zeitgeberwertes an die VM.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter auf-

weist:

Übergeben der Steuerung an die VM nach dem Erhalt der Anfrage von dem VMM, wobei das Übergeben das Berechnen des Versetzungswertes umfaßt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Berechnen des Versetzungswertes aufweist:

Bestimmen einer Differenz zwischen einem Zeitgeberwert, der beim Erhalt der Anfrage, die Steuerung an die VM zu übergeben, gelesen wurde und einem Zeitgeberwert, der beim Erfassen eines vorangehenden Ereignisses, das mit einer Übergabe der Steuerung von der VM an den VMM verbunden war, gesichert worden ist; und

Subtrahieren der Differenz von einem Wert eines Zeitgeber-Versetzungsfeldes.

4. Verfahren nach Anspruch 3, das weiter das Speichern des berechneten Zeitgeber-Versetzungswertes in dem Zeitgeber-Versetzungsfeld aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 3, das weiter aufweist:

vor dem Bestimmen der Differenz Feststellen, daß ein Indikator für das Anpassen der Zeitgeber-Versetzung auf einen Freibewert gesetzt ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter aufweist:

Bestimmen, daß ein Indikator für das Anpassen der Zeitgeber-Versetzung auf einen Deaktiviert-Wert gesetzt ist; und

Lesen eines Zeitgeber-Versetzungsfeldes, wobei ein Wert des Zeitgeber-Versetzungsfeldes anschließend als der Versetzungswert verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Zeitgeberwert beim Erfassen des vorangegangenen Ereignisses, das mit dem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist, gesichert wird, wenn ein Indikator für das Sichern des Zeitgebers freigegeben ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter aufweist:

Bestimmen, daß ein Indikator für die Zeitgeber-Zugriffssteuerung auf einen Austrittswert gesetzt ist; und

Übergeben der Steuerung an den VMM als Antwort auf die Anfrage.

9. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter aufweist:

Bestimmen, daß das Versetzen des Zeitgebers gesperrt ist; und

Laden eines Versetzungsregisters mit Null.

10. Vorrichtung, die aufweist:

einen Monitor für virtuelle Maschinen (VMM);  
eine Datenstruktur, die von dem VMM gesteuert wird,

wobei die Datenstruktur einen Versetzungswert für eine virtuelle Maschine (VM) speichert; und  
Zeitgeber-Zugriffslogik, um den Versetzungswert beim Empfang einer Anfrage, die Steuerung von dem VMM an die VM zu übergeben, zu berechnen und um einen Wert des Zeitgebers während eines Betriebes der VMM an die VM zu geben, wobei der Wert der Zeitgebung basierend auf dem Versetzungswert angepaßt wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der die Zeitgeber-Zugriffslogik weiter dazu dient, die Steuerung aufgrund des Empfangs der Anfrage von dem VMM an die VM zu übergeben, wobei das Übergeben das Berechnen des Versetzungswertes umfaßt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der die Zeitgeber-Zugriffslogik dazu dient, den Versetzungswert zu berechnen, indem eine Differenz zwischen einem Zeitgeberwert, der beim Empfang der Anfrage, die Steuerung an die VM zu übergeben, gelesen wurde, und einem Zeitgeberwert, der beim Erfassen eines früheren Ereignisses, das mit Übergang der Steuerung von der VM an den VMM verbunden war, gesichert worden ist, bestimmt und die Differenz von einem Wert eines Zeitgeber-Versetzungsfeldes subtrahiert wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die Datenstruktur weiter ein Zeitgeber-Versetzungsfeld umfaßt, welches den berechneten Zeitgeber-Versetzungswert speichert.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die Datenstruktur weiter einen Indikator für das Anpassen der Zeitgeber-Versetzung umfaßt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, bei der die Zeitgeber-Zugriffslogik weiter feststellt, daß der Indikator zum Anpassen der Zeitgeber-Versetzung auf einen Freibewert gesetzt ist, bevor die Differenz bestimmt wird.

16. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die Zeitgeber-Zugriffslogik weiter feststellt, daß ein Indikator zum Anpassen der Zeitgeber-Versetzung auf einen Deaktiviert-Wert gesetzt ist, und ein Zeitgeber-Versetzungsfeld liest, wobei ein Wert des Zeitgeber-Versetzungsfeldes anschließend als der Versetzungswert benutzt wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die Datenstruktur einen Indikator zum Sichern des Zeitgebers speichert, der von der Zeitgeber-Zugriffslogik verwendet wird, um zu bestimmen, ob der Zeitgeberwert beim Erfassen des früheren Ereignisses, das mit dem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist, zu sichern ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 10, die weiter auf-

weist: ein Versetzungsregister, um den Versetzungswert zu speichern.

19. System, das aufweist:

einen Speicher, um einen Satz Felder zu speichern, die der Zeitgeber-Versetzung für eine virtuelle Maschine (VM) zugewiesen sind; und einen Prozessor, der an den Speicher gekoppelt ist, um den Satz Felder zu verwenden, die der Zeitgeber-Versetzung zugewiesen sind, um einen Versetzungswert zu berechnen und um während des Betriebes der VM einen Zeitgeberwert, angepaßt basierend auf dem Versetzungswert, für die VM als Antwort auf eine Anfrage der VM nach einem gegenwärtigen Wert eines Zeitgebers zur Verfügung zu stellen.

20. System nach Anspruch 19, bei dem der Prozessor den Versetzungswert berechnet, wenn er die Steuerung an die VM übergibt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der der Prozessor weiter ein Versetzungsregister mit dem Versetzungswert lädt.

22. System nach Anspruch 19, bei dem der Prozessor den Versetzungswert berechnet, indem er eine Differenz zwischen einem Zeitgeberwert, der beim Empfang der Anfrage, die Steuerung an die VM zu übergeben, und einem Zeitgeberwert, der beim Erfassen eines früheren Ereignisses, das mit einem Übergang der Steuerung von der VM an den VMM verbunden war, gesichert worden ist, bestimmt und die Differenz von einem Wert eines Zeitgeber-Versetzungsfeldes subtrahiert.

23. System nach Anspruch 22, bei dem der Prozessor den Zeitgeberwert beim Empfang der Anfrage, die Steuerung an die VM zu übergeben, liest, wenn ein Indikator für das Anpassen der Zeitgeber-Versetzung freigegeben ist.

24. System nach Anspruch 22, bei dem der Prozessor den Zeitgeberwert beim Erfassen des früheren Ereignisses, das mit dem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist, sichert, wenn ein Indikator für das Sichern des Zeitgebers freigegeben ist.

25. Maschinenlesbares Medium, welches Befehle enthält, die, wenn sie von einem Verarbeitungssystem ausgeführt werden, bewirken, daß das Verarbeitungssystem ein Verfahren durchführt, wobei das Verfahren aufweist:

Empfangen einer Anfrage, die Steuerung von einem Monitor für virtuelle Maschinen (VMM) an eine virtuelle Maschine (VM) zu übergeben;  
Berechnen eines Versetzungswertes;  
Empfangen, während des Betriebes der VM, einer Anfrage nach einem gegenwärtigen Wert eines Zeitgebers;

Anpassen des gegenwärtigen Wertes des Zeitgebers basierend auf dem Versetzungswert; und  
Liefen des angepaßten Versetzungswertes an die VM.

26. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 25, bei dem das Verfahren weiter aufweist:  
Übergeben der Steuerung an die VM nach dem Empfangen der Anfrage von dem VMM, wobei das Übergeben des Berechnen des Versetzungswertes umfaßt.

27. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 25, bei dem das Berechnen des Versetzungswertes aufweist:

Bestimmen einer Differenz zwischen einem Zeitgeberwert, der beim Empfangen der Anfrage, die Steuerung an die VM zu übergeben, gelesen worden ist, und einem Zeitgeberwert, der beim Erfassen eines früheren Ereignisses, das mit dem Übergang der Steuerung von der VM an den VMM verbunden ist, gesichert worden ist; und  
Subtrahieren der Differenz von einem Wert eines Zeitgeber-Versetzungsfeldes.

28. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 27, bei dem der Zeitgeberwert beim Empfang der Anfrage, die Steuerung an die VM zu übergeben, gelesen wird, wenn ein Indikator für das Anpassen der Zeitgeber-Versetzung aktiviert ist.

29. Maschinenlesbares Medium nach Anspruch 27, bei dem der Zeitgeberwert beim Erfassen des früheren Ereignisses, das mit dem Übergang der Steuerung an den VMM verbunden ist, gesichert wird, wenn ein Indikator für das Sichern des Zeitgebers aktiviert ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

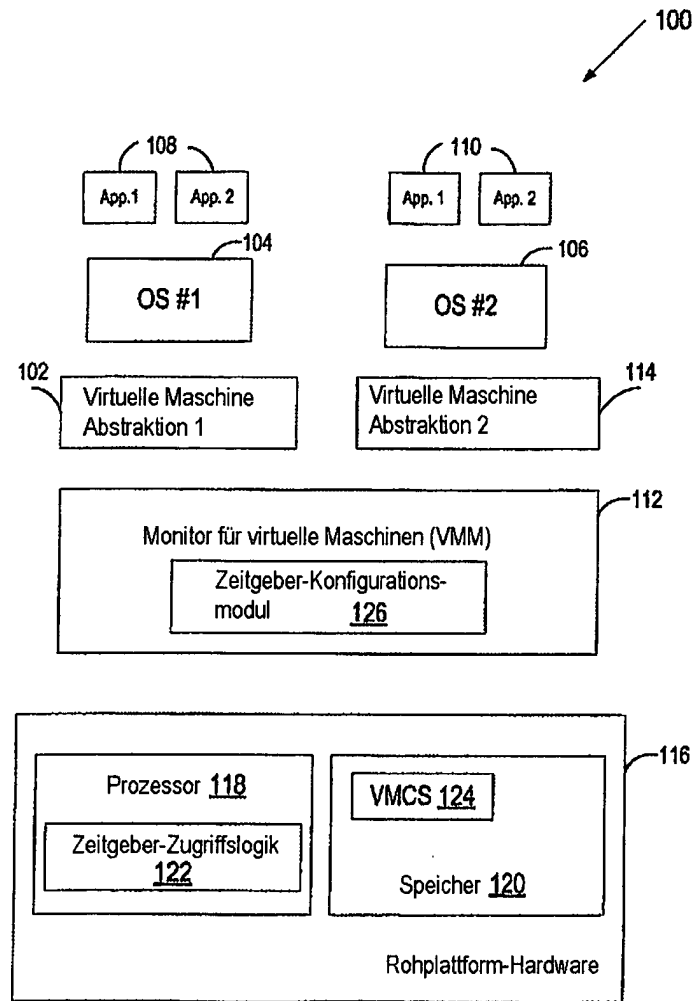


FIG. 1

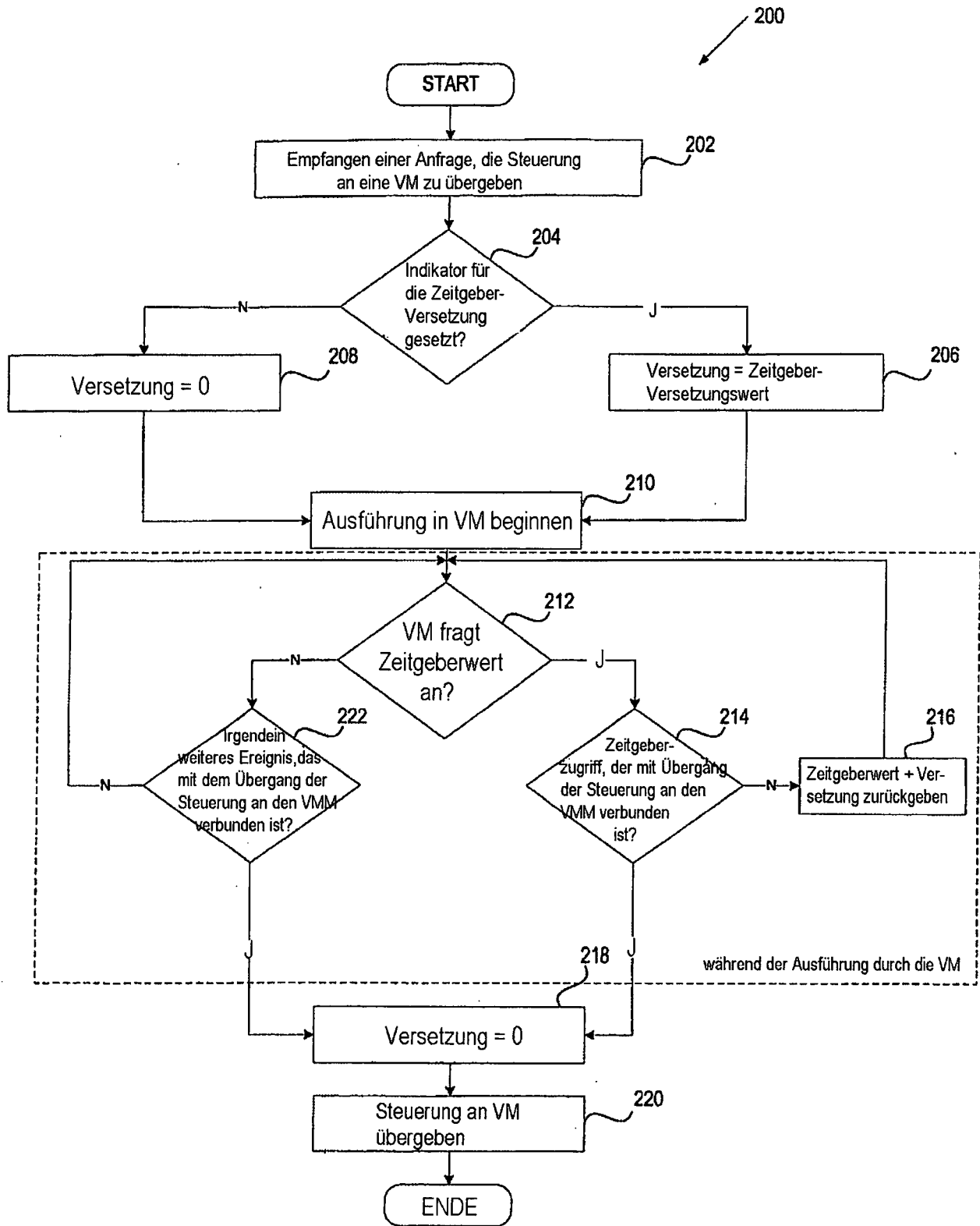


FIG. 2

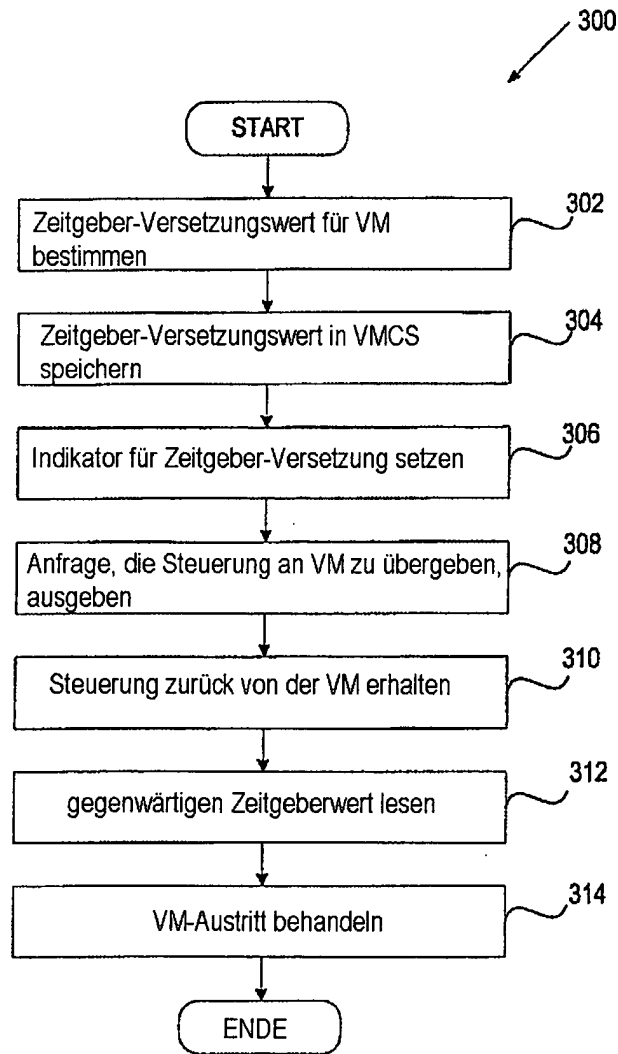


FIG. 3

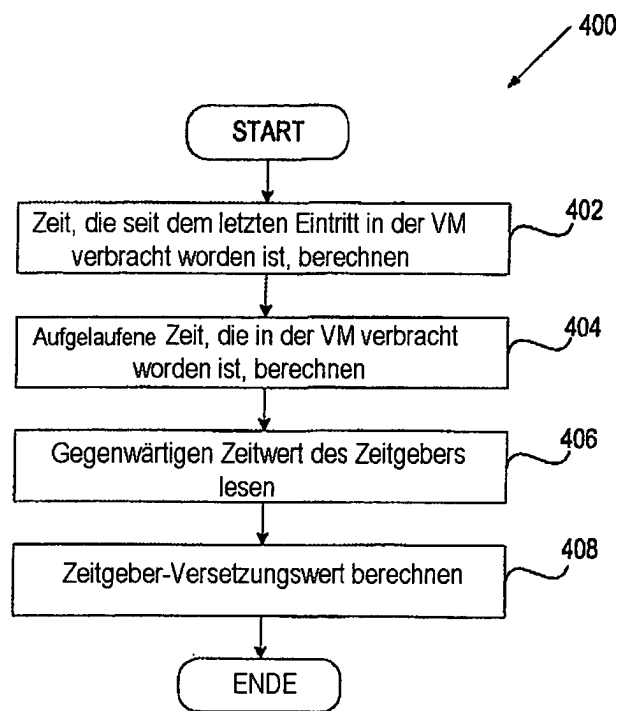


FIG. 4

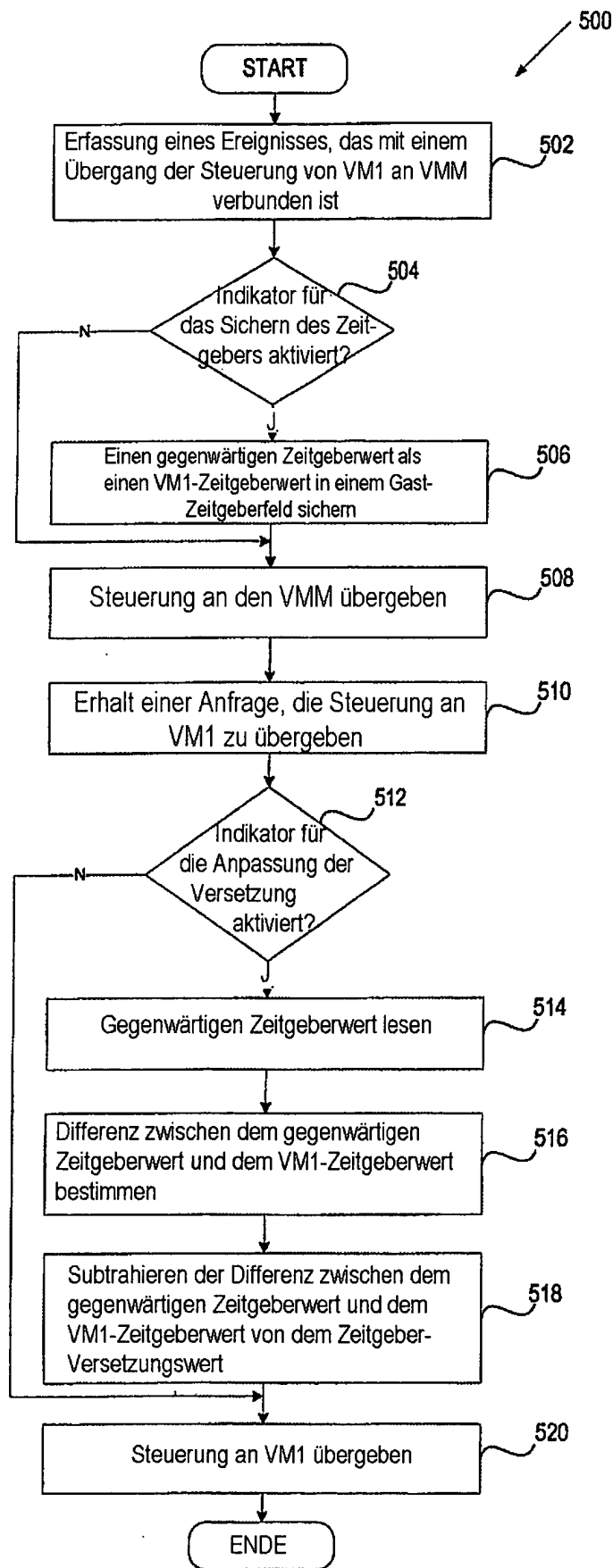


FIG. 5