



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 26 074 T2** 2006.08.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 295 186 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 26 074.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/33001**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 989 219.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/042864**

(86) PCT-Anmeldetag: **06.12.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **14.06.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.03.2003**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **15.02.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G05B 19/042** (2006.01)  
**G05B 19/418** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**454566**                      **07.12.1999**                      **US**

(73) Patentinhaber:  
**Schneider Automation Inc., North Andover, Mass.,  
US**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Meldau - Strauß - Flötotto, 33330  
Gütersloh**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:  
**LINDNER, T., David, Nashua, NH 03062, US;  
SWALES, G., Andrew, Windham, NH 03087, US**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR ANPASSUNG EINES RECHNER-RECHNER KOMMUNIKATIONSPROTOKOLLS  
ZUR ANWENDUNG IN EINEM INDUSTRIELLEN STEUERSYSTEM**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

## 1. Erfindungsgebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Automatisierung von industriellen Steuersystemen. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf die Kommunikation, über ein Netzwerk, zwischen einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) eines industriellen Steuersystems und Netzwerk-I/O-Geräten, die an Steuer- und Überwachungselemente des industriellen Steuersystems angeschlossen sind, sowie auf die Kommunikation zwischen verschiedenen SPS eines verteilten industriellen Steuersystems.

## 2. Beschreibung der verwandten Technik

**[0002]** Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, enthält ein industrielles Steuersystem oft eine speicherprogrammierbare Steuereinheit (SPS) zur koordinierten Steuerung einer industriellen Steuerausrüstung, die verschiedene Elemente – meistens Sensoren zur Lieferung von Eingaben in die SPS oder Relais zum Empfang von Ausgaben der SPS – enthält, die jeweils der Steuerung durch einen Elementcontroller unterliegen und jeweils mittels eines Netzwerk-I/O-Geräts über ein Netzwerk an die SPS angeschlossen sind. Industrielle Steuerung mit einer SPS erfordert sogenanntes hochschnelles Scannen, was die kontinuierliche hochschnelle Ausführung von drei wiederholt ausgeführten Schritten durch die SPS bedeutet: die Erfassung des Status jeder Eingabe in die SPS, der zum Ausführen der sogenannten Leiterlogik für den zu steuernden Prozess benötigt wird, das Lösen der Leiterlogik zur Bestimmung jeder Ausgabe und das Aktualisieren des Status der Ausgaben.

**[0003]** Der Begriff "Leiterlogik" stammt aus der frühen Zeit der automatischen Maschinensteuerung, um den ersten Arbeitern auf diesem Gebiet verständlich zu machen, wie die Steuerelemente eines industriellen Steuersystems auf der Basis der Überwachungselemente desselben zu steuern sind. Das Wort "Leiter" wird deshalb benutzt, weil die Steuerlogik oft in Form einer Leiter ausgedrückt wird, wobei jede Sprosse der Leiter eine Ausgabe, d.h. einen Wert für den gewünschten Zustand eines Steuerelements hat, und eine oder mehrere Eingaben, d.h. Werte entsprechend den Signalen, die von den Überwachungselementen kommen, hat. Die Eingaben für eine Ausgabe können seriell erfolgen, in welchem Fall sie eine Sprosse der Leiter umfassen, oder parallel erfolgen, in welchem Fall der Begriff Leiter nicht so angebracht ist.

**[0004]** Um eine wirksame industrielle Steuerung zu erzielen, muss eine SPS mit den Überwachungsele-

menten des industriellen Steuersystems kommunizieren, die Leiterlogik ausführen und die Ausgaben an die Steuerelemente mit einer Geschwindigkeit bereitstellen, die angemessen für wirksame industrielle Steuerung ist. Bei diesem Scannen (Eingabe, Lösung, Ausgabe) wird gewöhnlich nur eine kleine Menge Information zwischen einer SPS und einem Element übertragen (über das Netzwerk-I/O-Gerät für das Element und den Controller für das Element), aber die Kommunikation zwischen der SPS und dem Element erfolgt gewöhnlich häufig, einmal pro Scan. Gebrauchsfertige Netzwerke, wie zum Beispiel Netzwerke vom Ethernet-Typ, haben sich bis jetzt als unzureichend erwiesen; das Einrichten einer Kommunikation, wie es normalerweise unter Einsatz eines solchen Netzwerks erfolgen würde, nimmt für die industrielle Steuerung zu viel Zeit in Anspruch.

**[0005]** Aber vom Kostenstandpunkt aus betrachtet, ist ein allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk gegenüber einem Netzwerk, das speziell für eine bestimmte industrielle Steueranwendung entworfen wurde, oder selbst gegenüber einem Netzwerk, das für eine generische industrielle Steueranwendung entworfen wurde, fast immer vorzuziehen. Darüber hinaus müsste ein ausgereiftes allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk zuverlässiger als ein kundenspezifisches Netzwerk sein. Schließlich erlaubt der Einsatz eines allgemeinen gebrauchsfertigen Netzwerks für ein industrielles Steuersystem auch zur gleichen Zeit den Anschluss von Computerhardware und -software, die nichts mit dem industriellen Steuersystem zu tun haben. Bei Einsatz eines allgemeinen gebrauchsfertigen Netzwerks wie dem Ethernet wird eine Einzelnetzwerkstrategie für vereinheitlichte Kommunikationen von Geräteebene bis auf Standortebene ermöglicht. Bei Einsatz von Ethernet sind sogar weltweite Kommunikationen, mindestens zur Überwachung, über den Anschluss an das Internet möglich. Die PCT-Patentanmeldung WO 99/13388 beschreibt ein Beispiel eines SPS-Controllers, der ein Ethernet-Netzwerk verwendet.

**[0006]** Was benötigt wird, ist ein Weg, eine SPS über einen allgemeinen gebrauchsfertigen Computer zu betreiben, derart, dass das Scannen, das heißt die Ausführung der grundlegenden drei Schritte einer SPS, mit einer Geschwindigkeit durchgeführt wird, die ausreichend für wirksame industrielle Steuerung ist.

## KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0007]** Dementsprechend stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Anpassung eines allgemeinen Abfrageprotokolls zum Einsatz in einem industriellen Steuersystem, welches einen Controller zur Steuerung eines industriellen Prozesses durch mindestens ein Steuerelement und mindestens ein Überwachungselement über ein Netzwerk zur Kommuni-

kation gemäß eines Modells, das kompatibel mit dem OSI-Siebenschichtenmodell ist, bereit, wobei das Steuerelement und das Überwachungselement jeweils über ein Netzwerk-I/O-Gerät (Eingabe/Ausgabegerät) an das Netzwerk gekoppelt sind, und der Controller die Kommunikation mit den Netzwerk-I/O-Geräten gemäß des allgemeinen Abfrageprotokolls durchführt, und das Verfahren gekennzeichnet ist durch:

Bestimmen, ob eine Verbindung mit einem Netzwerk-I/O-Gerät eine permanente Verbindung für das Steuerelement oder für das Überwachungselement sein sollte, welche Verbindung auf einer Analyse der Kommunikationstransaktionen zwischen dem Controller und dem Steuerelement oder dem Überwachungselement basiert, und Einrichten dieser Verbindung als permanent oder nicht-permanent gemäß dieser Bestimmung;

wodurch das allgemeine Abfrageprotokoll, welches normalerweise in Computer-zu-Computer-Kommunikationen zur Durchführung von Sofort-Abfragen eines externen Geräts benutzt würde, an den Einsatz des industriellen Steuersystems für die häufige Kommunikation von Steuer- und Überwachungsinformation zwischen dem Controller und dem Steuer- oder Überwachungselement des industriellen Steuersystems angepaßt wird. In einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die permanente Verbindung eine Verbindung auf der Transportschicht des Netzwerk-Kommunikationsprotokolls, die offen bleibt zum späteren Einsatz nach einem früheren Einsatz.

**[0008]** In manchen Anwendungen umfasst das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin den Schritt des Ausnutzens eines verfügbaren Protokolls, in dem ein einzelner Befehl des Controllers sowohl eine Register-Leseanweisung als auch eine Register-Schreibanweisung durchführt. In einer bestimmten erfindungsgemäßen Anwendung ist das Protokoll kompatibel mit dem offenen MODBUS/TCP-Protokoll.

**[0009]** Zusätzlich zu den obigen Schritten umfasst das erfindungsgemäße Verfahren die Schritte des Rate Tuning (geschwindigkeitsbezogenes Abstimmen) des Controllers, um einzustellen, wie oft er mit dem Steuerelement oder wie oft er mit dem Überwachungselement kommunizieren soll; und ferner des Duration Tuning (zeitbezogenes Abstimmen) des Controllers, um einzustellen, wie lange er auf eine Antwort des Steuerelements oder des Überwachungselements in Reaktion auf eine Abfrage warten soll.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0010]** Die oben genannten und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Diskussion der folgenden ausführlichen Beschreibung, die in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen präsentiert wird, in denen:

**[0011]** [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm darstellt, welches verschiedene Komponenten eines an Ethernet angeschlossenen Steuersystems als Beispiel für ein allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk zeigt, für das das erfindungsgemäße Verfahren gedacht ist;

**[0012]** [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm darstellt, welches mehrere industrielle Steuersysteme zeigt, die alle über Ethernet aneinander angeschlossen sind, um die Kommunikation zwischen den SPS der verschiedenen Systeme zu gestatten;

**[0013]** [Fig. 3](#) ein Ablaufdiagramm darstellt, welches die hauptsächlichen Schritte im routinemäßigen Betrieb einer SPS zeigt, sowohl gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung als auch gemäß des Standes der Technik; und

**[0014]** [Fig. 4](#) ein schematisches Diagramm darstellt, welches die elementaren Schritte des allgemeinen Verfahrens einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei dem für den Anschluss der Komponenten eines industriellen Steuersystems und die Zusammenschaltung verschiedener industrieller Steuersysteme ein allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk verwendet wird.

#### OPTIMALES VERFAHREN ZUR IMPLEMENTIERUNG DER ERFINDUNG

**[0015]** Mit Bezug auf [Fig. 2](#) ist dargestellt, wie ein industrielles Steuersystem unter Verwendung eines allgemeinen gebrauchsfertigen Netzwerks – hier ein Ethernet – als Grundlage verwendet und somit in einer Weise implementiert wird, wie es durch das Verfahren der vorliegenden Erfindung beabsichtigt ist, ein Verfahren, in dem ein allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk dazu verwendet wird, die Kommunikation zwischen angeschlossenen Geräten mit einer für wirksame industrielle Steuerung angemessenen Geschwindigkeit bereitzustellen. Das hier verwendete Ethernet repräsentiert jedes Netzwerk, über welches die Kommunikation mit TCP/IP vorgenommen werden kann, einschließlich sämtlicher verschiedener Netzwerkarten, aus denen das Internet besteht.

**[0016]** Die über ein Ethernet-Netzwerk gesendete Information wird in Form von diskreten Paketen gesendet, die gemäß dem Open Systems Interconnection (OSI) Standard von ANSI (American National Standards Institute) für ein Kommunikationsmodell definiert sind. OSI ist ein mehrschichtiges Kommunikationsmodell, in dem die obersten Schichten sich die Fähigkeiten der unteren Schichten zunutze machen, um Information zwischen Knoten eines Netzwerks zu senden. Die Information wird zwischen den Knoten in Form von diskreten Paketen oder Frames übertragen, die Daten- oder Steuerinformation, die von den verschiedenen OSI-Schichten kommt, enthalten. Die höchsten Schichten sind die Anwen-

ungsschicht, die Präsentationsschicht und die Sitzungsschicht, in denen Telnet, FTP (File Transfer Protocol), SNMP (Simple Mail Transfer Protocol) und DNS (Domain Name System) enthalten sind.

**[0017]** Die Transportschicht, eine der unteren Schichten, enthält unter anderem typisch das TCP-Protokoll (Transmission Control Protocol) zusammen mit dem UDP-Protokoll (User Datagram Protocol) und sorgt für das Liefern der Daten an das gewünschte Gerät und Aufteilen der Information in diskrete Pakete zum Senden. Empfangene Pakete werden in gleicher Weise wieder zusammengesetzt. Die Netzwerkschicht, auch zu den unteren Schichten gehörend, routet entsprechend den Internet-Protokolladressen (IP) Nachrichten hin und zurück zwischen einem Quellknoten und einem Zielknoten, indem sie eine IP-Kopfzeile, die die Quell- und Ziel-IP-Adressen angibt, zu jedem Paket hinzufügt. Die unterste Schicht ist die physische Verbindungsschicht, in der die Hardware-MAC-Adressen (Media Access Control) benutzt werden.

**[0018]** Die Mehrheit von Netzwerken funktioniert entsprechend einer Kombination aus TCP auf der Transportschicht und IP auf der Netzwerkschicht, einer Kombination, die allgemein mit TCP/IP bezeichnet wird. Eine umfassendere Erklärung des Betriebs der Netzwerke gemäß der TCP/IP-Protokollsuite findet sich in COMER, DOUGLAS E., *Interworking With TCP/IP (Zusammenarbeit mit TCP/IP) Band 1: Principles, Protocols, and Architecture*, dritte Ausgabe 1995, Prentice-Hall, Englewood Cliffs. N.J.

**[0019]** [Fig. 1](#) zeigt ein industrielles Steuersystem, bei dem die SPS über ein allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk an Steuer- und Überwachungselemente, das heißt an Element **1**, Element **2** und Element **3** angeschlossen ist. In der Darstellung unterliegt jedes der Steuer- und Überwachungselemente der Steuerung durch einen Controller, der seinerseits über ein Netzwerk-I/O-Gerät an das Netzwerk angeschlossen ist.

**[0020]** Jedes der Stueurelemente ist ein Relais oder ein Stellglied der einen oder anderen Art, und jedes Überwachungselement ist ein Sensor. Jeder Sensor liefert mindestens eine Eingabe an die SPS. Jedes Relais empfängt mindestens einen Befehl als Ausgabe der SPS.

**[0021]** In [Fig. 1](#) ist jeder Elementcontroller getrennt von den unter seiner Steuerung stehenden Steuer- und Überwachungselementen dargestellt; oft ist jedoch ein Elementcontroller mit dem unter seiner Steuerung stehenden Element oder mit dem Netzwerk-I/O-Gerät für das Element integriert.

**[0022]** In der bevorzugten Ausführungsform benutzt eine SPS eines industriellen Steuersystems eine

Steuersprache wie MODBUS zur Kommunikation mit den Steuer- und Überwachungselementen des Systems. In der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise die MODBUS-Befehlssprache, aber nicht irgendeine entsprechende MODBUS-Netzwerkstruktur verwendet, das heißt, der hier verwendete Ausdruck „MODBUS“ bezieht sich ausschließlich auf die MODBUS-Sprache, das heißt die Struktur der Nachrichten, die zwischen den Komponenten des industriellen Steuersystems übertragen werden, und bedeutet nicht ein bestimmtes Netzwerkprotokoll oder eine bestimmte Hardware.

**[0023]** Vorzugsweise sollte beim Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens jegliche Firmware der Netzwerk-I/O-Geräte auf MODBUS-TCP/IP, wie in der Open MODBUS/TCP-Spezifikation, Version 1.0 definiert, basieren, die am 29. März 1999 im Internet veröffentlicht wurde. Dieser Standard definiert, wie MODBUS-Befehle und -Antworten unter Einsatz des gut bekannten Ports 502 über das Internet an und von einem MODBUS-Server geliefert werden. Die Firmware der Netzwerk-I/O-Geräte sollte ferner vorzugsweise ICMP-Echo-Anforderungen, wie PING, unterstützen.

**[0024]** MODBUS/TCP ist einer Variante der MODBUS-Familie von einfachen, lieferanten-neutralen Kommunikationsprotokollen, die zur Überwachung und Steuerung automatisierter Ausrüstungen dienen. Genauer gesagt, ermöglicht MODBUS/TCP den Einsatz von MODBUS-Messaging in einer Intranet- oder Internet-Umgebung mittels TCP/IP-Protokollen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden die Protokolle meistens zum Ethernet-Anschluss von SPS, I/O-Modulen und "Gateways" an andere einfache Feldbusse oder I/O-Netzwerke verwendet.

**[0025]** Bei MODBUS sind Datentransaktionen herkömmlicherweise zustandslos, was bedeutet, dass sie äußerst unempfindlich gegen Unterbrechungen durch Geräusche sind, und dass trotzdem nur ein Minimum an Wiederherstellungsinformation über eine Datentransaktion an entweder der Quelle und am Ziel geführt werden muss. Andererseits wird von Programmieroperationen ein verbindungsorientierter Ansatz erwartet, wie er bei manchen Varianten von MODBUS durch ein exklusives ‚Login‘ Token, und in anderen MODBUS-Varianten durch ausdrückliche ‚Programmpfad-Fähigkeiten‘ zur Aufrechterhaltung einer Duplex-Assoziation erzielt wird, bis eine Verbindung ausdrücklich unterbrochen wurde.

**[0026]** MODBUS/TCP handhabt beide Situationen. Eine Verbindung wird leicht auf Protokollebene erkannt, und eine einzige Verbindung kann viele unabhängigen Transaktionen führen. Darüber hinaus erlaubt TCP eine sehr große Anzahl von gleichzeitigen Verbindungen, so dass in den meisten Fällen der Initiator die Wahl hat, sich wie erforderlich wieder anzu-

schließen, oder erneut eine langlebige (permanente) TCP-Verbindung zu benutzen.

**[0027]** Zusätzlich zur Unterstützung von ICMP-Echo-Anforderungen macht sich die Firmware eines Netzwerk-I/O-Gerätes vorzugsweise die Art, wie eine offene MODBUS/TCP-Spezifikation den Einsatz eines vereinfachten kundenspezifischen TCP/IP-Stapels gestattet, zunutze. Um Fragmentierung auf IP-Ebene zu vermeiden, wird vorzugsweise ein TCP-Fenster mit kleinen Abmessungen vorgegeben. Jedes TCP-Datensegment enthält vorzugsweise exakt eine vollständige MODBUS-Befehl-Antwort.

**[0028]** Bezugnehmend auf [Fig. 2](#) ist ein verteiltes industrielles Steuersystem dargestellt, welches ein industrielles Steuersystem **1**, ein industrielles Steuersystem **2** und ein industrielles Steuersystem **3** enthält, die sämtlich über Ethernet aneinander angeschlossen sind. In einem solchen System kommuniziert die SPS eines Systems mit den SPS jedes der anderen Systeme. Die Kommunikation mit Steuer- oder Überwachungssystemen eines bestimmten Systems erfolgt ausschließlich durch die SPS für das jeweilige System.

**[0029]** Bezugnehmend auf [Fig. 3](#) ist der routinemäßige Betrieb einer SPS für ein bestimmtes industrielles Steuersystem dargestellt mit einem ersten Schritt, in dem die sogenannte "Leiterlogik" für das industrielle Steuersystem ausgeführt wird. [Fig. 3](#) zeigt, dass die Leiterlogik-Ausführung im Lesen aller Eingaben besteht, das heißt, Einholen der den Signalen entsprechenden Werte, die von jedem der Überwachungselemente des industriellen Steuersystems bereitgestellt werden; Vornehmen von Eingaben für eine Sprosse der Leiter; Lösen für die Ausgaben der Sprosse; und Wiederholen dieser Vornahme von Eingaben in eine Sprosse und Lösen für die Ausgabe der Sprosse, bis die gesamte Leiter gelöst ist; und dann Bereitstellen aller Ausgaben, das heißt, Zurverfügungstellen von Werten entsprechend dem benötigten Sollzustand jedes Steuerelements gemäß der gerade ausgeführten Leiterlogik.

**[0030]** Dann wird, immer noch mit Bezug auf [Fig. 3](#) nach Ausführen der Leiterlogik Eingabe-/Ausgabe-Verwaltung durchgeführt, wobei die Ausgaben infolge der ausgeführten Leiterlogik inkraft gesetzt werden (nachdem sie erst während der Ausführung der Leiterlogik zur Verfügung gestellt wurden), und dann werden wieder die Eingaben für jedes Überwachungselement erfasst.

**[0031]** Danach führt, immer noch Bezug auf [Fig. 3](#), im Falle eines verteilten industriellen Steuersystems eine SPS alle Kommunikationen durch, die zwischen ihr und jeder der anderen SPS des verteilten Systems eingerichtet (programmiert) wurden. Diese Kommunikation beinhaltet typisch vorzugsweise

Werte, die den Zuständen der Überwachungselemente der verschiedenen Systeme entsprechen. Die von Überwachungselementen eines industriellen Steuersystems gemeldeten Werte können in der Leiterlogik eines anderen Systems eingesetzt werden.

**[0032]** Mit Bezug auf [Fig. 4](#) beinhaltet das Verfahren einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei Einsatz eines allgemeinen gebrauchsfertigen Netzwerks zur Bereitstellung der benötigten Konnektivität für ein industrielles Steuersystem einschließlich eines programmierbaren Logikcontrollers und Elementen nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) in einer bevorzugten Ausführungsform vier Schritte. Im ersten Schritt stellt ein Benutzer eines industriellen Steuersystems ein, wie lange die SPS auf Antwort von einem Netzwerk-I/O-Gerät eines Steuer- oder Überwachungselements in Reaktion auf eine Abfrage warten soll. Manche Überwachungs- und Steuerelemente brauchen für eine Antwort in Reaktion auf eine Abfrage länger als andere. Um die Zeit zu verkürzen, die zum Fertigstellen eines Zyklus des routinemäßigen Betriebs benötigt wird, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, dieser Einstellung die Zeit zugrunde zu legen, die zum Antworten (auf eine Abfrage) benötigt wird. Auf diese Weise, anstatt immer eine gleiche Zeit lang zu warten, wobei diese Zeit lang genug sein müsste, damit das langsamste Element antworten kann, wird die SPS so konfiguriert, dass sie im Falle der schneller antwortenden Elemente weniger lang auf eine Antwort in Reaktion auf eine Abfrage wartet.

**[0033]** Weiterhin besteht mit Bezug auf [Fig. 4](#) ein weiterer Schritt im Verfahren einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darin, einem Benutzer zu gestatten einzustellen, wie oft ein Controller und ein Überwachungselement abgefragt werden sollen, basierend auf der Frage, wie wichtig es ist, aktuelle Statusinformation von dem Element zu haben. So kann die SPS darauf eingestellt werden, weniger oft mit einem Überwachungselement zu kommunizieren in Fällen, in denen das Überwachungselement, verglichen mit einer typischen Periode zur Ausführung eines Betriebszyklus durch die SPS, Aspekte des Prozesses überwacht, die sich relativ langsam ändern.

**[0034]** Weiterhin besteht mit Bezug auf [Fig. 4](#) ein weiterer Schritt im Verfahren einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darin, zu arrangieren (durch geeignetes Programmieren), dass die SPS automatisch eine permanente TCP-Verbindung zu einem Steuer- oder Überwachungselement, basierend auf einer Analyse der Kommunikationen mit dem Steuer- oder Überwachungselement, benutzt, wie zum Beispiel, ob das Gerät oft genug abgefragt wird, um die Aufrechterhaltung der Verbindung als permanente Verbindung zu rechtfertigen. Eine permanente Verbindung ist lediglich eine TCP-Verbindung zwischen zwei Netzwerk-I/O-Geräten, die nicht geschlossen ist, zumindest nicht gleich nach dem ers-

ten Öffnen, und über die anstehende Transaktionen oder Daten von einem der Geräte an das andere übertragen werden. Stattdessen bleibt die Verbindung offen zum späteren Einsatz beim Übertragen zusätzlicher Transaktionen oder Daten zwischen den beiden Geräten.

**[0035]** Wenn somit der Benutzer das System so einstellt, dass ein bestimmtes Element relativ häufig abgefragt wird, ist es wahrscheinlicher, dass die SPS eine permanente TCP-Verbindung zu dem Element einrichtet.

**[0036]** Solche Verbindungen kosten mehr wegen der allgemeinen Verlangsamung der Netzwerkkommunikationen, sparen dafür aber an Zeit, die zur Durchführung jeder Kommunikation benötigt wird. Im Falle des Ethernet werden durch Einrichten einer permanenten TCP-Verbindung drei Verbindungspakete und drei Unterbrechungspakete für jedes MODBUS-Befehls-/Antwortpaar eliminiert. Normalerweise unterstützt ein allgemeines gebrauchsfertiges Netzwerk nur eine begrenzte Anzahl von permanenten Verbindungen, und eine erfindungsgemäß funktionierende SPS ordnet automatisch ihre Überwachungs- und Steuerelemente nach Rang, basierend darauf, wie häufig jedes Element abgefragt wird, um die begrenzte Anzahl der vom Netzwerk unterstützten permanenten Verbindungen voll auszunutzen.

**[0037]** Weiterhin erlaubt mit Bezug auf [Fig. 4](#) das Verfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dem Benutzer, eins der drei Protokolle für eine Kommunikationstransaktion zwischen der SPS eines industriellen Steuersystems und einem Steuer- oder Überwachungselement auszuwählen; in einem Protokoll würde ein MODBUS-Befehl angeben, ein Speicherregister eines Geräts einmal zu lesen; in einem anderen Protokoll würde ein MODBUS-Befehl angeben, einmal ein Speicherregister eines Geräts zu beschreiben; und in einem dritten Protokoll würde ein MODBUS-Befehl angeben, ein Speicherregister eines Geräts sowohl zu lesen als auch zu beschreiben.

**[0038]** Dann würde der Benutzer bei einem Steuer- und Überwachungselement, welches sowohl Lesen als auch Schreiben gestattet, das Lese-/Schreibprotokoll auswählen, und würde somit eine Zeiteinsparung im Fertigstellen eines Betriebszyklus der SPS erzielen. Für manche Steuer- und Überwachungselemente wird die Information in einem Register entweder nur gelesen, oder die Information wird nur auf das Register geschrieben, und somit würde der Benutzer für diese Elemente als MODBUS-Protokoll für eine Kommunikationstransaktion entweder Register lesen oder Register beschreiben auswählen.

**[0039]** Zum Beispiel würde im Falle eines einzuschaltenden Steuerelements. gemäß gerade ausge-

führter Leiterlogik, wenn das Steuerelement bestätigt, einen Befehl zum Einschalten empfangen zu haben, und wenn das Steuerelement das Lese-/Schreibprotokoll unterstützt, der Benutzer veranlassen, dass die SPS das Lese-/Schreibprotokoll für das Element benutzt. Somit würde ein einziger Befehl an das Steuerelement, sich einzuschalten (oder auszuschalten), das erreichen, wozu sonst zwei getrennte Befehle benötigt würden.

**[0040]** Es versteht sich, dass die oben getroffenen Arrangements nur illustrativ für die Anwendung der Prinzipien der vorliegenden Ausführungsform sind. Ein Fachmann kann sich zahlreiche Modifikationen und andere Arrangements ausdenken, ohne vom Geltungsbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen, und die beigefügten Ansprüche sind dazu gedacht, solche Modifikationen und Arrangements abzudecken.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Anpassung eines Allzweck-Abfrageprotokolls zum Einsatz in einem industriellen Steuersystem, welches einen Controller zur Steuerung eines industriellen Prozesses durch mindestens ein Steuerelement und mindestens ein Überwachungselement über ein Netzwerk zur Kommunikation gemäß eines Modells, das kompatibel mit dem OSI-Siebenschichtenmodell ist, bereitstellt, wobei das Steuerelement und das Überwachungselement jeweils über ein Netzwerk-I/O-Gerät (Eingabe/Ausgabegerät) an das Netzwerk gekoppelt sind, und der Controller die Kommunikation mit den Netzwerk-I/O-Geräten gemäß des Allzweck-Abfrageprotokolls durchführt, und das Verfahren gekennzeichnet ist durch:

– Bestimmen, ob eine Verbindung mit einem Netzwerk-I/O-Gerät eine permanente Verbindung für das Steuerelement oder für das Überwachungselement sein sollte, welche Verbindung auf einer Analyse der Kommunikations-Transaktionen zwischen dem Controller und dem Steuerelement oder dem Überwachungselement basiert, und Einrichten dieser Verbindung als permanent oder nicht-permanent gemäß dieser Bestimmung;

wodurch das Allzweck-Abfrageprotokoll, welches normalerweise in Computer-zu-Computer-Kommunikationen zur Durchführung von Sofort-Abfragen eines externen Geräts benutzt würde, an den Einsatz des industriellen Steuersystems für die häufige Kommunikation von Steuer- und Überwachungsinformation zwischen dem Controller und dem Steuer- oder Überwachungselement des industriellen Steuersystems angepasst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die permanente Verbindung eine Verbindung auf der Transportschicht des Netzwerk-Kommunikationsprotokolls ist, die offen bleibt zum späteren Einsatz nach einem frü-

heren Einsatz.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Analyse der Kommunikationen zwischen dem Controller und dem Steuerelement oder dem Überwachungselement darin besteht, zu bestimmen, ob das Steuerelement oder das Überwachungselement oft genug abgefragt wird, um die Aufrechterhaltung der Verbindung als permanente Verbindung zu rechtfertigen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend den Schritt

a) Ausnutzen eines verfügbaren Protokolls, in dem ein einzelner Befehl des Controllers sowohl eine Register-Leseanweisung als auch eine Register-Schreibanweisung durchführt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Benutzer fähig ist, das besagte Protokoll oder eins der folgenden Protokolle zu benutzen:

ein Protokoll, in dem ein einzelner Befehl des Controllers eine Register-Leseanweisung durchführt; und  
ein Protokoll, in dem ein einzelner Befehl des Controllers eine Register-Schreibanweisung durchführt.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei das jedes Protokoll kompatibel mit dem offenen MODBUS/TCP-Protokoll ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend die Schritte:

Rate Tuning (Abstimmen) des Controllers, um einzustellen, wie oft er mit dem Steuerelement und wie oft mit dem Überwachungselement kommunizieren soll; und

Duration Tuning (Abstimmen) des Controllers, um einzustellen, wie lange er auf Antwort des Steuerelements oder des Überwachungselements in Reaktion auf eine Abfrage warten soll.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Netzwerk ein Ethernet-Netzwerk ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Controller eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

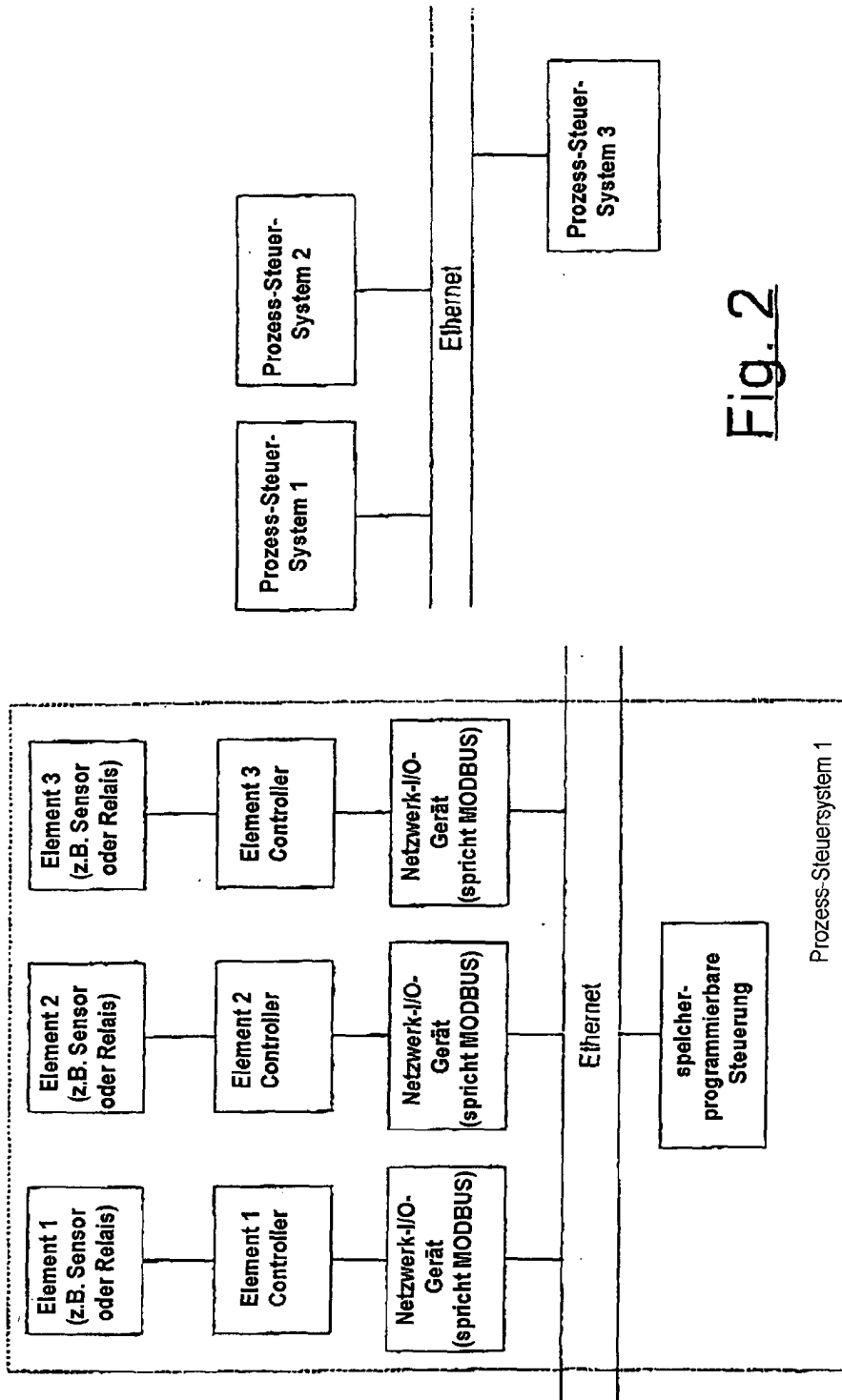


Fig. 1

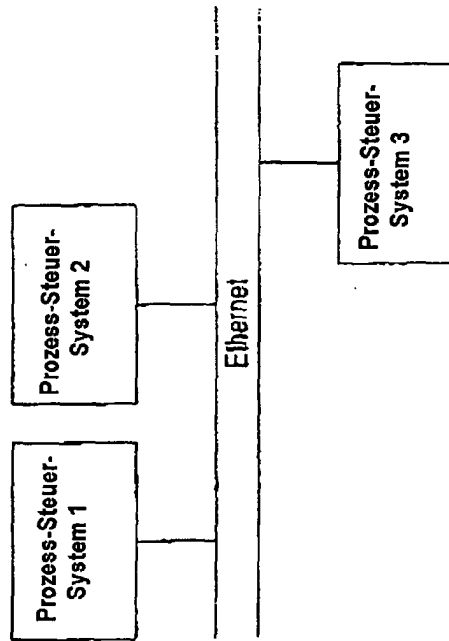
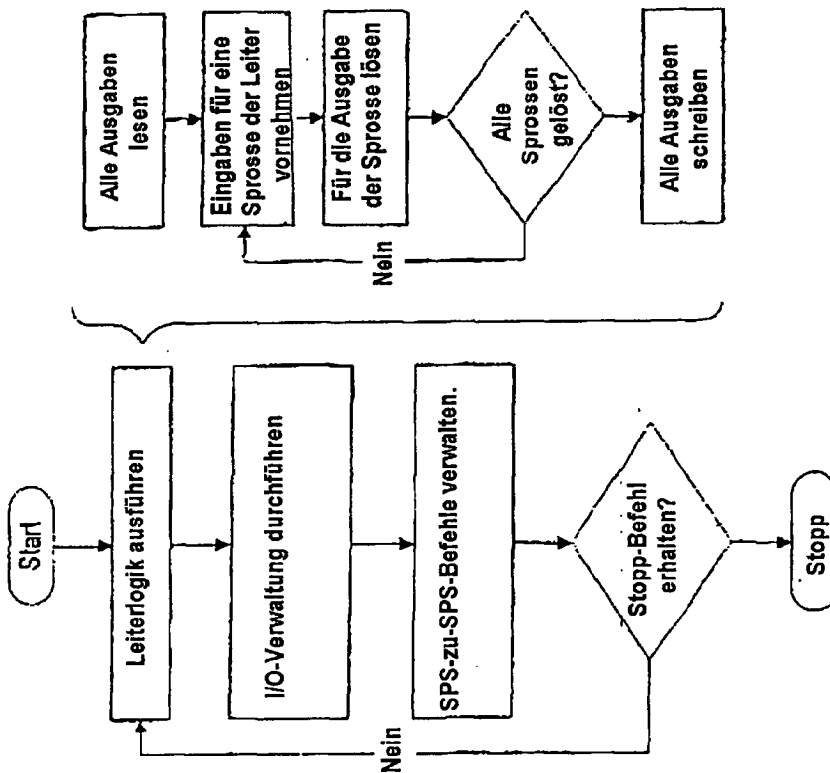


Fig. 2





**Fig. 3**

<p>Einstellen erlauben, wie lange auf Antwort von einem Steuer- oder Überwachungselement auf eine Anfrage gewartet werden soll, auf der Basis, wie lange das Element typisch für die Antwort braucht.</p>
<p>Einstellen erlauben, wie lange auf Antwort von einem Steuer- oder Überwachungselement auf eine Abfrage gewartet werden soll, basierend darauf, wie wichtig es ist, aktuelle Statusinformation von dem Element zu haben.</p>
<p>Benutzen einer permanenten Netzwerkverbindung zu einem Netzwerk-I/O-Gerät für ein Steuer- oder Überwachungselement, wenn das Element oft genug abgefragt wird.</p>
<p>Auswählen eines von drei Modbus-Protokollen für eine Kommunikationstransaktion erlauben:          Register lesen, Register beschreiben oder Register eines Netzwerk-I/O-Geräts für ein Steuer- oder Überwachungselement lesen und beschreiben.</p>

**Fig. 4**