

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Dezember 2011 (15.12.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/154020 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/05 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/003482
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juni 2010 (10.06.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
PCT/EP2010/003468 9. Juni 2010 (09.06.2010) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacher Platz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ENGEL, Michael [DE/DE]; Frankfurter Str. 2, 15848 Beeskow (DE). HEUSER, Frederik [DE/DE]; Fleurystrasse 18, 92224 Amberg (DE). SCHLERETH, Michael [DE/DE]; Feld-am-Seering 29, 91452 Wilhermsdorf (DE). WINTER, Robert [DE/DE]; Windbergstrasse 34, 92355 Velburg (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

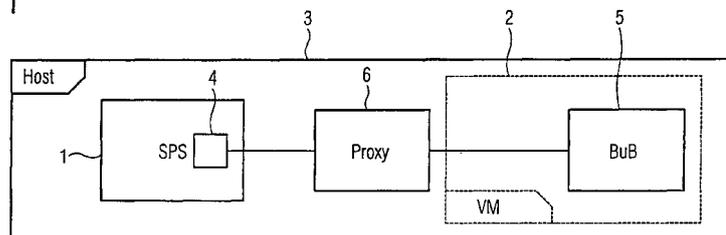
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: COMPUTATION APPARATUS WITH COORDINATION OF THE ACCESS TO AN INTERNAL MEMORY AND OPERATING METHOD

(54) Bezeichnung : RECHENVORRICHTUNG MIT KOORDINATION DES ZUGRIFFS AUF EINEN INTERNEN SPEICHER UND BETRIEBSVERFAHREN

FIG 1



(57) Abstract: A PLC (programmable logic controller; 1) with changing memory access times is intended to interact with a subordinate system (2), in particular a discontinuous virtualized system. A computation apparatus, in which a programmable logic controller (1) is implemented and in which a system (2) that is subordinate to the programmable logic controller (1) in terms of a memory access operation is implemented, is therefore provided. A memory (4) to which a component of the programmable logic controller (1) has access is integrated in the programmable logic controller (1). Also implemented in the computation apparatus is a proxy device (6) which coordinates access to the memory (4) of the programmable logic controller (1) by the subordinate system (2) in such a manner that simultaneous access by the component of the programmable logic controller (1) has priority over access by the subordinate system (2). A predefined cycle time of the programmable logic controller (1) can therefore always be complied with.

(57) Zusammenfassung: Eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung; 1) mit wechselnden Speicherzugriffszeiten soll mit einem nachrangigen, insbesondere diskontinuierlich ausgeführten virtualisierten System 2 interagieren.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/154020 A1



Daher wird eine Rechenvorrichtung, in der eine speicherprogrammierbare Steuerung (1) implementiert ist, und in der ein gegenüber der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) im Hinblick auf einen Speicherzugriff nachrangiges System (2) implementiert ist, bereitgestellt. In die speicherprogrammierbare Steuerung (1) ist ein Speicher (4) integriert, auf den eine Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) Zugriff hat. Weiterhin ist in die Rechenvorrichtung eine Proxyeinrichtung (6) implementiert, die einen Zugriff des nachrangigen Systems (2) auf den Speicher (4) der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) derart koordiniert, dass ein gleichzeitiger Zugriff der Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) Vorrang hat vor dem Zugriff des nachrangigen Systems (2). Damit kann eine vorgegebene Zykluszeit der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) stets eingehalten werden.

Beschreibung

Rechenvorrichtung mit Koordination des Zugriffs auf einen internen Speicher und Betriebsverfahren

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rechenvorrichtung, in der eine speicherprogrammierbare Steuerung implementiert ist, und in der ein gegenüber der speicherprogrammierbaren Steuerung im Hinblick auf einen Speicherzugriff nachrangiges System implementiert ist, wobei in die speicherprogrammierbare Steuerung ein Speicher integriert ist, auf den eine Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung Zugriff hat. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Rechenvorrichtung.

15

Vor über 10 Jahren hat die Virtualisierung von System in der Informationstechnologie Einzug gehalten. Mit ihrer zunehmenden Verbreitung ist die Virtualisierung im Allgemeinen und die Echtzeitvirtualisierung im speziellen auch in der Automatisierung zu finden. Allerdings ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Echtzeitsystemen und Virtualisierungslösungen verschiedene Probleme. Zum einen unterscheidet sich die Erwartungshaltung bezüglich der Zeit. Wo ein Echtzeitsystem eine sehr präzise Ausführung erwartet, ist bei einem virtualisierten System durchaus der Verzicht auf mehrere Sekunden Rechenzeit möglich. Dies bedingt eine asynchrone Ausführung beider Systeme. Zum anderen treten Probleme zutage, sobald gemeinsame Daten sowohl durch das Echtzeitsystem als auch die virtuellen Maschinen zu nutzen sind, was besonders dann gegeben ist, wenn in der virtuellen Maschine (VM) eine Schnittstelle für das Bedienen und Beobachten (BuB) des Echtzeitsystems beschrieben wird. Allerdings ist die Kombination einer Echtzeitsteuerung und eines virtuellen Systems mit BuB-Komponenten wünschenswert, da so beide Systeme voneinander getrennt betrieben werden können. Beispielsweise hat so eine Änderung des Echtzeitsystems nur insofern eine Auswirkung auf das BuB, als dass ein geeigneter Hypervisor (Abstraktionsschicht) umzusetzen ist. Durch die Abstraktion ist es mög-

lich, kundenspezifische BuB-Komponenten (z. B. Bedienkonsole, Touchscreen) unverändert weiter verwenden zu können. Andererseits wirken sich Programmfehler im BuB-System, die zur Beeinträchtigung des zugrundeliegenden Betriebssystems führen, nicht auf das Echtzeitsystem aus, wodurch zusätzliche Stabilität gewonnen ist. Schließlich bleiben die zeitlichen Aspekte jedoch als offenes Problem, die eine Kommunikation der Systeme erschweren.

10 Ähnliche Probleme bestehen bei der Kopplung von BuB-Systemen und Steuerungen, wobei hier der Vorteil besteht, dass diese Systeme meist auf getrennten Rechnern betrieben werden. Daher wäre am ehesten ein System bestehend aus Steuerung und BuB auf einem System mit der oben genannten Anordnung vergleichbar. Dennoch besteht bei der Kombination von Steuerung und 15 BuB der Vorteil, dass hier keine verschiedenen Zeitbasen Verwendung finden und auf dem gleichen Betriebssystem aufgesetzt wird. Daher lag das oben geschilderte Problem bislang nicht vor. Dies begründet sich in der erst beginnenden Verbreitung der Virtualisierung in der Automatisierungswelt, mit der vor 20 allem bisher ungenutzte Prozessorzeiten vermieden werden. Allerdings sind gemeinsame und eventuell konkurrierende Datenzugriffe im Zusammenhang mit Echtzeitsystemen ein bekanntes Problem. Dies ist zu beheben durch die Verwendung von Synchronisationsmechanismen (Semaphoren, Mutex) oder aber der 25 Zuweisung exklusiver Zugriffszeiten bei taktsynchronen Systemen. Diese Verfahren sind grundsätzlich auch weiterhin verwendbar, werfen jedoch bisher ungeklärte Probleme auf, wenn eine SPS (speicherprogrammierbare Steuerung) mit einer virtuellen Maschine zusammenarbeitet, diese Probleme begründen 30 sich darauf, dass die SPS nicht mit konstanten Zykluszeiten arbeitet und sich so die Speicherzugriffe der SPS einer Vorhersage entziehen. Synchronisationsmechanismen hingegen führen unter ungünstigen Voraussetzungen zu nicht auflösbaren konkurrierenden Zugriffen und damit zu Verletzungen harter 35 Echtzeitanforderungen. Weiterhin erschwert die Verwendung von unabhängigen Betriebssystemen die Verwendung von Synchronisa-

tionsmechanismen. Daher erfordert ein solcher Ansatz ein alternatives Verfahren.

5 Darüber hinaus sind virtuelle Maschinen nicht permanent verfügbar, da auf einem Prozessor auch andere Prozesse ausgeführt werden. Dies bedeutet im Detail, dass in unregelmäßigen Abständen die virtuelle Maschine gestoppt wird, um privilegierte Befehle auszuführen oder aber um die damit frei werdende Rechnerzeit für anderweitige Aufgaben (z. B. Host-
10 Anwendungen) zu nutzen. Dies stellt im allgemeinen IT-Umfeld (Informationstechnologie) kein Problem dar, da hier keine definierten Antwortzeiten zu erwarten sind.

15 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, für eine SPS mit wechselnden Speicherzugriffszeiten und einem nachrangigen System, z. B. einem diskontinuierlich ausgeführtem virtualisierten System, eine gemeinsame Speichernutzung zu ermöglichen.

20 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Rechenvorrichtung in der eine speicherprogrammierbare Steuerung implementiert ist, und in der ein gegenüber der speicherprogrammierbaren Steuerung im Hinblick auf einen Speicherzugriff nachrangiges System implementiert ist, wobei in die speicher-
25 programmierbare Steuerung ein Speicher integriert ist, auf den eine Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung Zugriff hat, und wobei in der Rechenvorrichtung eine Proxyeinrichtung implementiert ist, die einen Zugriff des nachrangigen Systems auf den Speicher der speicherprogrammierbaren
30 Steuerung derart koordiniert, dass ein gleichzeitiger Zugriff der Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung Vorrang hat vor dem Zugriff des nachrangigen Systems.

35 Darüber hinaus wird erfindungsgemäß bereitgestellt ein Verfahren zum Betreiben einer obigen Rechenvorrichtung, wobei ein Zugriff des nachrangigen Systems auf den Speicher der speicherprogrammierbaren Steuerung derart koordiniert wird, dass ein gleichzeitiger Zugriff der Komponente der speicher-

programmierbaren Steuerung Vorrang hat vor dem Zugriff des nachrangigen Systems.

In vorteilhafter Weise ist es so möglich, den Echtzeitanforderungen einer SPS nachzukommen und gleichzeitig einen
5 Zugriff auf den Speicher der SPS für ein nachrangiges System zu gewährleisten, welches derartigen Echtzeitanforderungen nicht unterworfen ist.

10 Vorzugsweise beinhaltet das nachrangige System eine virtuelle Maschine. Damit kann beispielsweise ein diskontinuierlich ausgeführtes virtualisiertes System hinsichtlich der gemeinsamen Nutzung eines Speichers mit einer SPS mit wechselnden Speicherzugriffszeiten interagieren.

15

Speziell kann die virtuelle Maschine eine Bedien- und Beobachtungseinheit (HMI-Schnittstelle) und/oder Simulationseinheit und/oder Werkzeugverwaltungseinheit aufweisen. Mithilfe der virtuellen Maschine lässt sich die BuB von der SPS
20 getrennt betreiben, sodass eine Änderung der SPS bzw. des Echtzeitsystems auf die BuB keine Auswirkungen hat.

Die Proxyeinrichtung kann auch Teil der speicherprogrammierbaren Steuerung sein. Damit können unter Umständen die Speicherzugriffe des nachrangigen Systems vereinfacht werden.
25

In einer speziellen Ausführungsform gewährleistet die Proxyeinrichtung, dass die speicherprogrammierbare Steuerung innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums Δ sicher einen Zugriff
30 auf den Speicher erhält. Dabei wird unter einem Zugriff ein kompletter Zyklus von der Anfrage bis zur vollständigen Beantwortung verstanden. Durch diese sichere Zugriffsgarantie kann der Echtzeitbetrieb der SPS aufrechterhalten werden.

35 Insbesondere kann die Proxyeinrichtung gewährleisten, dass ein Zugriff des nachrangigen Systems auf den Speicher vollständig beendet wird, wenn eine Zugriffsanfrage der speicherprogrammierbaren Steuerung vorliegt und ein vollständiger

Zugriff der speicherprogrammierbaren Steuerung noch innerhalb des vorgegebenen Zeitraums Δ ab der Zugriffsanfrage sichergestellt ist. Damit muss der SPS nicht absolute Priorität beim Speicherzugriff eingeräumt werden und die Echtzeitbedingung wird dennoch erfüllt. Dadurch lässt sich in der Regel
5 Prozessorzeit einsparen.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die Proxyeinrichtung gewährleistet, dass ein Zugriff des nachrangigen Systems
10 rückgängig gemacht wird, wenn seine vollständige Beendigung dazu führen würde, dass bei Vorliegen einer Zugriffsanfrage durch die speicherprogrammierbare Steuerung der Zugriff der speicherprogrammierbaren Steuerung nicht in dem vorgegebenen Zeitraum Δ durchgeführt werden kann. Durch diese Prozedur
15 (Roll-Back) kann gewährleistet werden, dass die Echtzeitbedingung auch dann eingehalten wird, wenn vor der Zugriffsanfrage durch die SPS bereits ein längerer Zugriff durch das nachrangige System gestartet wurde.

20 Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 eine schematische Skizze einer erfindungsgemäßen Rechenvorrichtung;

25

FIG 2 ein Zeitdiagramm jeweils für eine Zugriffsanfrage-situation und eine erfindungsgemäße Zugriffsdurchführung bei zeitlich aufeinanderfolgenden Anfragen;

30 FIG 3 ein Zeitdiagramm jeweils für eine Speicheranfrage-situation und eine erfindungsgemäße Speicherzugriffssituation mit Roll-Back-Notwendigkeit; und

35 FIG 4 ein Zeitablaufdiagramm jeweils einer Zugriffsanfrage-situation und einer erfindungsgemäßen Zugriffsausführung bei vorzeitiger Beendigung des Zugriffs durch das nachrangige System.

Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

5 In dem Beispiel von FIG 1 wird eine SPS 1 (speicherprogrammierbare Steuerung) und eine VM 2 (virtuelle Maschine) kombiniert. Die SPS 1 ist bezüglich eines Speicherzugriffs ein vorrangiges System, während die VM 2 ein nachrangiges System ist. Außerdem besitzt die SPS 1 wechselnde Speicherzugriffszeiten und die VM 2 ist ein diskontinuierlich ausgeführtes System. Beide, sowohl die SPS 1 als auch die VM 2, sind hier auf einem gemeinsamen Host 3 implementiert. Der Speicher 4, auf dem die SPS 1 und die VM 2 zugreifen wollen, ist hier in die SPS 1 integriert. Bei dem Speicherzugriff ist man bemüht, eventuelle Freizeiten (idle) zu vermeiden, um somit eine optimale Auslastung des Gesamtsystems zu ermöglichen.

Auf der virtuellen Maschine ist beispielsweise eine BuB 5 implementiert. Bei der BuB 5 und der SPS 1 handelt es sich um vollkommen getrennte Systeme. Die BuB 5 stammt beispielsweise von einem anderen Hersteller als die SPS 1. Auch die Betriebssysteme von SPS 1 und BuB 5 können unterschiedlich sein. Die notwendige Abstraktionsebene schafft die virtuelle Maschine VM 2.

25

Auf dem Host 3 können auch mehrere nachrangige Systeme (insbesondere virtuelle Maschinen) implementiert sein. Auch dann bleibt das Ziel, dass alle Systeme auf den Speicher 4 der SPS 1 zugreifen sollen.

30

Ein wesentlicher Aspekt bei dem Zugriff auf den Speicher 4 ist, dass die SPS 1 letztenendes vorrangig ist, und ein Speicherzugriff durch eine Komponente der SPS auf den Speicher 4 nicht durch einen Speicherzugriff der VM 2 oder eines anderen nachrangigen Systems gestört wird. Beispielsweise besitzt ein System einen Notaus-Schalter, dessen Signal die SPS 1 ohne Zeitverzögerung verarbeiten muss. Der Notaus-Status wird in dem Speicher 4 abgespeichert. Es ist wichtig, dass dieser No-

35

taus-Status auch in der BuB 5 angezeigt wird, aber es genügt dort beispielsweise eine Aktualisierung der Anzeige alle 10 Sekunden. Die VM 2 muss daher für die BuB 5 so auf den Speicher 4 zugreifen, dass die SPS 1 nicht gestört ist. Hierfür wird ein so genannter Proxy 6 (in der vorliegenden Anmeldung auch Proxyeinrichtung genannt) zwischen den Speicher 4 und die virtuelle Maschine 2 geschaltet. Der Proxy 6 besitzt in erster Linie die Aufgabe, Zugriffe auf den Speicher 4 zu koordinieren. Hierzu speichert er eventuell Daten zwischen. Außerdem kann er auch eine Filterfunktion beinhalten. Es wird also auf dem Host 3 ein Proxy 6 für Datenzugriffe der virtuellen Maschine VM 2 realisiert. Hierbei besteht die Option, den Proxy 6 alleinstehend zu verwenden wie im Beispiel von FIG 1. In einer alternativen Ausführungsform ist der Proxy 6 als Teil der SPS 1 realisiert. Eine Realisierung des Proxy 6 in der VM 2 ist hingegen nicht möglich, da die VM 2 nicht ständig läuft und daher eine lückenlose Koordination des Speicherzugriffs nicht möglich wäre.

Die Aufgabe des Proxy 6 besteht darin, Zugriffsanforderungen der VM 2 bzw. der mehreren virtuellen Maschinen entgegenzunehmen und nach Abschluss der Anforderungsübermittlung durch den Proxy 6 auszuführen, sofern kein Zugriff durch die SPS 1 aktuell ansteht. Dabei erfolgt die Ausführung auch dann, wenn die VM 2 zu diesem Zeitpunkt nicht verfügbar ist.

Die Übermittlung der Daten zwischen Proxy 6 und VM 2 bedarf hier keiner separaten Netz- oder Kommunikationsanbindung, da durch die Eigenheiten einer VM beide Systeme den gleichen physischen Speicher verwenden. Daher ist der direkte Zugriff der auf dem Host 3 laufenden Proxy-Anwendung auf diesen Speicher 4 möglich, was durch eine entsprechende Konsistenzsicherung (kein gleichzeitiger Speicherzugriff) kontrolliert wird. Der Vorteil hierbei liegt zum einen in den kürzeren Zugriffszeiten auf die Daten, da der Proxy 6 auf der Host-Ebene und nicht auf der VM-Ebene läuft. Darüber hinaus besteht der Vorteil des erfindungsgemäßen Systems in der Möglichkeit, auf den Speicher 4 zuzugreifen, auch wenn die VM 2 gerade über

keine Prozessorzeit verfügt. Ist die Anfrage ausgeführt und die VM 2 wieder verfügbar, wird die entsprechende Antwort der VM 2 zugestellt.

5 In diesem Ausführungsbeispiel ist zwar die Entkopplung der Verfügbarkeit der virtuellen Maschine VM 2 vom eigentlichen Datenzugriff gewährleistet, jedoch sind konkurrierende Datenzugriffe durch SPS 1 und Proxy 6 möglich. Die konkurrierenden Datenzugriffe werden daher durch eine dynamische Zugriffszeitenregelung kontrolliert, die der SPS 1 ein definiertes Antwortverhalten zusichert, das für Echtzeitsysteme notwendig ist. Hierfür wird ein Zeitfenster Δ definiert, in dem ein Zugriff für die SPS 1 durch dieses Verfahren sichergestellt ist. In den FIG 2 bis 4 ist dieses Zeitfenster Δ eingezeichnet. Die Messung der Zeit dieses Zeitfensters Δ erfolgt mit der ersten Anfrage eines Zugriffs auf den kritischen Speicherbereich durch die SPS 1. Alternativ ließe sich dieses Zeitfenster auch mit der Zykluszeit der Steuerung koppeln, vor allem bei taktsynchronen Systemen, bei denen sämtliche Aktionen durch einen festen Takt gesteuert werden.

Die maximal notwendige Zugriffszeit der SPS 1 ist hier mit Δ_{RT} definiert. Die in Abhängigkeit von einem „Roll-back“-Verfahren, bei dem ein begonnener Speicherzugriff rückabgewickelt wird, zu definierende maximale Zugriffszeit der virtuellen Maschine(n), die sich im Zugriff des Proxy 6 manifestiert, wird mit Δ_{VM} definiert. Im vorliegenden Beispiel ist die maximale Zugriffszeit Δ_{VM} der virtuellen Maschinen gleich der Zeit Δ , in der ein Zugriff für die SPS sicher gewährleistet sein muss. Der aktuelle Zeitpunkt bezogen auf den Start der Zeitmessung von Δ_{VM} wird nachfolgend mit Δ_t bezeichnet und durch einen Hardware-Timer gemessen. Um die Verzögerungen beim Zugriff durch die virtuelle Maschine gering zu halten, wird zum einen jeweils nur ein Zugriff der virtuellen Maschine zu einem Zeitpunkt gestattet und zum zweiten ein „Roll-Back“-Verfahren berücksichtigt. Das „Roll-Back“-Verfahren dient dazu, den Zugriff der SPS 1 innerhalb der gewährleisteten Zeit zu ermöglichen und daher im Bedarfsfall

einen bereits begonnen Zugriff der VM 2, welcher über den Proxy 6 erfolgt, auf den gemeinsam genutzten Speicherbereich 4 rückgängig zu machen und damit den konsistenten Zustand zu erhalten. Die für das „Roll-Back“ maximal nötige Zeit wird mit Δ_{RB} angegeben. Hierbei wird die Geschwindigkeit des gewählten Verfahrens durch $1/x$ ausgedrückt. Insgesamt ergibt sich hieraus das folgende Zeitverhalten:

$$(1) \Delta = \begin{cases} \Delta_{RB} + \Delta_{RT}; & \text{für } \Delta_i < \Delta_{RB} \\ \Delta_{VM} - \Delta_i + \Delta_{RT}; & \text{für } \Delta_i \geq \Delta_{RB} \end{cases}$$

$$(2) \Delta_{RB} \leq \frac{1}{x} \Delta_{VM}$$

10

Dies bedeutet, dass unter der Voraussetzung der Zugriffsfreiheit bezüglich der SPS 1 ein Zugriff im Namen der VM 2 durch den Proxy 6 initiiert wird. Ein Zugriff der VM 2 auf den Speicher 4 ist durch den Proxy 6 über die Virtualisierungsschicht (auch Virtual Machine Manager oder Hypervisor genannt) zu erkennen, da diese für die Ausführung einer jeden Anweisung in der VM 2 verantwortlich ist, und so die Überwachung vereinfacht. Für den Zugriff der SPS 1 ist jedoch eine andere Lösung notwendig. Hier bleibt nur die Verwendung der Betriebssystemmittel (z. B. einer Exception) oder die Bereitstellung einer geeigneten Schnittstelle in der SPS 1. Der Zugriff des Proxy 6 wird vollständig ausgeführt, sofern kein Zugriff durch die SPS 1 zu verzeichnen ist oder aber die Abarbeitung des VM-Zugriffs soweit abgeschlossen ist, dass die Beendigung des VM-Zugriffs und die Ausführung des SPS-Zugriffs innerhalb der zur Verfügung stehenden Gesamtzeit Δ möglich ist (vergleiche FIG 4). Ist dies nicht der Fall, wird ein „Roll-Back“ des VM-Zugriffs veranlasst und anschließend der SPS-Zugriff ausgeführt (vergleiche FIG 3). In jedem Fall ist so die Einhaltung der Gesamtzeit Δ sichergestellt.

30

Das geschilderte Zeitverhalten ergibt den Vorteil, dass die zeitliche Varianz bzw. Dauer zwischen der minimalen und maxi-

malen Zugriffszeit der SPS 1 maximal $1/x \Delta_{VM}$ beträgt, wobei sich x aus dem „Roll-Back“-Verfahren ergibt. Bei Verwendung eines einfachen Wiederherstellungsalgorithmus für das Zurückschreiben im „Roll-Back“ ist $x=1$, wohingegen mit speziellen
5 Transaktionsverfahren (z. B. mit cache) kürzere „Roll-Back“-Zeiten realisierbar sind. Entsprechend wird die Reaktionszeit der SPS 1 proportional mit der Zugriffszeit der virtuellen Maschine verlängert. Hieraus wiederum ergibt sich, dass die Erhöhung der Reaktionszeit von der Art des verwendeten Spei-
10 chers und der Gestaltung der Speicherzugriffe durch die virtuelle Maschine abhängt.

Nachfolgend werden anhand der FIG 2 bis 4 unterschiedliche Fälle des Speicherzugriffs durch die SPS und die VM auf einen
15 gemeinsamen Speicher detaillierter dargestellt. Die dargestellten Fälle unterscheiden sich in den Zugriffszeitpunkten der SPS bzw. VM. In dem Beispiel wird nur eine VM verwendet, und für das „Roll-Back“-Verfahren wird ein einfacher Wiederherstellungsalgorithmus verwendet, sodass gilt: $x=1$. Die an
20 sich trivialen Fälle, dass nur ein Zugriff der SPS oder nur ein Zugriff der VM vorliegt, sind nicht in den FIG dargestellt. In jeder der Figuren ist jeweils auf der linken Seite die Situation dargestellt, zu welchen Zeitpunkten die Zugriffe von SPS und VM stattfinden würden. Auf der rechten Seite
25 in jeder Figur ist dargestellt, auf welche Weise erfindungsgemäß der Zugriff von SPS und VM durch den Proxy koordiniert wird.

Im Fall von FIG 2 tritt zu einem Zeitpunkt t_0 eine Zugriffsanfrage durch die SPS 1 auf. Der entsprechende Zugriff 20 endet nach einer gewissen Zeit und anschließend erfolgt durch die VM ebenfalls eine Zugriffsanfrage, wobei der entsprechende Zugriff 21 ebenfalls eine bestimmte Zeit dauern würde. Wie in dem rechten Bild von FIG 2 dargestellt ist, kann der
35 Zugriff auf den gemeinsamen Speicher 4 hier genauso erfolgen, wie die Anfragen erfolgt sind, da die Zykluszeit der SPS 1 eingehalten werden kann. Dies bedeutet, dass zum Zeitpunkt t_0 ein tatsächlicher Zugriff 20' der SPS erfolgt und unmittelbar

anschließend ein Zugriff 21' der VM. Die Summe der beiden Zugriffe 20' und 21' ist kleiner als die Gesamtzeit Δ , in der ein SPS-Zugriff sicher erfolgen muss.

5 In FIG 3 ist der Fall dargestellt, dass die SPS wieder zum Zeitpunkt t_0 eine Zugriffsanfrage 30 stellt. Die VM hat bereits früher eine Zugriffsanfrage 31 mit einer bestimmten zeitlichen Dauer gestellt. Würde der Zugriff der SPS erst nach Abschluss des Zugriffs der VM erfolgen, so würde die zulässige Gesamtzeit Δ überschritten werden. Daher koordiniert
10 der Proxy 6 die beiden Zugriffe folgendermaßen: die VM ist im Hinblick auf den Speicherzugriff nachrangig. Ihr Speicherzugriff wurde gemäß dem rechten Bild von FIG 3 gestartet, da zum Zugriffsbeginn noch keine Anfrage der SPS vorlag. Wenn
15 der Proxy nun die Zugriffsanfrage 30 der SPS zum Zeitpunkt t_0 erfährt, erkennt er, dass der Zugriff 31' der VM unterbrochen werden muss, damit ein Zugriff 30' der SPS in der Zykluszeit (Gesamtzeit Δ) erfolgen kann. Aus diesem Grund initiiert der Proxy 6 ein „Roll-Back“ des bis zum Zeitpunkt t_0 durchgeführten
20 Zugriffsvorgangs 31' der VM. Die durch den Zugriff 31' durchgeführten Veränderungen im Speicher 4 werden mit dem „Roll-Back“ 32' rückgängig gemacht. Da es sich um einen einfachen Wiederherstellungsalgorithmus handelt und $x=1$, dauert das „Roll-Back“ 32' ebenso lang wie der bisherige Speicherzugriff 31' der VM. Unmittelbar anschließend an den „Roll-Back“ 32' kann nun der tatsächliche Speicherzugriff 30' der
25 SPS 1 erfolgen. Mit diesem Speicherzugriff 30' wird die Gesamtzeit Δ nicht überschritten. Anschließend an den Zugriff 31' der SPS 1 kann dann der Zugriff 31'' der VM nun tatsächlich
30 erfolgen. Dieser Zugriff 31'' erfolgt in der notwendigen zeitlichen Länge. Dabei ist es unkritisch, wenn die Gesamtzeit Δ überschritten wird, denn bei der VM 2 bzw. dem darauf implementierten BuB 5 handelt es sich um ein nachrangiges System. Der Fall von FIG 3 entspricht der ersten Variante in
35 der obigen Gleichung (1).

In dem Fall von FIG 4 erfolgt zunächst eine Zugriffsanfrage 41 durch die VM. Zum Zeitpunkt t_0 erfolgt wieder die

Zugriffsanfrage 40 der SPS. In diesem Fall stellt der Proxy fest, dass der Zugriff 41' durch die VM tatsächlich komplett ausgeführt werden kann und der Zugriff 40' der SPS unmittelbar anschließend erfolgen kann, ohne dass die Gesamtzeit Δ 5 überschritten wird. Es ist hier kein „Roll-Back“ notwendig. Die Zykluszeit der SPS wird auch so eingehalten.

Wie das oben gezeigte Beispiel darlegt, ist durch den Proxy 6 somit eine dynamische Zugriffszeitenregelung möglich, um den 10 spezifischen Anforderungen des Zusammenspiels einer SPS mit einer oder mehreren virtuellen Maschinen zu begegnen.

Patentansprüche

1. Rechenvorrichtung (3),

- in der eine speicherprogrammierbare Steuerung (1) implementiert ist, und

- in der ein gegenüber der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) im Hinblick auf einen Speicherzugriff nachrangiges System (2) implementiert ist, wobei

- in die speicherprogrammierbare Steuerung (1) ein Speicher (4) integriert ist, auf den eine Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) Zugriff hat,

dadurch gekennzeichnet, dass

- in der Rechenvorrichtung (3) eine Proxyeinrichtung (6) implementiert ist, die einen Zugriff des nachrangigen Systems (2) auf den Speicher (4) der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) derart koordiniert, dass ein gleichzeitiger Zugriff der Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) Vorrang hat vordem Zugriff des nachrangigen Systems (2).

2. Rechenvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das nachrangige System (2) eine virtuelle Maschine beinhaltet.

3. Rechenvorrichtung nach Anspruch 2, wobei mit der virtuellen Maschine eine Bedien-und-Beobachtungs-Einheit (5) und/oder Simulationseinheit und/oder Werkzeugverwaltungseinheit realisiert ist.

4. Rechenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Proxyeinrichtung (6) Teil der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) ist.

5. Rechenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Proxyeinrichtung (6) gewährleistet, dass die speicherprogrammierbare Steuerung (1) innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums Δ sicher einen Zugriff auf den Speicher (4) erhält.

6. Rechenvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Proxyeinrichtung (6) gewährleistet, dass ein Zugriff des nachrangigen Systems (2) auf den Speicher (4) vollständig beendet wird, wenn eine Zugriffsanfrage der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) vorliegt und ein vollständiger Zugriff der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) noch innerhalb des vorgegebenen Zeitraums Δ ab der Zugriffsanfrage sichergestellt ist.

7. Rechenvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Proxyeinrichtung (6) gewährleistet, dass ein Zugriff des nachrangigen Systems (2) rückgängig gemacht wird, wenn seine vollständige Beendigung dazu führen würde, dass bei Vorliegen einer Zugriffsanfrage durch die speicherprogrammierbare Steuerung (1) der Zugriff der speicherprogrammierbaren Steuerung nicht in dem vorgegebenen Zeitraum Δ durchgeführt werden kann.

8. Verfahren zum Betreiben einer Rechenvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zugriff des nachrangigen Systems (2) auf den Speicher (4) der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) derart koordiniert wird, dass ein gleichzeitiger Zugriff der Komponente der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) Vorrang hat vor dem Zugriff des nachrangigen Systems (2).

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die speicherprogrammierbare Steuerung (1) innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums Δ sicher einen Zugriff auf den Speicher (4) erhält.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei ein Zugriff des nachrangigen Systems (2) auf den Speicher (4) vollständig beendet wird, wenn eine Zugriffsanfrage der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) vorliegt und ein vollständiger Zugriff der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) noch innerhalb des vorgegebenen Zeitraums Δ ab der Zugriffsanfrage sichergestellt ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei ein Zugriff des nachrangigen Systems (2) rückgängig gemacht wird, wenn seine vollständige Beendigung dazu führen würde, dass bei Vorliegen einer Zugriffsanfrage durch die speicherprogrammierbare Steuerung (1) der Zugriff der speicherprogrammierbaren Steuerung (1) nicht in dem vorgegeben Zeitraum Δ durchgeführt werden kann.

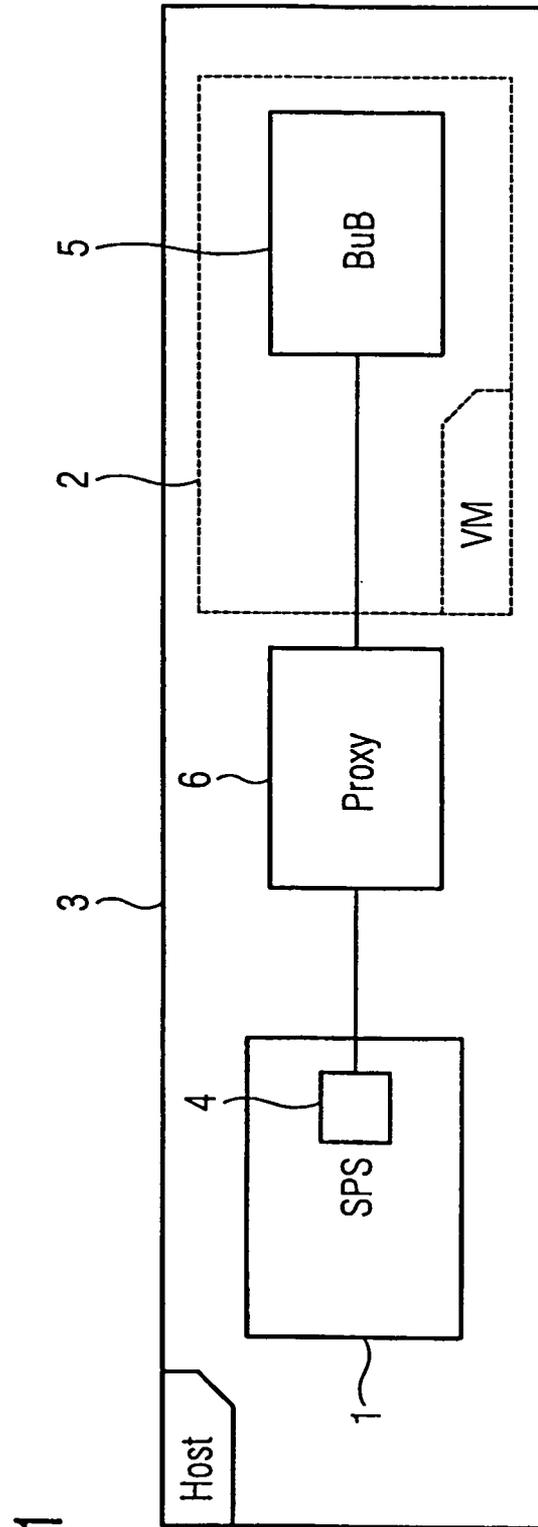


FIG 1

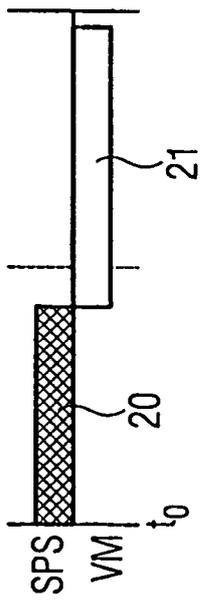


FIG 2

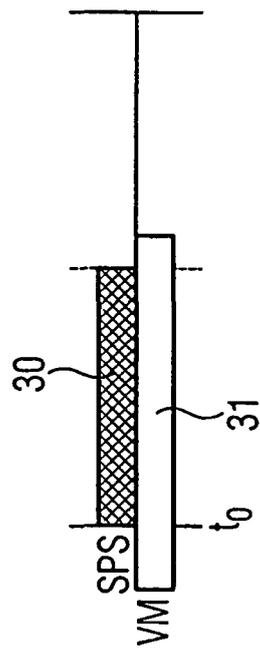


FIG 3

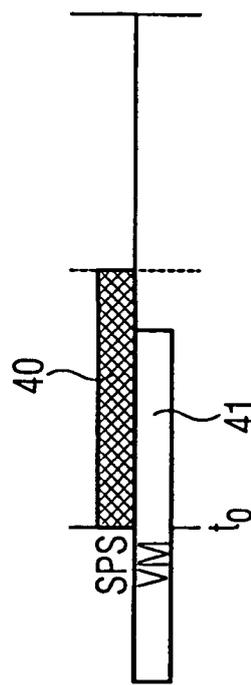
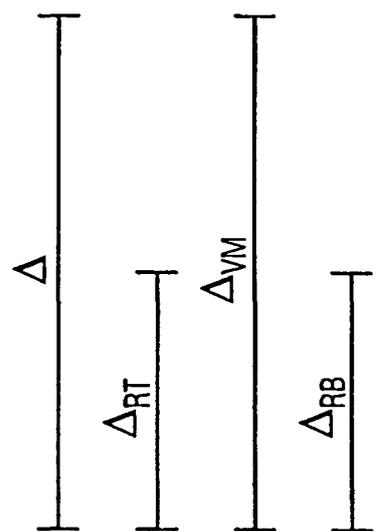
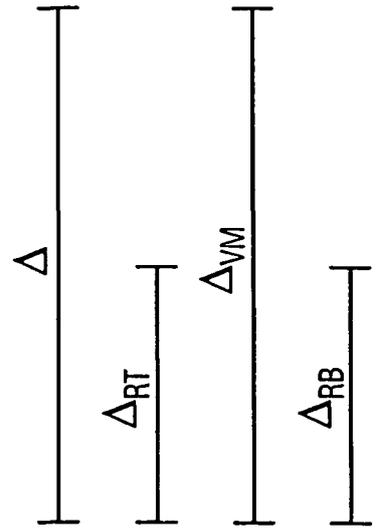
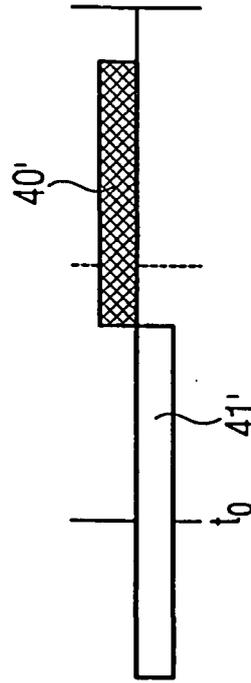
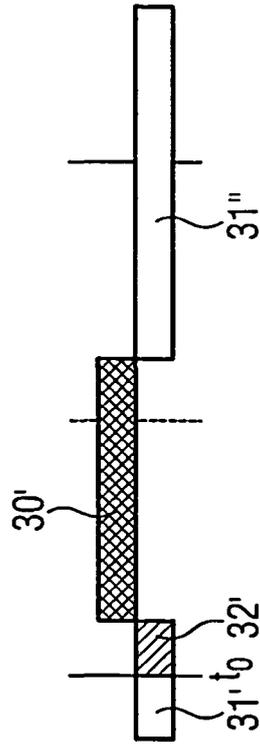
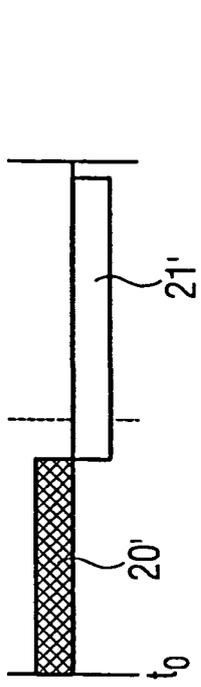


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/003482

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G05B19/05 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 363 905 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 18 April 1990 (1990-04-18)	1,4,8
Y	page 2, line 49 - page 3, line 7	2,3
A	page 3, line 25 - page 4, line 8	5-7,9-11
	page 5, line 58 - page 7, line 2	

Y	US 2005/246453 A1 (ERLINGSSON ULFAR [US] ET AL) 3 November 2005 (2005-11-03) paragraph [0003] - paragraph [0004] paragraph [0065] - paragraph [0066] paragraph [0075]	2,3

A	US 2004/098141 A1 (MARTIN DAVID E [US]) 20 May 2004 (2004-05-20) paragraph [0040]; figure 3	1-11

<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">14 February 2011</p>	Date of mailing of the international search report <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">22/02/2011</p>	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Hasubek, Bodo</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/003482

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0363905	A2	18-04-1990 JP 2103654 A	16-04-1990
US 2005246453	A1	03-11-2005 CN 1700171 A	23-11-2005
		EP 1630670 A2	01-03-2006
		JP 2005322242 A	17-11-2005
		KR 20060047639 A	18-05-2006
US 2004098141	A1	20-05-2004 NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/003482

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G05B19/05 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G05B		
Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 363 905 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 18. April 1990 (1990-04-18)	1,4,8
Y	Seite 2, Zeile 49 - Seite 3, Zeile 7	2,3
A	Seite 3, Zeile 25 - Seite 4, Zeile 8 Seite 5, Zeile 58 - Seite 7, Zeile 2 -----	5-7,9-11
Y	US 2005/246453 A1 (ERLINGSSON ULFAR [US] ET AL) 3. November 2005 (2005-11-03) Absatz [0003] - Absatz [0004] Absatz [0065] - Absatz [0066] Absatz [0075] -----	2,3
A	US 2004/098141 A1 (MARTIN DAVID E [US]) 20. Mai 2004 (2004-05-20) Absatz [0040]; Abbildung 3 -----	1-11
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 14. Februar 2011		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 22/02/2011
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Hasubek, Bodo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/003482

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0363905	A2	18-04-1990 JP 2103654 A	16-04-1990
US 2005246453	A1	03-11-2005 CN 1700171 A	23-11-2005
		EP 1630670 A2	01-03-2006
		JP 2005322242 A	17-11-2005
		KR 20060047639 A	18-05-2006
US 2004098141	A1	20-05-2004 KEINE	