



(10) **DE 10 2019 117 954 A1** 2021.01.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 117 954.8**
(22) Anmeldetag: **03.07.2019**
(43) Offenlegungstag: **07.01.2021**

(51) Int Cl.: **G06F 9/46 (2006.01)**
G05B 19/042 (2006.01)

(71) Anmelder:
Beckhoff Automation GmbH, 33415 Verl, DE

(74) Vertreter:
Wilhelm & Beck, 80639 München, DE

(72) Erfinder:
Beckhoff, Hans, 33415 Verl, DE; Barth, Ramon, 33415 Verl, DE; Janssen, Dirk, 33415 Verl, DE; Papenfort, Josef, 32609 Hüllhorst, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

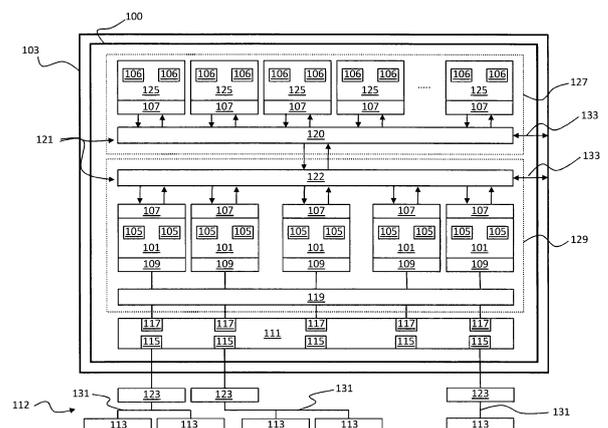
Zoiti, A. et al.: Dynamic Reconfiguration of Distributed Control Applications with Reconfiguration Services based on IEC 61499. In: Proceedings of the IEEE Workshop on Distributed Intelligent Systems: Collective Intelligence and Its Applications (DIS'06), 2006.

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Laufzeitserver zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme einer Automatisierungsanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Laufzeitserver (100) zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme (101) in einem Betriebssystem (103) für eine Datenverarbeitungsanlage zum Steuern einer Automatisierungsanlage auf Basis eines Anlagensteuerprogramms, wobei die Laufzeitsysteme (101) zur Echtzeitausführung des Anlagensteuerprogramms ausgebildet sind, umfassend: wenigstens zwei Laufzeitsysteme (101) zum Ausführen von Anwendungsmodulen (105) des Anlagensteuerprogramms, wobei auf jedem Laufzeitsystem (101) wenigstens ein Anwendungsmodul (105) zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms installiert ist, wobei jedes Laufzeitsystem (101) eine Datenübertragungsschnittstelle (107) zur Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen (101) und/oder zwischen Anwendungsmodulen (105) aufweist, wobei jedes Laufzeitsystem (101) eine I/O-Konfiguration (109) aufweist, die eine Zuordnung zwischen wenigstens einer Variable der Anwendungsmodulen (105) der Laufzeitsysteme (101) und wenigstens einer Hardwareadresse einer Hardwarekomponente (113) einer zu steuernden Automatisierungsanlage (112) definiert, eine I/O-Schnittstelle (111) zum Datenaustausch zwischen den wenigstens zwei Laufzeitsystemen (101) und den Hardwarekomponenten (113) der Automatisierungsanlage (112) mit wenigstens einem I/O-Eingang (115) und/oder I/O-Ausgang (117) und eine I/O-Mapping-Zwischenschicht (119), wobei in der I/O-Mapping-Zwischenschicht (119) die I/O-Konfigurationen (109) der wenigstens zwei ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Laufzeitserver zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme in einem Betriebssystem für eine Datenverarbeitungsanlage zur Steuerung einer Automatisierungsanlage. Die Erfindung betrifft ferner ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zum Ausführen des Laufzeitserver und der Laufzeitsysteme. Die Erfindung umfasst ferner eine Automatisierungsanlage.

[0002] In der Industrieautomation werden speicherprogrammierbare und numerische Steuerungen (SPS/NC) zunehmend in Software auf einer leistungsfähigen Standard-Hardware, z. B. einem Industrie-PC ausgeführt. Im Gegensatz zu konventionellen SPS/NC, die auf einer eigenständigen Rechenbaugruppe ausgeführt werden, laufen sogenannte Soft-SPS/NC unter dem Wirtsbetriebssystem der Datenverarbeitungsanlage, z. B. unter Windows oder Unix. Das Wirtsbetriebssystem wird hierzu um einen Echtzeitkernel erweitert, der auch von der Soft-SPS/NC zur Verfügung gestellt werden kann und der die Rechenzeit, die das Wirtsbetriebssystem an die SPS/NC abgibt, steuert. Beispielsweise ist in der Druckschrift EP 2 341 405 B1 eine Soft-SPS beschrieben.

[0003] Der Vorteil im Vergleich zu konventionellen SPS/NC ist bei der Soft-SPS/NC die weitgehende Unabhängigkeit von der verwendeten Hardware. Die Hardware lässt sich damit im Bedarfsfall ohne weiteres austauschen bzw. durch leistungsfähigere Hardware ersetzen. Soft-SPS/NC profitieren so automatisch vom ständigen Leistungszuwachs der Hardware. Zudem macht die Soft-SPS/NC den Anwender in der Regel auch unabhängig vom Hardware-Anbieter. Außerdem lassen sich bei der Soft-SPS/NC Änderungen des zu steuernden Prozesses einfacher als bei konventionellen SPS/NC umsetzen. Bei der konventionellen SPS/NC ist üblicherweise ein spezielles Programmiergerät erforderlich, um die Elemente der SPS/NC zu programmieren. Oftmals ist die SPS/NC auch auf mehrere Rechner in einer Rechnerbaugruppe verteilt, wobei die Elemente der SPS/NC oft auch mit unterschiedlichen Programmiersprachen erzeugt werden und so dann auch unterschiedliche Konfigurationswerkzeuge erfordern. Bei der Soft-SPS/NC kann sich das Konfigurationswerkzeug dagegen auch auf derselben Hardware befinden wie die Steuerungssoftware.

[0004] Um den Aufwand bei der Programmierung von konventionellen und Soft-SPS/NC-Lösungen zur Steuerung oder Regelung komplexer Maschinen und Anlagen zu reduzieren, werden zunehmend modulare Konzepte eingesetzt. Einzelne Maschinenaggregate oder Anlagenbaugruppen bzw. Funktionalitäten werden als eigenständige Module betrachtet, für die jeweils eine nach außen gekapselte Steuerungs-

software erstellt wird. Die einzelnen Programmteile können dabei mit unterschiedlichen Entwicklungswerkzeugen bzw. Programmiersprachen erstellt werden, wobei der Quelltext dann von einem zugehörigen Compiler in einen ausführbaren Programmcode übersetzt wird. Diese ausführbaren Programmmodule bilden zusammen das Anlagensteuerprogramm. Alle Programmmodule werden beim Start von einer zusätzlich vorgesehenen Softwareumgebung im Laufzeitsystem zur Echtzeitausführung des Anlagensteuerprogramms geladen und ausgeführt. Die einzelnen Programmmodule weisen dabei eine definierte Schnittstelle zur Kommunikation untereinander und mit der Softwareumgebung auf.

[0005] Der modulare Aufbau der SPS/NC macht es möglich, die einzelnen Module getrennt zu entwickeln und dabei jeweils die am besten dafür geeignete Programmiersprache bzw. das hierfür erforderliche Entwicklungswerkzeug einzusetzen. Auch besteht so die Möglichkeit, auf standardisierte Elemente zurückzugreifen. Als Entwicklungswerkzeuge für eine Logiksteuerung werden z. B. Hochsprachen, bei Regelungsprozessen z. B. Bodediagramme oder Modellregler eingesetzt. Die einzelnen Programmmodule werden jedoch mit einem eigenen Computer in ein lauffähiges Programm umgesetzt, das im Rahmen der SPS/NC statisch und nicht veränderbar ist. Alle Programmmodule müssen beim Hochfahren der SPS/NC bereits in ausführbarer Form vorliegen. Die getrennte Ausführung der Programmmodule macht es darüber hinaus erforderlich, dass der Datenaustausch zwischen den Programmmodulen korrekt erfolgt und hierbei muss insbesondere zuverlässig garantiert werden, dass die verwendeten Datentypen miteinander kompatibel sind. Da die einzelnen Programmmodule vollständig voneinander getrennt sind, muss der Datenaustausch dabei zwingend über Schnittstellen erfolgen. Ferner ist zum gemeinsamen Verbinden der Programmmodule ein sogenannter Linker erforderlich, der die Programmmodule zu einem gemeinsamen Programm zusammensetzt. Dieser Linker sorgt dafür, dass, wenn ein Programmmodul ein anderes Programmmodul verwendet, die Adressen der Funktionen und Variablen des Moduls in Speicheradressen umgewandelt werden.

[0006] Trotz der Vorteile, die durch die Modularisierung des Steuerprogramms erzielt werden können, besteht weiterhin die Problematik, dass für die Durchführung von Änderungen, Modifikationen oder Updates an dem bestehenden Steuerprogramm oder an einzelnen Programmmodulen des Steuerprogramms das Steuerprogramm wenigstens für den Zeitraum, in dem die Änderung oder das Update in das bestehende Steuerprogramm eingepflegt wird, unterbrochen werden muss. Gleiches gilt für den Fall, dass ein neues Programmmodul beispielsweise als Erweiterung des Steuerprogramms in dieses eingepflegt beziehungsweise ein bestehendes Programmmodul

entfernt oder durch ein neues Programmmodul ersetzt werden soll. Eine Unterbrechung des Steuerprogramms bedeutet aber auch jedes Mal eine Unterbrechung der Steuerung und damit des Betriebs der Automatisierungsanlage.

[0007] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, einen Laufzeitserver zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme in einem Betriebssystem für eine Datenverarbeitungsanlage zur Steuerung einer Automatisierungsanlage bereitzustellen, der Änderungen und Modifikationen des Steuerprogramms in einem Online-Zustand der Automatisierungsanlage ermöglicht, in dem die Anlage durch das Steuerprogramm gesteuert wird, sodass Änderungen der Steuerprogramms vorgenommen werden können und gleichzeitig ein Betrieb der Automatisierungsanlage gewährleistet werden kann. Eine weitere Aufgabe ist es, ein Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zum Ausführen des Laufzeitserver und der Laufzeitsysteme bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe ist es, eine verbesserte Automatisierungsanlage bereitzustellen.

[0008] Die Aufgabe wird durch einen Laufzeitserver, ein Computerprogrammprodukt und eine Automatisierungsanlage gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Nach einem Aspekt der Erfindung wird ein Laufzeitserver zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme in einem Betriebssystem für eine Datenverarbeitungsanlage zum Steuern einer Automatisierungsanlage auf Basis eines Anlagensteuerprogramms bereitgestellt, wobei die Laufzeitsysteme zur Echtzeitausführung des Anlagensteuerprogramms ausgebildet sind, und wobei der Laufzeitserver umfasst:

wenigstens zwei Laufzeitsysteme zum Ausführen von Anwendungsmodulen des Anlagensteuerprogramms, wobei auf jedem Laufzeitsystem wenigstens ein Anwendungsmodul zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms installiert ist, wobei jedes Laufzeitsystem eine Datenübertragungsschnittstelle zur Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen und/oder zwischen Anwendungsmodulen aufweist, wobei jedes Laufzeitsystem eine I/O-Konfiguration aufweist, die eine Zuordnung zwischen wenigstens einer Variable der Anwendungsmodule der Laufzeitsysteme und wenigstens einer Hardwareadresse einer Hardwarekomponente einer zu steuernden Automatisierungsanlage definiert;

eine I/O-Schnittstelle zum Datenaustausch zwischen den wenigstens zwei Laufzeitsystemen und den Hardwarekomponenten der Automati-

sierungsanlage mit wenigstens einem I/O-Eingang und/oder I/O-Ausgang;
und

eine I/O-Mapping-Zwischenschicht, wobei in der I/O-Mapping-Zwischenschicht die I/O-Konfigurationen der wenigstens zwei Laufzeitsysteme abgebildet sind.

[0010] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass mittels des Laufzeitserver mehrere Laufzeitsysteme gleichzeitig betrieben werden können und auf diesen Laufzeitsystemen mehrere Anwendungsmodule des Anlagensteuerprogramms ausgeführt werden können, sodass bei einer vorzunehmenden Änderung, Modifikation oder bei einem durchzuführenden Update eines Anwendungsmoduls des Anlagensteuerprogramms das entsprechende Laufzeitsystem gestoppt werden kann, um die entsprechende Änderung bzw. das jeweilige Update durchzuführen, während Anwendungsmodule, die auf einem weiteren Laufzeitsystem betrieben werden, weiterhin ausführbar sind. Hierdurch wird erreicht, dass für eine Änderung, eine Modifikation oder ein Update einzelner Anwendungsmodule des Anlagensteuerprogramms nicht das vollständige Anlagensteuerprogramm beendet werden muss und somit die Automatisierungsanlage während der Durchführung der Änderungen, Modifikationen und Updates weiterbetrieben werden kann.

[0011] Auf dem Laufzeitserver kann eine Mehrzahl von Laufzeitsystemen unabhängig voneinander ausgeführt werden. Die Laufzeitsysteme sind ausgebildet, wenigstens ein Anwendungsmodul zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms auszuführen. Jedes Laufzeitsystem umfasst eine Datenübertragungsschnittstelle, mittels der eine Datenübertragung zwischen mehreren Laufzeitsystemen des Laufzeitserver ermöglicht ist.

[0012] Über die Datenübertragungsschnittstelle der Laufzeitsysteme ist darüber hinaus eine Datenübertragung zwischen einzelnen Anwendungsmodulen der Laufzeitsysteme ermöglicht. Eine Datenübertragung ist ebenfalls zwischen verschiedenen Anwendungsmodulen innerhalb eines Laufzeitsystems möglich. Darüber hinaus weist jedes Laufzeitsystem eine I/O-Konfiguration auf, in der eine eindeutige Zuordnung zwischen Variablen der auf dem jeweiligen Laufzeitsystem installierten Anwendungsmodule und Hardwarekomponenten der mittels des Anlagensteuerprogramms zu steuernden Automatisierungsanlage bestimmt ist.

[0013] Der Laufzeitserver weist ferner eine I/O-Schnittstelle auf, mittels welcher ein Datenaustausch zwischen den auf dem Laufzeitserver installierten Laufzeitsystemen und den Hardwarekomponenten der Automatisierungsanlage ermöglicht ist. Hierzu weist die I/O-Schnittstelle wenigstens einen I/O-Ein-

gang und/oder einen I/O-Ausgang auf, mittels welchem eine Verbindung der Hardwarekomponenten der Automatisierungsanlage und den jeweiligen Anwendungsmodulen der einzelnen Laufzeitsysteme erreicht wird.

[0014] Der Laufzeitserver weist ferner eine I/O-Mapping-Zwischenschicht auf, in der die I/O-Konfigurationen der auf dem Laufzeitserver installierten Laufzeitsysteme abgebildet sind. Die I/O-Mapping-Zwischenschicht weist somit alle I/O-Konfigurationen der zu einem Zeitpunkt auf dem Laufzeitserver installierten Laufzeitsysteme auf. Über die I/O-Mapping-Zwischenschicht ist eine eindeutige Zuordnung der einzelnen Variablen der auf den jeweiligen Laufzeitsystemen installierten Anwendungsmodulen und der jeweiligen Hardwarekomponenten der zu steuernden Automatisierungsanlage ermöglicht. Die I/O-Mapping-Zwischenschicht erlaubt ferner die Änderung, Modifikation oder das Durchführen eines Updates einzelner Anwendungsmodulen des Anlagensteuerprogramms bei gleichzeitigem Ausführen von weiteren Anwendungsmodulen des Anlagensteuerprogramms, die zu dem gegebenen Zeitpunkt nicht zu ändern oder zu modifizieren sind.

[0015] Zu einer Änderung, Modifikation oder zur Durchführung eines Updates eines Anwendungsmoduls des Anlagensteuerprogramms kann das zu ändernde Anwendungsmodul gestoppt werden, während die weiteren von dem zu ändernden Anwendungsmodul unabhängigen Anwendungsmodulen weiterhin betrieben und das Anlagensteuerprogramm somit zumindest teilweise weiter ausgeführt werden kann.

[0016] Zur Änderung eines Anwendungsmoduls kann dieses gestoppt und von dem jeweiligen Laufzeitsystem deinstalliert und eine entsprechende geänderte Version des Anwendungsmoduls auf diesem Laufzeitsystem neu installiert werden. Nach vollständiger Installation kann das geänderte Anwendungsmodul hochgefahren und somit in das weitere Anlagensteuerprogramm eingefügt werden, sofern die durchgeführte Änderung mit dem weiteren Anlagensteuerprogramm kompatibel ist. Alternativ kann das gesamte Laufzeitsystem, auf dem das zu ändernde Anwendungsmodul installiert ist, von dem Laufzeitserver entfernt werden und ein neues Laufzeitsystem, auf dem die geänderte Version des zu ändernden Anwendungsmoduls installiert ist, auf dem Laufzeitserver installiert werden und somit das entsprechende geänderte Anwendungsmodul in das Anlagensteuerprogramm eingefügt werden. Alternativ kann das zu ändernde Anwendungsmodul lediglich gestoppt und entsprechende Änderungen in dieses eingefügt und das somit geänderte Anwendungsmodul beim erneuten Hochfahren in das bestehende Anlagensteuerprogramm eingefügt werden.

[0017] Sieht eine Änderung des zu ändernden Anwendungsmoduls eine Änderung oder Modifikation der I/O-Konfiguration, sprich der Zuordnung der Variablen des Anwendungsmoduls und der Hardwarekomponenten der zu steuernden Automatisierungsanlage, vor, so wird bei erneuter Installation des geänderten Anwendungsmoduls in das bestehende Anlagensteuerprogramm die geänderte I/O-Konfiguration des jeweiligen Automatisierungssystems in die I/O-Mapping-Zwischenschicht des Laufzeitserver übernommen, sodass die I/O-Konfiguration des Laufzeitserver bezüglich der vorgenommenen Änderungen aktualisiert ist. Diese Aktualisierung der I/O-Konfiguration des Laufzeitserver durch das Abbilden der geänderten I/O-Konfiguration des geänderten Laufzeitsystems kann in Unabhängigkeit von den I/O-Konfigurationen der bestehenden und nicht geänderten Laufzeitsysteme bzw. Anwendungsmodulen vorgenommen werden, sodass die I/O-Konfigurationen der nicht geänderten Anwendungsmodulen bzw. Laufzeitsysteme durch Änderungen der I/O-Konfiguration eines geänderten Laufzeitsystems bzw. eines geänderten Anwendungsmoduls nicht betroffen sind.

[0018] Auf Basis der durch die Änderungen der geänderten Anwendungsmodulen nicht betroffenen I/O-Konfigurationen der nicht zu ändernden Anwendungsmodulen kann das Anlagensteuerprogramm während der vorgenommenen Änderungen der zu ändernden Anwendungsmodulen sowie während des Einbaus der geänderten Anwendungsmodulen störungsfrei ausgeführt werden. Auf ein Stoppen des Anlagensteuerprogramms und ein damit verbundenes Stilllegen der zu steuernden Automatisierungsanlage kann für das Durchführen einer Änderung, Modifikation oder eines Updates eines Anwendungsmoduls oder einer Mehrzahl von Anwendungsmodulen verzichtet werden.

[0019] Neben einer Änderung bzw. Modifikation eines bereits bestehenden in das Anlagensteuerprogramm eingepflegten Anwendungsmoduls kann darüber hinaus eine Erweiterung des Anlagensteuerprogramms durch das Hinzufügen eines neuen und bislang nicht in dem Anlagensteuerprogramm befindlichen Anwendungsmoduls vorgenommen werden. Hierzu kann das neu in das bestehende Anlagensteuerprogramm einzupflegende Anwendungsmodul auf einem neuen Laufzeitsystem installiert und das neue Laufzeitsystem in den Laufzeitserver eingebunden werden, sodass bei einem Hochfahren des neu installierten Anwendungsmoduls dieses in das bereits bestehende Anlagensteuerprogramm eingepflegt wird, vorausgesetzt, dass das neue Anwendungsmodul mit dem bestehenden Anlagensteuerprogramm kompatibel ist.

[0020] Die entsprechende I/O-Konfiguration des neu eingefügten Anwendungsmoduls kann in die I/O-Mapping-Zwischenschicht abgebildet und somit die

I/O-Konfiguration des Laufzeitserver in Bezug auf die Erweiterung des Anlagensteuerprogramms und das neu hinzugefügte Anwendungsmodul aktualisiert werden. Ein Stoppen des Anlagensteuerprogramms und ein damit verbundenes Stilllegen der zu steuernden Automatisierungsanlage ist somit für eine Erweiterung des bestehenden Anlagensteuerprogramms um weitere Anwendungsmodul ebenfalls nicht notwendig.

[0021] Analog können bereits bestehende Anwendungsmodul aus dem Anlagensteuerprogramm entfernt werden, ohne hierzu das Anlagensteuerprogramm stoppen und die zu steuernde Automatisierungsanlage stilllegen zu müssen, indem das zu entfernende Anwendungsmodul von dem jeweiligen Laufzeitsystem entfernt oder direkt das vollständige Laufzeitsystem mit dem darauf installierten Anwendungsmodul von dem Laufzeitserver entfernt wird. Die entsprechende Änderung der I/O-Konfiguration kann auf der I/O-Mapping-Zwischenschicht berücksichtigt werden, indem die jeweilige I/O-Konfiguration des entfernten Anwendungsmodul bzw. des entfernten Laufzeitsystems ebenfalls von den auf die I/O-Mapping-Zwischenschicht abgebildeten I/O-Konfigurationen der Laufzeitsysteme des Laufzeitserver entfernt wird.

[0022] Der Laufzeitserver sowie die Laufzeitsysteme sind zur Echtzeitausführung des Anlagensteuerprogramms ausgebildet, sodass eine echtzeitfähige Steuerung der Automatisierungsanlage ermöglicht ist. Durch den Laufzeitserver und die auf dem Laufzeitserver installierten Laufzeitsysteme, auf denen wiederum die einzelnen Anwendungsmodul des Anlagensteuerprogramms installiert sind und ausgeführt werden, ist eine echtzeitfähige und flexibel ausführbare Steuerung einer Automatisierungsanlage ermöglicht, bei der Änderungen und Modifikationen des jeweiligen Anlagensteuerprogramms in einem Online-Modus des Anlagensteuerprogramms, in dem das Anlagensteuerprogramm zumindest teilweise ausgeführt wird, durchführbar sind, sodass auf ein Stoppen des Anlagensteuerprogramms und ein Stilllegen der zu steuernden Automatisierungsanlage verzichtet werden kann.

[0023] Ein Laufzeitsystem ist vorliegend eine Laufzeitumgebung, auf der in einer Laufzeit ein Computerprogramm ausführbar ist. Die Laufzeitumgebung ist in ein Betriebssystem einer Datenverarbeitungsanlage einfügbar und gewährleistet eine Ausführungsumgebung für ein Computerprogramm, das von dem jeweiligen Betriebssystem nicht unterstützt wird.

[0024] Ein Anwendungsmodul ist vorliegend ein für sich eigenständiger Teil eines Anlagensteuerprogramms, mittels welchem eine Anwendung des Anlagensteuerprogramms ausführbar ist. Eine Anwen-

dung kann hierbei jeden Bereich des Anlagensteuerprogramms umfassen. Eine Anwendung kann beispielsweise das Ansteuern eines Aktors, das Auslesen eines Sensors oder die Verarbeitung von Messdaten bzw. das Darstellen von verarbeiteten Messdaten umfassen.

[0025] Eine Datenübertragung zwischen zwei Anwendungsmodul kann vorliegend das Schreiben bestimmter Daten in einen dafür vorbestimmten Speicherbereich durch ein erstes Anwendungsmodul und das Auslesen der durch das erste Anwendungsmodul in den Speicherbereich gespeicherten Daten durch ein zweites Anwendungsmodul umfassen.

[0026] Jedes Laufzeitsystem kann ein Verwaltungsmodul aufweisen, das die Anwendungsmodul auf der Grundlage der Steuerprogrammbeschreibung verwaltet. Mittels des Verwaltungsmodul können die Anwendungsmodul aus einem inaktiven Zustand, in dem die Anwendungsmodul nicht initialisiert und nicht in der Lage sind, Anwendungen auszuführen, in einen aktiven Zustand schalten, in dem die Anwendungsmodul die jeweiligen Anwendungen ausführen können. Die Anwendungsmodul können hierzu einen Initialisierungszustand aufweisen, in dem das Anwendungsmodul inaktiv ist und aus dem das Anwendungsmodul für eine zukünftige Ausführung aktiviert beziehungsweise in den das Anwendungsmodul nach beendeter Ausführung deaktiviert werden kann. Ferner kann jedes Anwendungsmodul einen Vorbetriebszustand aufweisen, in dem das Anwendungsmodul aktiviert ist jedoch noch keine Anwendungen ausführt. Im Vorbetriebszustand können dem Anwendungsmodul Ressourcen, insbesondere Prozessorzeit und Speicherplatz, zugeordnet werden. Darüber hinaus kann jedes Anwendungsmodul einen Prüfzustand aufweisen, in dem die Funktionalität und Kompatibilität des Anwendungsmodul mit dem Steuerprogramm überprüft werden kann, bevor das Anwendungsmodul ausgeführt wird. In einem Ausführungszustand ist das Anwendungsmodul befähigt, die entsprechenden Anwendungen auszuführen.

[0027] Die Anwendungsmodul können dabei ausgelegt sein, sich im Initialisierungszustand am Verwaltungsmodul mit einer individuellen Modulkenennung zur Aktivierung anzumelden oder zur Deaktivierung abzumelden. Ferner können die Anwendungsmodul über das Verwaltungsmodul beim Zustandsübergang vom Vorbetrieb zum Prüfbetrieb Kommunikationsverbindungen zu anderen Anwendungsmodul aufbauen und beim Zustandsübergang vom Prüfbetrieb zum Vorbetrieb Kommunikationsverbindungen wieder abbauen. Ferner können sich die Anwendungsmodul bei weiteren Anwendungsmodul beim Zustandsübergang vom Prüfbetrieb zum Ausführungszustand bei weiteren Anwendungsmodul anmelden und beim Zustandsübergang vom Ausführungszustand zum Prüfbetrieb abmelden. Durch das An-

melden kann eine Interaktion zwischen den Anwendungsmodulen erreicht werden.

[0028] Die Anwendungsmodule können somit zur Ausführung des Anlagensteuerprogramms im Laufzeitsystem dynamisch verwaltet werden. Die Anwendungsmodule können während der Laufzeit erzeugt, hochgefahren und ausgeführt bzw. wieder heruntergefahren und abgeschaltet werden. Die einzelnen Anwendungsmodule können ferner mit unterschiedlichen Werkzeugen bzw. unterschiedlichen Programmiersprachen erstellt werden. Die Anwendungsmodule arbeiten im selben Zeitkontext und verwenden einen gemeinsamen Speicherraum und gemeinsame Dateitypen, so dass ein Datenaustausch ohne zusätzliches Verlinken ermöglicht ist. Durch den standardisierten Aufbau sämtlicher Anwendungsmodule lassen sich im Laufzeitsystem außerdem auf einfache Weise Veränderungen und Anpassungen vornehmen.

[0029] Die Anwendungsmodule können beim Zustandsübergang von Initialisierung zum Vorbetrieb Ressourcen des Datenverarbeitungssystems belegen und beim Zustandsübergang vom Vorbetrieb zur Initialisierung belegte Ressourcen wieder freigeben. Ferner können sich die Anwendungsmodule beim Zustandsübergang vom Prüfbetrieb zum Echtzeitbetrieb Ressourcen von weiteren Anwendungsmodulen sichern und beim Zustandsübergang vom Echtzeitbetrieb zum Prüfbetrieb belegte Ressourcen der weiteren Anwendungsmodule zurückgeben. Durch diese Vorgehensweise kann ein zuverlässiger Betrieb der Laufzeitsysteme und eine effektive Ressourcenverwaltung erreicht werden.

[0030] Nach einer Ausführungsform ist den Laufzeitsystemen vom Laufzeitserver wenigstens jeweils ein Speicherbereich und/oder ein Prozessor und/oder eine Prozessorzeit der Datenverarbeitungsanlage zugeordnet.

[0031] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass die Laufzeitsysteme des Laufzeitserver unabhängig voneinander betreibbar sind. Indem jedem Laufzeitsystem des Laufzeitserver ein eigener Speicherbereich und/oder eine eigene Prozessorzeit bzw. ein eigener Prozessor oder Prozessorkern zugewiesen wird, sind die Anwendungsmodule der einzelnen Laufzeitsysteme ohne Beeinflussung durch jeweils andere Anwendungsmodule anderer Laufzeitsysteme ausführbar.

[0032] Werden in der Datenverarbeitungsanlage mehrere Prozessorkerne verwendet, so können einzelne Laufzeitsysteme auf verschiedenen Prozessorkernen ausgeführt werden, sodass verschiedene Anwendungsmodule gleichzeitig ausführbar sind. Durch die eigene Prozessorzeit bzw. den eigenen Prozessorkern oder Prozessor, die bzw. der jedem Laufzeit-

system des Laufzeitserver zugeordnet wird, können einzelne Laufzeitsysteme problemlos vom Laufzeitserver entfernt oder zu diesem hinzugefügt werden, ohne dass die Ausführung der Anwendungsmodule der weiteren Laufzeitsysteme hierdurch beeinträchtigt wird.

[0033] Nach einer Ausführungsform sind die Laufzeitsysteme instanziiert.

[0034] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass die Laufzeitsysteme des Laufzeitserver unabhängig voneinander betreibbar sind. Jedes einzelne Laufzeitsystem ist ein für sich eigenständiges Laufzeitsystem. Beispielsweise kann das Anlagensteuerprogramm vollständig auf einem einzigen Laufzeitsystem ausgeführt werden. Hierzu kann das einzige Laufzeitsystem alle Anwendungsmodule des Anlagensteuerprogramms umfassen und diese gemäß des Anlagensteuerprogramms ausführen. Die Installation weiterer Laufzeitsysteme ist hierfür nicht notwendig.

[0035] Alternativ kann eine Mehrzahl von voneinander unabhängigen Laufzeitsystemen auf dem Laufzeitserver installiert werden, sodass beispielsweise auf jedem Laufzeitsystem lediglich ein Anwendungsmodul des Anlagensteuerprogramms installiert ist. Über die Datenübertragungsschnittstellen der einzelnen Laufzeitsysteme ist eine Datenübertragung der einzelnen Anwendungsmodule untereinander ermöglicht, sodass das die Anwendungsmodule umfassende Anlagensteuerprogramm über die Mehrzahl von Laufzeitsystemen ausführbar ist.

[0036] Die Instanziierung der Laufzeitsysteme ermöglicht die Änderung der auf den Laufzeitsystemen installierten Anwendungsmodulen bzw. das Hinzufügen und Entfernen von Laufzeitsystemen zu und von dem Laufzeitserver, ohne dass eine Beeinträchtigung bzw. Beeinflussung anderer Laufzeitsysteme und der jeweiligen Anwendungsmodulen besteht.

[0037] Nach einer Ausführungsform sind die Anwendungsmodulen autark und voneinander unabhängig.

[0038] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass Anwendungsmodulen des Anlagensteuerprogramms geändert, entfernt oder hinzugefügt werden können, ohne dass andere Anwendungsmodulen des Anlagensteuerprogramms beeinträchtigt werden. Die einzelnen Anwendungsmodulen sind für sich abgeschlossene Untereinheiten des Anlagensteuerprogramms und können als abgeschlossene Einheiten geändert, modifiziert, hinzugefügt oder entfernt werden, ohne dass Anpassungen der anderen Anwendungsmodulen des Anlagensteuerprogramms durchgeführt werden müssen.

[0039] Hierdurch wird eine höhere Flexibilität des Anlagensteuerprogramms erreicht. Ferner können einzelne Anwendungsmodul unabhängig voneinander erstellt werden, wodurch eine höhere Programmier-effizienz erreicht werden kann. Darüber hinaus ist durch die Modularisierung des Anlagensteuerprogramms eine Fehleridentifikation erleichtert, indem eine Fehleranalyse auf einzelne Anwendungsmodul des Anlagensteuerprogramms begrenzt werden kann.

[0040] Nach einer Ausführungsform sind die Laufzeitsysteme in einem Echtzeit-Modus und/oder in einem Nichtechtzeit-Modus betreibbar.

[0041] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass ein Anwendungsbereich des Laufzeit-servers vergrößert werden kann. Indem die Laufzeitsysteme des Laufzeit-servers in einem Echtzeitmodus und/oder in einem Nichtechtzeitmodus betreibbar sind, können auf den jeweiligen Laufzeitsystemen echtzeitfähige bzw. nicht-echtzeitfähige Anwendungsmodul des Anlagensteuerprogramms ausgeführt werden. Hierdurch können durch das Anlagensteuerprogramm verschiedene Anwendungen ausgeführt werden, die unterschiedlichen Anforderungen an eine Echtzeitfähigkeit genügen.

[0042] Nach einer Ausführungsform umfasst der Laufzeit-server ferner wenigstens ein weiteres Laufzeitsystem, wobei auf dem weiteren Laufzeitsystem wenigstens ein weiteres Anwendungsmodul zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms installiert ist, wobei das weitere Laufzeitsystem eine Datenübertragungsschnittstelle zur Datenübertragung zwischen dem weiteren Laufzeitsystem und den Laufzeitsystemen und/oder zwischen dem weiteren Anwendungsmodul und den Anwendungsmodulen aufweist, und wobei das weitere Anwendungsmodul nicht echtzeitfähig ist und das weitere Laufzeitsystem in einem Nichtechtzeit-Modus betreibbar ist.

[0043] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass wiederum eine höhere Flexibilität des Laufzeit-servers erreicht wird. Durch die weiteren Laufzeitsysteme, auf denen weitere Anwendungsmodul installiert sind, können zusätzliche Anwendungen des Anlagensteuerprogramms ausgeführt werden. Die weiteren Laufzeitsysteme sind hierbei ausschließlich in einem Nichtechtzeitmodus betreibbar und die auf den weiteren Laufzeitsystemen installierten weiteren Anwendungsmodul sind ausschließlich zur Ausführung von Anwendungen des Anlagensteuerprogramms ausgebildet, für die eine Echtzeitfähigkeit nicht gefordert ist.

[0044] Derartige Anwendungen können beispielsweise die Auswertung von Messdaten oder die graphische Darstellung ausgewerteter Messdaten um-

fassen. Durch die Aufteilung der echtzeitfähigen Anwendung auf die echtzeitfähigen Laufzeitsysteme und der nicht-echtzeitfähigen Anwendung auf die nicht-echtzeitfähigen Laufzeitsysteme ist eine verbesserte Strukturierung des Laufzeit-servers und der darauf installierten echtzeitfähigen und nicht-echtzeitfähigen Laufzeitsysteme ermöglicht. Hierdurch wird wiederum eine einfachere Zuteilung von Speicherplatz bzw. Prozessorzeit oder Prozessorkernen der einzelnen Laufzeitsysteme des Laufzeit-servers erreicht.

[0045] Nach einer Ausführungsform stellt der Laufzeit-server eine Hierarchie unter den Laufzeitsystemen und/oder den weiteren Laufzeitsystemen her, in der eine Priorisierung von Laufzeitsystemen, die im Echtzeitmodus betrieben werden, gegenüber Laufzeitsystemen und/oder weiteren Laufzeitsystemen, die im Nichtechtzeitmodus betrieben werden, gewährleistet ist.

[0046] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass Anforderungen an echtzeitfähige Anwendungen erreicht werden können. Durch die Hierarchie unter den Laufzeitsystemen wird gewährleistet, dass Anwendungen, die der Einhaltung einer Echtzeitanforderung unterliegen, gegenüber Anwendungen, die Echtzeitanforderungen nicht unterliegen, vorrangig ausgeführt werden, sodass eine Ausführung von Echtzeitanwendungen nicht durch eine Ausführung von Nichtechtzeitanwendungen unterbrochen wird. Durch die Hierarchie innerhalb des Laufzeit-servers können somit Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit der jeweiligen Laufzeitsysteme erreicht werden.

[0047] Nach einer Ausführungsform umfasst der Laufzeit-server ferner einen Datenübertragungsrouten zur Verbindung mit den Datenübertragungsschnittstellen der Laufzeitsysteme und der weiteren Laufzeitsysteme, wobei über den Datenübertragungsrouten ein Datenaustausch zwischen Laufzeitsystemen und/oder weiteren Laufzeitsystemen und/oder zwischen Anwendungsmodulen und/oder weiteren Anwendungsmodulen ermöglicht ist.

[0048] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass eine schnelle, störungsrobuste und zuverlässige Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen des Laufzeit-servers und Anwendungsmodulen der Laufzeitsysteme erreicht wird. Ein Datenaustausch zwischen Laufzeitsystemen bzw. Anwendungsmodulen kann hierbei das Speichern von Daten in einen Speicherbereich durch ein erstes Laufzeitsystem bzw. Anwendungsmodul und das Einlesen der gespeicherten Daten durch ein zweites Laufzeitsystem bzw. Anwendungsmodul umfassen.

[0049] Ein Datenaustausch oder eine Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen und/oder Anwendungsmodulen kann eine Datenkommunikation zwi-

schen den Laufzeitsystemen und/oder Anwendungsmodulen umfassen. Eine Datenkommunikation umfasst neben der Übertragung von Daten eine Übertragung von Information mit einem Informationsgehalt, der von beiden Kommunikationspartnern verstanden wird.

[0050] Der Datenübertragungsrouten kann hierbei ein Skript bzw. ein Protokoll zum Schreiben von Daten in einen vorbestimmten Speicherbereich und zum Auslesen von in dem vorbestimmten Speicherbereich gespeicherten Daten umfassen. Der Datenübertragungsrouten kann eine Datenübertragung zwischen verschiedenen Laufzeitsystemen ermöglichen. Der Datenübertragungsrouten kann ferner eine Datenübertragung zwischen Anwendungsmodulen, die jeweils auf unterschiedlichen Laufzeitsystemen installiert sind, ermöglichen. Der Datenübertragungsrouten kann ferner eine Datenübertragung zwischen verschiedenen Anwendungsmodulen, die auf demselben Laufzeitsystem installiert sind, ermöglichen.

[0051] Nach einer Ausführungsform kann in einem Online-Zustand der Steuerung, in dem wenigstens ein Laufzeitsystem ausgeführt wird, wenigstens ein Laufzeitsystem hinzugefügt und/oder entfernt werden.

[0052] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass eine flexible Änderung bzw. Erweiterung oder Reduzierung des Anlagensteuerprogramms ermöglicht ist. Zum Erweitern des Anlagensteuerprogramms um weitere Anwendungen bzw. weitere Anwendungsmodulen können ein Laufzeitsystem bzw. eine Mehrzahl von Laufzeitsystemen, auf denen die jeweils zu erweiternden Anwendungsmodulen installiert sind, in den Server eingepflegt werden.

[0053] Die weiteren Laufzeitsysteme, die bereits auf dem Laufzeitserver installiert sind, können währenddessen weiterhin betrieben werden, sodass die auf diesen Laufzeitsystemen installierten Anwendungsmodulen weiter ausgeführt werden können und somit die Automatisierungsanlage über das Anlagensteuerprogramm weiterhin betreibbar ist. Nach Installation der zusätzlichen Laufzeitsysteme können die darauf installierten Anwendungsmodulen gestartet und in das bestehende Anlagensteuerprogramm eingefügt werden, sofern diese mit dem bestehenden Anlagensteuerprogramm kompatibel sind.

[0054] Die jeweiligen I/O-Konfigurationen der zusätzlichen Laufzeitsysteme können in die I/O-Mapping-Zwischenschicht des Laufzeitserver abgebildet werden, sodass die I/O-Konfiguration des Laufzeitserver, die der in der I/O-Mapping-Zwischenschicht abgebildeten I/O-Konfigurationen der jeweiligen Laufzeitsysteme des Laufzeitserver entspricht, den Änderungen gemäß aktualisiert werden kann.

[0055] Analog können ein bestehendes Laufzeitsystem bzw. eine Mehrzahl von bestehenden Laufzeitsystemen von dem Laufzeitserver entfernt werden, während gleichzeitig weitere Anwendungsmodulen, die auf weiteren Laufzeitsystemen des Laufzeitserver installiert sind, ausgeführt werden können und so die Automatisierungsanlage mittels des Anlagensteuerprogramms betrieben werden kann. Eine entsprechende Aktualisierung der I/O-Konfiguration des Laufzeitserver kann mittels einer entsprechenden Abbildung der I/O-Konfigurationen der einzelnen Laufzeitsysteme auf die I/O-Mapping-Zwischenschicht erreicht werden. Hierdurch ist eine hohe Flexibilität erreicht, indem Erweiterungen bzw. Reduzierungen des Anlagensteuerprogramms um zusätzliche oder bestehende Anwendungen des Anlagensteuerprogramms während gleichzeitiger Ausführung des Anlagensteuerprogramms ermöglicht werden.

[0056] Nach einer Ausführungsform wird jedes der Laufzeitsysteme auf einem eigenen Core oder auf mehreren Cores des Prozessors ausgeführt, wobei mehrere Laufzeitsysteme auf einem Core oder auf mehreren Cores ausgeführt werden.

[0057] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass die Laufzeitsysteme des Laufzeitserver von einander unabhängig betreibbar sind. Hierdurch kann ein hoher Grad an Flexibilität erreicht werden. Beispielsweise kann eine Mehrzahl von Laufzeitsystemen auf einem Prozessor ausgeführt werden. Hierdurch kann erreicht werden, dass der erfindungsgemäße Laufzeitserver auf einer Datenverarbeitungsanlage ausführbar ist, die lediglich einen Prozessor umfasst.

[0058] Darüber hinaus kann jedes Laufzeitsystem des Laufzeitserver auf einem eigenen Prozessor bzw. auf einem eigenen Prozessorkern ausgeführt werden. Hierdurch wird erreicht, dass Anwendungsmodulen unterschiedlicher Laufzeitsysteme gleichzeitig ausführbar sind. Ferner wird erreicht, dass eine Beeinflussung der Ausführung der Anwendungsmodulen einzelner Laufzeitsysteme durch die Ausführung der Anwendungsmodulen anderer Laufzeitsysteme unterbunden werden kann. Darüber hinaus können einzelne Laufzeitsysteme auf mehreren Prozessoren bzw. Prozessorkernen ausgeführt werden. Hierdurch kann wiederum ein erhöhter Grad an Flexibilität des Laufzeitserver erreicht werden.

[0059] Nach einer Ausführungsform ist der Laufzeitserver als eine Echtzeitumgebung in ein nicht-echtzeitfähiges Betriebssystem integrierbar und in diesem ausführbar.

[0060] Hierdurch wird der technische Vorteil erreicht, dass über den Laufzeitserver und die auf dem Laufzeitserver installierten Laufzeitsysteme Computerprogramme, insbesondere Anlagensteuerprogram-

me, die Echtzeitanforderungen genügen müssen, ausgeführt werden können. Dies kann insbesondere in einem nicht-echtzeitfähigen Betriebssystem, beispielsweise handelsüblichen Betriebssystemen für Personal Computer (PC) erreicht werden. Somit kann über den Laufzeitserver und die darauf installierten Laufzeitsysteme ein echtzeitfähiges Anlagensteuerprogramm innerhalb eines nicht-echtzeitfähigen Betriebssystems ausgeführt werden.

[0061] Nach einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogrammprodukt bereitgestellt, wobei das Computerprogrammprodukt Programmcodemittel zum Ausführen des Laufzeitservers und der Laufzeitsysteme aufweist, und wobei das Computerprogrammprodukt auf einer Datenverarbeitungsanlage abläuft.

[0062] Nach einer Ausführungsform ist das Computerprogrammprodukt auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium abgespeichert.

[0063] Nach einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine Automatisierungsanlage mit einer Datenverarbeitungsanlage zum Steuern der Automatisierungsanlage bereitgestellt, wobei die Datenverarbeitungsanlage mit wenigstens einem Laufzeitserver und wenigstens zwei Laufzeitsystemen eingerichtet ist und ausgebildet ist, ein auf den Laufzeitsystemen eingerichtetes Anlagensteuerprogramm auszuführen, um die Automatisierungsanlage zu steuern.

[0064] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Laufzeitservers gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Computerprogrammprodukts zum Ausführen des Laufzeitservers gemäß einer Ausführungsform; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Automatisierungsanlage mit einer Datenverarbeitungsanlage zum Ausführen des Laufzeitservers gemäß einer Ausführungsform.

[0065] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Laufzeitservers **100** gemäß einer Ausführungsform.

[0066] Gemäß der Ausführungsform in **Fig. 1** ist der Laufzeitserver **100** zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme **101** in einem Betriebssystem **103** für eine Datenverarbeitungsanlage zum Steuern einer Automatisierungsanlage **112** auf Basis eines Anlagensteuerprogramms ausgebildet. Die Laufzeitsysteme **101** sind zur Echtzeitausführung des Anlagensteuerprogramms ausgebildet. Der Laufzeitserver **100** umfasst:

wenigstens zwei Laufzeitsysteme **101** zum Ausführen von Anwendungsmodulen **105** des Anlagensteuerprogramms, wobei auf jedem Laufzeitsystem **101** wenigstens ein Anwendungsmodul **105** zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms installiert ist, wobei jedes Laufzeitsystem **101** eine Datenübertragungsschnittstelle **107** zur Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen **101** und/oder zwischen Anwendungsmodulen **105** aufweist, wobei jedes Laufzeitsystem **101** eine I/O-Konfiguration **109** aufweist, die eine Zuordnung zwischen wenigstens einer Variable der Anwendungsmodulen **105** der Laufzeitsysteme **101** und wenigstens einer Hardwareadresse einer Hardwarekomponente **113** einer zu steuernden Automatisierungsanlage **112** definiert, eine I/O-Schnittstelle **111** zum Datenaustausch zwischen den wenigstens zwei Laufzeitsystemen **101** und den Hardwarekomponenten **113** der Automatisierungsanlage **112** mit wenigstens einem I/O-Eingang **115** und/oder einem I/O-Ausgang **117**, und eine I/O-Mapping-Zwischenschicht **119**, wobei in der I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** die I/O-Konfigurationen **109** der wenigstens zwei Laufzeitsysteme **101** abgebildet sind.

[0067] In der Ausführungsform der **Fig. 1** ist der Laufzeitserver **100** in das Betriebssystem **103** eingebettet. Auf dem Laufzeitserver **100** sind fünf Laufzeitsysteme **101** installiert, auf denen jeweils zwei Anwendungsmodulen **105** installiert sind. Jedes der Laufzeitsysteme **101** weist eine Datenübertragungsschnittstelle **107** zur Datenübertragung und eine I/O-Konfiguration **109** auf. Jede I/O-Konfiguration **109** eines jeden Laufzeitsystems **101** stellt eine direkte Zuordnung von Variablen der jeweiligen auf dem Laufzeitsystem **101** installierten Anwendungsmodulen **105** und Hardwarekomponenten **113** der zu steuernden Automatisierungsanlage **112** auf.

[0068] Der Laufzeitserver **100** weist ferner die I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** auf. In die I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** ist jede I/O-Konfiguration **109** eines jeden Laufzeitsystems **101** abgebildet. Für die Ausführungsform in **Fig. 1** umfasst die I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** fünf Abbildungen der fünf I/O-Konfigurationen **109** der fünf Laufzeitsysteme **101**.

[0069] Die Anzahl der auf dem Laufzeitserver **100** installierten Laufzeitsysteme **101** kann von der in **Fig. 1** dargestellten Anzahl abweichen und kann einen beliebigen Wert annehmen. Der Laufzeitserver **100** kann beispielsweise mit lediglich einem installierten Laufzeitsystem **101** ausgeführt werden. Darüber hinaus ist die in **Fig. 1** dargestellte Anzahl von jeweils zwei Anwendungsmodulen **105** pro Laufzeitsystem **101** lediglich beispielhaft. So kann alternativ ein jedes Laufzeitsystem **101** eine beliebige Anzahl von Anwendungsmodulen **105** aufweisen oder ein jedes

Laufzeitsystem **101** lediglich ein Anwendungsmodul **105** umfassen.

[0070] Der Laufzeitserver **100** umfasst ferner fünf weitere Laufzeitsysteme **125**, auf denen jeweils zwei weitere Anwendungsmodule **106** installiert sind. Jedes der fünf weiteren Laufzeitsysteme **125** weist eine Datenübertragungsschnittstelle **107** auf. Die weiteren Laufzeitsysteme **125** werden in einem Nichtechtzeitmodus **127** betrieben und die weiteren Anwendungsmodule **106** umfassen Anwendungen, die Nichtechtzeitanforderungen genügen.

[0071] Gemäß der Ausführungsform in **Fig. 1** werden die fünf Laufzeitsysteme **101** in einem Echtzeitmodus **129** betrieben, und die auf den Laufzeitsystemen **101** installierten Anwendungsmodule **105** sind ausgebildet, Anwendungen gemäß einer Echtzeitanforderung auszuführen.

[0072] Gemäß der Ausführungsform in **Fig. 1** sind die Laufzeitsysteme **101**, die in einem Echtzeitmodus **129** betrieben werden, und die weiteren Laufzeitsysteme **125**, die in einem Nichtechtzeitmodus **127** betrieben werden, in einer entsprechenden Hierarchie angeordnet, die in **Fig. 1** durch die beiden gestrichelten Kästchen dargestellt ist. Die auf dem Laufzeitserver **100** definierte Hierarchie der Laufzeitsysteme **101** und der weiteren Laufzeitsysteme **125** gewährleistet eine echtzeitfähige Ausführung der Anwendungsmodule **105** der Laufzeitsysteme **101** und verhindert eine Interferenz der Ausführung der Anwendungsmodule **105** durch Ausführungen der weiteren Anwendungsmodule **106** der weiteren Laufzeitsysteme **125**, die in dem Nichtechtzeitmodus **127** betrieben werden.

[0073] Der Laufzeitserver **100** weist ferner einen Datenübertragungsrouter **121** auf, der mit den Datenübertragungsschnittstellen **107** der Laufzeitsysteme **101** und der weiteren Laufzeitsysteme **125** verbindbar ist und eine Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen **101** untereinander, zwischen Laufzeitsystemen **101** und weiteren Laufzeitsystemen **125** oder zwischen weiteren Laufzeitsystemen **125** untereinander ermöglicht. Eine Datenübertragung zwischen Anwendungsmodulen **105** und weiteren Anwendungsmodulen **106** ist ebenfalls über die Datenübertragungsschnittstelle **107** der jeweiligen Laufzeitsysteme **101** und weiteren Laufzeitsysteme **125** und dem Datenübertragungsrouter **121** ermöglicht.

[0074] In der Ausführungsform in **Fig. 1** ist der Datenübertragungsrouter **121** in zwei Stränge aufgeteilt, von denen der erste Strang **120** eine direkte Datenübertragung zwischen den weiteren Laufzeitsystemen **125** untereinander und der zweite Strang **122** eine direkte Datenübertragung zwischen den Laufzeitsystemen **101** untereinander ermöglicht. Durch die Aufteilung des Datenkommunikationsrouters in die

ersten und zweiten Stränge **120**, **122** wird die Hierarchie der Laufzeitsysteme **101** und weiteren Laufzeitsysteme **125** ermöglicht. Indem die Laufzeitsysteme **101** untereinander direkt über den zweiten Strang **122** des Datenkommunikationsrouters **121** Daten austauschen können. Kann hier eine Priorisierung gegenüber den weiteren Laufzeitsystemen erzielt und mögliche Kollisionen im Datenaustausch vermieden werden. Der Datenaustausch zwischen den Laufzeitsystemen **101** über den zweiten Strang **122** des Datenkommunikationsrouters **121** kann somit die Echtzeitbedingungen erfüllen.

[0075] Die weiteren Laufzeitsysteme **125** können indes störungsfrei und direkt untereinander über den ersten Strang **120** des Datenübertragungsrouters **121** Daten austauschen. Für die Datenübertragung zwischen den weiteren Laufzeitsystemen **125** über den ersten Strang **120** des Datenübertragungsrouters **121** werden keine Echtzeitbedingungen erfüllt.

[0076] Mit den Pfeilen zwischen den beiden Strängen des Datenübertragungsrouters **121** ist dargestellt, dass über die beiden Stränge **120**, **122** des Datenübertragungsrouters **121** zusätzlich eine Datenübertragung zwischen den Laufzeitsystemen **101** und den weiteren Laufzeitsystemen **125** ermöglicht ist.

[0077] Darüber hinaus weist der Laufzeitserver **100** eine Kommunikationsschnittstelle **133** auf, die eine Verbindung zwischen dem Datenübertragungsrouter **121** und dem Betriebssystem **103** ermöglicht. Mittels der Kommunikationsschnittstelle **133** ist eine Datenübertragung zwischen dem Laufzeitserver **100** und dem Betriebssystem **103**, in das der Laufzeitserver **100** eingebettet ist, ermöglicht.

[0078] In der Ausführungsform in **Fig. 1** ist die Kommunikationsschnittstelle **133** sowohl mit dem ersten Strang **120** des Datenkommunikationsrouters **121** als auch mit dem zweiten Strang **122** des Datenkommunikationsrouters **121** verbunden. Somit kann wiederum auch für die Datenübertragung zwischen den Laufzeitsystemen **101** und den weiteren Laufzeitsystemen **125** und dem Betriebssystem **103** eine hierarchisch geordnete Übertragung von Daten erzielt werden, indem Daten zwischen den Laufzeitsystemen **101** und dem Betriebssystem **103** über den zweiten Strang **122** des Datenkommunikationsrouters **121** und Daten zwischen den weiteren Laufzeitsystemen **125** und dem Betriebssystem **103** über den ersten Strang **120** des Datenkommunikationsrouters **121** übertragen werden können.

[0079] Der Laufzeitserver **100** umfasst ferner eine I/O-Schnittstelle **111** mit einer Mehrzahl von I/O-Eingängen **115** und I/O-Ausgängen **117**. Die I/O-Ausgänge **117** und die I/O-Eingänge **115** ermöglichen eine Verbindung zwischen den Hardwarekomponen-

ten **113** der Automatisierungsanlage **112** und den Anwendungsmodulen **105** der Laufzeitsysteme **101**. Mittels der I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** ist eine eindeutige Zuordnung zwischen Variablen der Anwendungsmodulen **105** und den Hardwarekomponenten **113** der Automatisierungsanlage **112** ermöglicht. Die Anzahl der I/O-Eingänge **115** und der I/O-Ausgänge **117** in der Ausführungsform in **Fig. 1** ist lediglich beispielhaft und kann gemäß der zu steuernden Automatisierungsanlage **112** variieren.

[0080] Gemäß der Ausführungsform in **Fig. 1** umfasst die Automatisierungsanlage **112** eine Mehrzahl von Hardwarekomponenten **113**. Die Hardwarekomponenten **113** können beispielsweise Feldbusklemmen oder Sensoren oder Aktoren einer Automatisierungsanlage umfassen. Die Hardwarekomponenten **113** sind jeweils über einen Datenbus **131** mit einem Busmaster **123** verbunden. Der Datenbus **131** kann mittels eines gängigen Feldbusprotokolls betrieben werden. Die Busmaster **123** sind jeweils mit einem I/O-Eingang **115** der I/O-Schnittstelle **111** mit dem Laufzeitserver **100** verbunden. Über eine Ausführung der auf den Laufzeitsystemen **101** installierten Anwendungsmodulen **105** kann eine Steuerung der Hardwarekomponenten **113** der Automatisierungsanlage **112** bewirkt werden. Die Busmaster **123** können hierbei eine Datenübertragung zwischen der Steuerung der Automatisierungsanlage **112** und den jeweiligen Hardwarekomponenten **113** bewirken.

[0081] Die Ausgestaltung der Ausführungsform in **Fig. 1** mit jeweils drei Busmastern **123** und insgesamt fünf Hardwarekomponenten **113** ist lediglich beispielhaft und die vorliegende Erfindung soll nicht hierauf beschränkt werden.

[0082] Die Anwendungsmodulen **105** der Laufzeitsysteme **101**, die im Echtzeitmodus **129** betrieben werden, dienen zur Ausführung von Anwendungen des Anlagensteuerprogramms, die Echtzeitanforderungen genügen müssen. Diese können beispielsweise das Ansteuern von Aktoren der Automatisierungsanlage **112** oder das Auslesen von Sensoren der Automatisierungsanlage **112** umfassen. Die weiteren Anwendungsmodulen **106** der weiteren Laufzeitsysteme **125**, die im Nichtechtzeitmodus **127** betrieben werden, dienen hingegen zur Ausführung von Anwendungen des Anlagensteuerprogramms, die keinen Echtzeitanforderungen genügen müssen. Diese Anwendungen können beispielsweise eine Auswertung von Messdaten, eine graphische Darstellung von ausgewerteten Messdaten oder ähnliche Anwendungen umfassen, die für eine echtzeitfähige Steuerung der Automatisierungsanlage **112** eine untergeordnete Priorität haben.

[0083] Gemäß der Ausführungsform in **Fig. 1** sind die Laufzeitsysteme **101** instanziiert und sind von anderen Laufzeitsystemen **101** vollständig unabhängig

betreibbar. Die auf den Laufzeitsystemen **101** installierten Anwendungsmodulen **105** sind eigenständige Einheiten des Anlagensteuerprogramms und sind unabhängig voneinander ausführbar. Die weiteren Laufzeitsysteme **125** sind ebenfalls instanziiert und stellen eigenständig betreibbare Einheiten dar, die unabhängig von den anderen Laufzeitsystemen **101** und/oder anderen weiteren Laufzeitsystemen **125** betreibbar sind. Die weiteren Anwendungsmodulen **106** sind ebenfalls eigenständige Einheiten des Anlagensteuerprogramms und können unabhängig voneinander ausgeführt werden.

[0084] Gemäß der Ausführungsform in **Fig. 1** können Laufzeitsysteme **101** und/oder weitere Laufzeitsysteme **125** zu den bereits auf dem Laufzeitserver **100** installierten Laufzeitsystemen **101** und/oder den weiteren Laufzeitsystemen **125** hinzugefügt werden. Ebenfalls können Laufzeitsysteme **101** und/oder weitere Laufzeitsysteme **125** von dem Laufzeitserver **100** entfernt werden. Die übrigen Laufzeitsysteme **101** und/oder die übrigen weiteren Laufzeitsysteme **125** können während des Hinzufügens oder Entfernens von Laufzeitsystemen **101** und/oder weiteren Laufzeitsystemen **125** weiterbetrieben und die darauf installierten Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwendungsmodulen **106** weiter ausgeführt werden, sodass die Automatisierungsanlage **112** über das Anlagensteuerprogramm weiterhin betrieben werden kann.

[0085] Darüber hinaus können die auf den Laufzeitsystemen **101** installierten Anwendungsmodulen **105** und/oder die auf den weiteren Laufzeitsystemen **125** installierten weiteren Anwendungsmodulen **106** verändert und/oder modifiziert werden. Die nicht zu verändernden oder modifizierenden Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwendungsmodulen **106** können während der Änderung von zu ändernden Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwendungsmodulen **106** weiterhin ausgeführt werden.

[0086] Zur Änderung der zu ändernden Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwendungsmodulen **106** können diese gestoppt und die entsprechenden Änderungen eingepflegt werden. Bei dem erneuten Hochfahren der geänderten Anwendungsmodulen **105** und/oder geänderten weiteren Anwendungsmodulen **106** können diese in das bestehende Anlagensteuerprogramm eingepflegt werden. Alternativ können die zu ändernden Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwendungsmodulen **106** von den jeweiligen Laufzeitsystemen **101** und/oder weiteren Laufzeitsystemen **125** deinstalliert werden und eine geänderte Version der zu ändernden Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwendungsmodulen **106** auf die jeweiligen Laufzeitsysteme **101** und/oder weiteren Laufzeitsysteme **125** installiert werden. Bei einem Hochfahren der geänderten Anwendungsmodulen **105** und/oder weiteren Anwen-

dungsmodul **106** können diese in das bestehende Anlagensteuerprogramm eingepflegt werden.

[0087] Bei einer Änderung der Anwendungsmodul **105** der Laufzeitsysteme **101**, die eine Änderung der I/O-Konfigurationen **109** der jeweiligen Laufzeitsysteme **101** umfasst, können die jeweiligen Änderungen der I/O-Konfigurationen **109** mittels einer Abbildung der geänderten I/O-Konfigurationen **109** auf die I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** berücksichtigt werden. Mittels der I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** ist eine eindeutige Zuordnung der Variablen der einzelnen Anwendungsmodul **105** der Laufzeitsysteme **101** zu den Hardwarekomponenten **113** der zu steuernden Automatisierungsanlage **112** für den Laufzeitserver **100** gewährleistet.

[0088] Der Laufzeitserver **100** weist somit mit der I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** eine variierbare I/O-Konfiguration auf, die bei laufender Ausführung des Anlagensteuerprogramms veränderbar ist. Die I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** umfasst alle Abbildungen der I/O-Konfigurationen **109** der auf dem Laufzeitserver **100** installierten Laufzeitsysteme **101**. Einzelne I/O-Konfigurationen **109** einzelner Laufzeitsysteme **101** können hierbei verändert und die entsprechenden Abbildungen der geänderten I/O-Konfigurationen **109** auf die I/O-Mapping-Zwischenschicht **119** abgebildet werden, während andere Laufzeitsysteme **101** und die darauf installierten Anwendungsmodul **105** weiter ausgeführt werden.

[0089] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Computerprogrammprodukts **200** zum Ausführen des Laufzeitserver **100** gemäß einer Ausführungsform.

[0090] In der Ausführungsform in Fig. 2 ist das Computerprogramm **200** auf einem Aufzeichnungsmedium **201** angeordnet.

[0091] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Automatisierungsanlage **112** mit einer Datenverarbeitungsanlage **114** zum Ausführen des Laufzeitserver **100** gemäß einer Ausführungsform.

[0092] In der Ausführungsform in Fig. 3 umfasst die Automatisierungsanlage **112** eine Datenverarbeitungsanlage **114** und eine Mehrzahl von Hardwarekomponenten **113**, die über einen Datenbus **131** mit der Datenverarbeitungsanlage **112** verbunden sind.

[0093] Auf der Datenverarbeitungsanlage **114** ist eine Betriebssystem **103** zum Ausführen der Datenverarbeitungsanlage **114** eingerichtet. Auf dem Betriebssystem **103** ist eine Laufzeitserver **100** zum Ausführen eines Anlagensteuerungsprogramms zum Steuern der Automatisierungsanlage ausgebildet.

[0094] Der Laufzeitserver **100** wie auch das Betriebssystem **103**, die Hardwarekomponenten **113** und der Datenbus **131** weisen die zu Fig. 1 angeführten Merkmale auf.

Bezugszeichenliste

100	Laufzeitserver
101	Laufzeitsystem
103	Betriebssystem
105	Anwendungsmodul
106	weiteres Anwendungsmodul
107	Datenübertragungsschnittstelle
109	I/O-Konfiguration
111	I/O-Schnittstelle
112	Automatisierungsanlage
113	Hardwarekomponente
114	Datenverarbeitungsanlage
115	I/O-Eingang
117	I/O-Ausgang
119	I/O-Mapping-Zwischenschicht
120	erster Strang
121	Datenübertragungsrouten
122	zweiter Strang
123	Busmaster
125	weiteres Laufzeitsystem
127	Nicht-Echtzeitmodus
129	Echtzeitmodus
131	Datenbus
133	Kommunikationsschnittstelle
200	Computerprogrammprodukt
201	Aufzeichnungsmedium

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2341405 B1 [0002]

Patentansprüche

1. Laufzeitserver (100) zum gleichzeitigen Ausführen mehrerer Laufzeitsysteme (101) in einem Betriebssystem (103) für eine Datenverarbeitungsanlage zum Steuern einer Automatisierungsanlage (112) auf Basis eines Anlagensteuerprogramms, wobei die Laufzeitsysteme (101) zur Echtzeitausführung des Anlagensteuerprogramms ausgebildet sind, umfassend:

wenigstens zwei Laufzeitsysteme (101) zum Ausführen von Anwendungsmodulen (105) des Anlagensteuerprogramms, wobei auf jedem Laufzeitsystem (101) wenigstens ein Anwendungsmodul (105) zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms installiert ist, wobei jedes Laufzeitsystem (101) eine Datenübertragungsschnittstelle (107) zur Datenübertragung zwischen Laufzeitsystemen (101) und/oder zwischen Anwendungsmodulen (105) aufweist, wobei jedes Laufzeitsystem (101) eine I/O-Konfiguration (109) aufweist, die eine Zuordnung zwischen wenigstens einer Variable der Anwendungsmodulen (105) der Laufzeitsysteme (101) und wenigstens einer Hardwareadresse einer Hardwarekomponente (113) einer zu steuernden Automatisierungsanlage (112) definiert;

eine I/O-Schnittstelle (111) zum Datenaustausch zwischen den wenigstens zwei Laufzeitsystemen (101) und den Hardwarekomponenten (113) der Automatisierungsanlage (112) mit wenigstens einem I/O-Eingang (115) und/oder I/O-Ausgang (117); und eine I/O-Mapping-Zwischenschicht (119), wobei in der I/O-Mapping-Zwischenschicht (119) die I/O-Konfigurationen (109) der wenigstens zwei Laufzeitsysteme (101) abgebildet sind.

2. Laufzeitserver (100) nach Anspruch 1, wobei den Laufzeitsystemen (101) vom Laufzeitserver (100) wenigstens jeweils ein Speicherbereich und/oder ein Prozessor und/oder eine Prozessorzeit der Datenverarbeitungsanlage zugeordnet ist.

3. Laufzeitserver (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Laufzeitsysteme (101) instanziiert sind.

4. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Anwendungsmodulen (105) autark und voneinander unabhängig sind.

5. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Laufzeitsysteme (101) in einem Echtzeit-Modus (129) und/oder in einem Nichtechtzeit-Modus (127) betreibbar sind.

6. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, ferner umfassend wenigstens ein weiteres Laufzeitsystem (125), wobei auf dem weiteren Laufzeitsystem (125) wenigstens ein weiteres Anwendungsmodul (106) zur Ausführung einer Anwendung des Anlagensteuerprogramms installiert ist,

wobei das weitere Laufzeitsystem (125) eine Datenübertragungsschnittstelle (107) zur Datenübertragung zwischen dem weiteren Laufzeitsystem (125) und den Laufzeitsystemen (101) und/oder zwischen dem weiteren Anwendungsmodul (106) und den Anwendungsmodulen (105) aufweist, und wobei das weitere Anwendungsmodul (106) nicht echtzeitfähig ist und das weitere Laufzeitsystem (125) in einem Nichtechtzeit-Modus (127) betreibbar ist.

7. Laufzeitserver (100) nach Anspruch 6, wobei der Laufzeitserver (100) eine Hierarchie unter den Laufzeitsystemen (101) und/oder den weiteren Laufzeitsystemen (125) herstellt, in der eine Priorisierung von Laufzeitsystemen (101), die im Echtzeitmodus (129) betrieben werden, gegenüber Laufzeitsystemen (101) und/oder weiteren Laufzeitsystemen (125), die im Nichtechtzeitmodus (127) betrieben werden, gewährleistet ist.

8. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Datenübertragungsrouten (121) zur Verbindung mit den Datenübertragungsschnittstellen (107) der Laufzeitsysteme (101) und der weiteren Laufzeitsysteme (125), wobei über den Datenübertragungsrouten (121) ein Datenaustausch zwischen Laufzeitsystemen (101) und/oder weiteren Laufzeitsystemen (125) und/oder zwischen Anwendungsmodulen (105) und/oder weiteren Anwendungsmodulen (106) ermöglicht ist.

9. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei in einem Online-Zustand der Steuerung, in dem wenigstens ein Laufzeitsystem (101) ausgeführt wird, wenigstens ein Laufzeitsystem (101) hinzugefügt und/oder entfernt werden kann.

10. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei jedes der Laufzeitsysteme (101) auf einem eigenen Core oder auf mehreren Cores des Prozessors ausgeführt wird, und wobei mehrere Laufzeitsysteme (101) auf einem Core oder auf mehreren Cores ausgeführt werden.

11. Laufzeitserver (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Laufzeitserver (100) als eine Echtzeitumgebung in ein nicht-echtzeitfähiges Betriebssystem integrierbar und in diesem ausführbar ist.

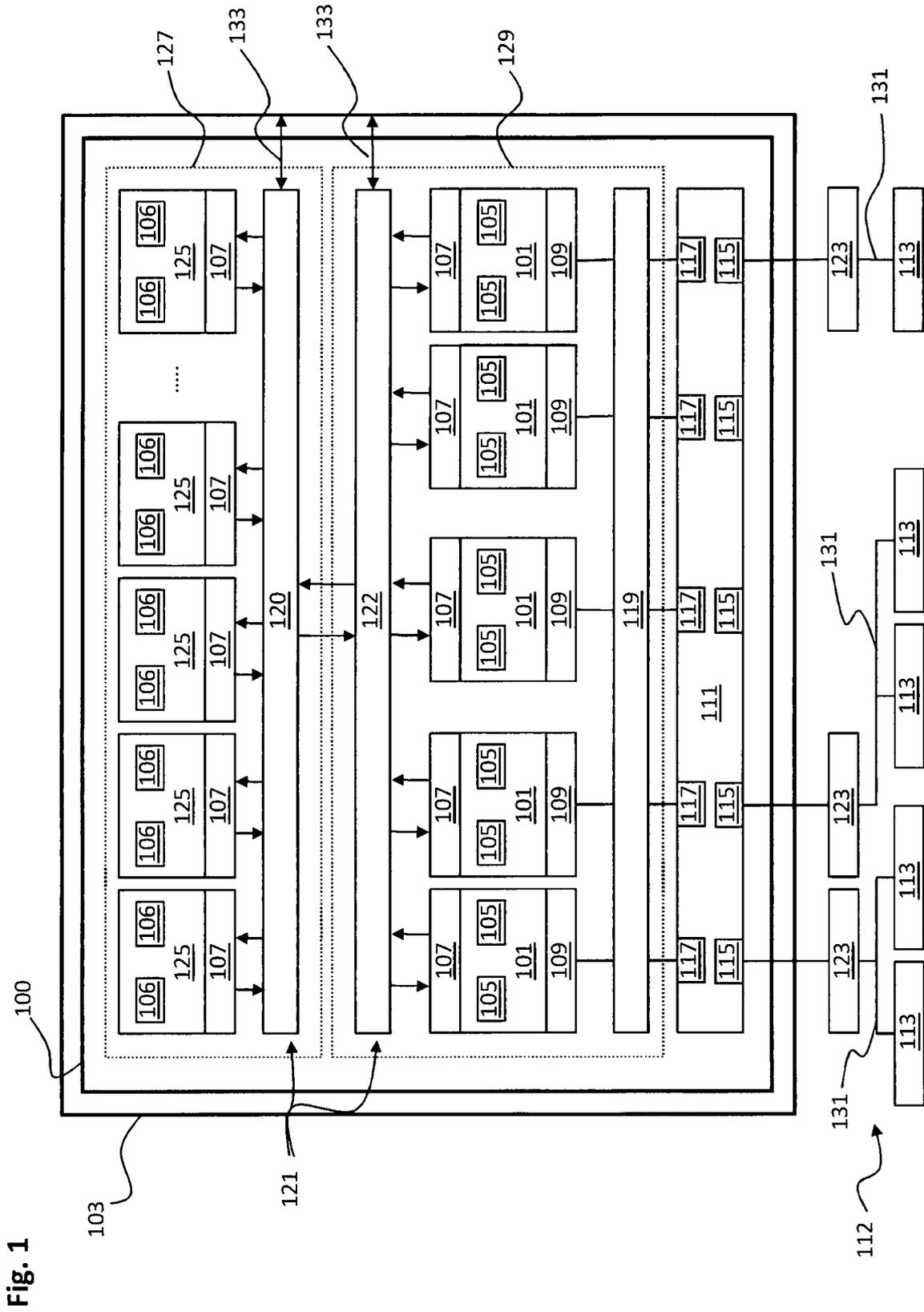
12. Computerprogrammprodukt (200) mit Programmcodemitteln zum Ausführen des Laufzeitserver (100) und der Laufzeitsysteme (101) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wenn das Computerprogrammprodukt (200) auf einer Datenverarbeitungsanlage abläuft.

13. Computerprogrammprodukt (200) nach Anspruch 12, wenn es auf einem computerlesbaren Aufzeichnungsmedium (201) abgespeichert ist.

14. Automatisierungsanlage (112) mit einer Datenverarbeitungsanlage (114) zum Steuern der Automatisierungsanlage (112), wobei die Datenverarbeitungsanlage (114) mit wenigstens einem Laufzeitserver (100) und wenigstens zwei Laufzeitsystemen (101) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 eingerichtet ist und ausgebildet ist, ein auf den Laufzeitsystemen (101) eingerichtetes Anlagensteuerprogramm auszuführen, um die Automatisierungsanlage (112) zu steuern.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



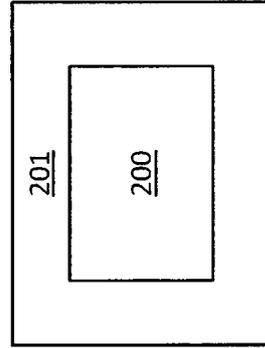


Fig. 2

Fig. 3

