



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 03 938 T3 2007.05.16

(12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) EP 0 938 714 B2

(51) Int Cl.⁸: **G06Q 10/00 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 03 938.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB97/03118**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 912 338.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/022897**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.11.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **28.05.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.09.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.01.2001**

(97) Veröffentlichungstag
des geänderten Patents beim EPA: **04.10.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.05.2007**

(30) Unionspriorität:
96308478 22.11.1996 EP

(72) Erfinder:
LESAINT, David, Suffolk IP1 4AX, GB;
VOUDOURIS, Christos, Suffolk IP4 5UP, GB;
AZARMI, Nader, Colchester, Essex CO7 9RT, GB;
LAITHWAITE, Robert Noel William, Near Ipswich,
Suffolk IP10 0DY, GB; O'DONOGHUE, John
Joseph, Ipswich, Suffolk IP3 9AH, GB; NOBLE,
Andrew Paul, Richmond, Surrey TW9 3DQ, GB;
WALKER, Paul, Bolton BL2 6NP, GB; ALLETSON,
Ian Stuart, Rochdale, Lancashire OL12 6TB, GB

(73) Patentinhaber:
(at)Road Ltd., Ipswich, Suffolk, GB

(74) Vertreter:
BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538
München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IE, IT, NL

(54) Bezeichnung: **RESSOURCENZUORDNUNG**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung der Zuordnung mehrerer Ressourcen zu mehreren Aufgaben und eine Einrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens. Es ist besonders zur Verwendung in Situationen geeignet, in denen sich sowohl die Verfügbarkeit der Ressourcen als auch die auszuführenden Aufgaben dynamisch ändern. Ein Beispiel für eine derartige Situation ist die Zuordnung von Aufgaben für einen Stab von Personal, wie z.B. bei der Ambulanz oder bei Taxifahrern, bei einem ambulanten Fahrzeugreparatur-Service oder einem Wartungsdienst für ein verteiltes System, wie das Strom- oder Wasserversorgungssystem oder ein Telekommunikationsnetz.

[0002] In solchen Situationen ist die Arbeitsbelastung höchst variabel und häufigen Änderungen unterworfen, und die Aufgaben müssen in Echtzeit zugeordnet werden, da die erforderlichen Ansprechzeiten eine Dauer haben, die in der Größenordnung der Aufgaben selbst liegt und sehr viel kürzer sind als der Arbeitstag eines Technikers lang ist. Die Dauer der einzelnen Aufgaben ist selbst äußerst variabel und oft nicht vorhersagbar, was die Ressourcenverfügbarkeit für solche Aufgaben beeinträchtigt, die darauf warten, zugeordnet zu werden.

[0003] Bei einem System vom Stand der Technik, das in der internationalen Patentanmeldung WO 95/26535 offenbart ist, ist ein System beschrieben, in dem für jede Ressource der Zeitpunkt geschätzt wird, zu dem diese verfügbar wird. Jeder Aufgabe wird eine zeitabhängige Funktion zugeordnet, die im folgenden als "Kostenfunktion" bezeichnet wird. Diese Kostenfunktion ist ein Maß für die sich ergebenden Konsequenzen, wenn eine Ressource zu einem vorgegebenen Zeitpunkt einer Aufgabe zugeordnet wird. Wenn beispielsweise eine Ressource nicht innerhalb eines Zeitraums zugeordnet werden kann, der dem Kunden zugesagt wurde, kann eine an den Kunden zahlbare Entschädigung fällig werden. Weitere Faktoren sind die Fahrzeiten zu den Aufgaben, von den Aufgaben und zwischen den Aufgaben, sowie Leerzeiten (die auftreten, wenn eine Ressource die nächste zugeordnete Aufgabe nicht sofort erfüllen kann, und bis diese Ressource verfügbar wird, um dieselbe zu erledigen, z.B. bevor ein Zugang zu Gebäuden möglich ist, oder bevor eine in der Reihenfolge vorhergehende Aufgabe erledigt worden ist). Für jede Kombination von Aufgaben mit Ressourcen können die voraussichtlichen Kosten berechnet werden. Diese Kosten sind die Summe der Werte der zeitabhängigen Funktionen für jede Aufgabe zu dem Zeitpunkt, in dem die dieser Aufgabe zugewiesene Ressource verfügbar wird, um die Aufgabe zu erledigen. Sodann wird die Kombination bestimmt, die die niedrigsten Gesamtkosten verursacht.

[0004] In dem oben angegebenen Patent sind zusätzliche Merkmale offenbart, die sicherstellen, daß inkompatible Aufgaben/Ressourcen-Kombinationen nicht zugewiesen werden, und mit denen die Kompliziertheit der Berechnung durch die Angabe von Prioritäten bei den Aufgaben und den Ressourcen vermindert werden kann. Der Zuordnungszeitplan kann durch regelmäßigen Durchlauf des Programms (z.B. alle fünf Minuten) oder auf Anforderung (z.B., wenn ein Techniker eine neue Aufgabe anfordert, oder wenn dem System eine neue Aufgabenanforderung hinzugefügt wird) aktuell gehalten werden.

[0005] Bei diesem System ist ein großer Datenverarbeitungsaufwand erforderlich, da der gesamte Zuordnungszeitplan jedes Mal, wenn das Programm anläuft, vom Notizblock aus konstruiert werden muß. Eine derartige Anordnung ist möglich, wenn die Zuordnungskriterien selbst relativ einfach sind, auch wenn hier viele einzelne Elemente (Aufgaben und Ressourcen) inbegriffen sein können. Das Problem wird spürbarer, wenn es sich um komplexe Wechselbeziehungen zwischen den Aufgaben oder dem damit befaßten Personal handelt. So können beispielsweise für einige Aufgaben zwei oder mehr Personen benötigt werden, die gleichzeitig an verschiedenen Orten sein müssen, um die Integrität einer Verbindung zwischen den zwei Orten zu bestimmen. In anderen Fällen kann es sein, daß die Aufgaben in einer spezifizierten Sequenz auszuführen sind, und es kann für ihre Erledigung unterschiedliches Personal erforderlich sein.

[0006] Da das System vom Stand der Technik in Echtzeit läuft, ist die für den Lauf des Programms verfügbare Zeit begrenzt, weshalb es nur eine Aufgabe oder höchstens ganz wenige Aufgaben im voraus zeitlich festlegen kann. Es ist daher möglich, daß sich ein Zeitplan ergibt, der auf längere Sicht unter dem Optimum bleibt, was insbesondere dann gilt, wenn Aufgaben betroffen sind, die einen großen Teil des Tages oder auch mehrere Tage benötigen, da es nicht möglich ist, die Verfügbarkeit der Ressourcen bei einem solchen System auf längere Sicht einfach zu berücksichtigen.

[0007] Ein weiteres Problem beim Echtzeitverfahren ist, daß, wenn eine Aufgabe mit einer hohen Priorität zu erledigen ist und mehrere Techniker sie ausführen können, das oben beschriebene Echtzeitverfahren vom Stand der Technik sie als die nächste Aufgabe für einen speziellen einzelnen Techniker plant. Dieser würde normalerweise nach den Technikern ausgewählt, die dem geographischen Ort der Aufgabe am nächsten sind und von denen vorhergesagt ist, daß sie ihre gegenwärtige Aufgabe als erste erledigen. Wenn sich jedoch bei dem ausgewählten Techniker die gegenwärtigen Aufgabe verzögert, so daß die Sollzeit für diese nächste Aufgabe gefährdet ist, können andere Techniker, die verfügbar werden,

nicht an seiner Stelle zugeordnet werden, es sei denn, der gesamte Zeitplanerstellungsprozeß wird erneut gestartet. Bis das geschieht, bleibt die Aufgabe für eine Erledigung durch den ersten Techniker geplant.

[0008] Ein alternativer Zugang, der sich im vorhinein mit komplexen Wechselbeziehungen und mit langfristigen Aufgaben beschäftigt, besteht darin, einen Zeitplan für einen ganzen Tag (oder sogar länger) auszuarbeiten. Das läßt sich sehr rigoros durchführen, indem dieser Aufgabe eine Menge an Computerzeit gewidmet wird (z.B. nachts). Das Ergebnis ist jedoch nicht einfach an sich ändernde Umstände anzupassen, ganz einfach wegen der umfangreichen Computerzeit, die für die Herstellung des Zeitplans zunächst einmal aufzuwenden ist.

[0009] G.J. Garwood und A.C. Robinson haben in: "Work Management System", British Telecommunications Engineering Journal, Band 10, Oktober 1991, einen Vorschlag gemacht, um verschiedene Systeme zu betreiben, eines der oben genannten beiden kommt einem "Echtzeit"-System nahe, das sich mit relativ einfachen, aber dringenden Fällen befaßt, die für eine Echtzeitplanung geeignet sind, sowie einem "Zeitplanaufbau"-System für komplexere, aber weniger dringende Fälle, die sich eher für ein komplexes, jedoch sehr viel langsameres Zeitplanungsverfahren eignen. Dieser Vorschlag weist jedoch eine Reihe von Nachteilen auf. Zunächst muß eine Anfangsentscheidung erfolgen, welche Ressourcen und Aufgaben jedem System zugeordnet werden sollen. Die Ressourcen können zwischen den Systemen nicht hin- und hergeschaltet werden (z.B. in dem Sinne, daß in einem System eine Kurzzeitaufgabe zu erfüllen ist, die zwischen zwei größeren Aufgaben in einem anderen System erledigt werden kann). Eine Verknüpfung kann zwischen den zwei Systemen vorgesehen sein, so daß, wenn einer der komplexen Zeitpläne aus einem nicht vorhersehbaren Grunde nicht erfüllt werden kann, Ressourcen und Aufgaben, nicht mehr verwendet bzw. ausgeführt werden können, der ursprüngliche komplexe Zeitplan in das Echtzeit-Planungssystem übertragen wird. Das Echtzeit-Planungssystem ist jedoch nicht so konfiguriert, daß es sich mit solchen Aufgaben befaßt. So ist insbesondere der Echtzeit-Disponent beschränkt darauf, nur Aufgaben zu berücksichtigen, deren Zielzeit unmittelbar bevorsteht, da die Notwendigkeit einer raschen Antwort die Prüfung irgendwelcher weiteren Aufgaben ausschließt.

[0010] Die Erfindung betrifft eine Aufgaben-Zuordnungseinrichtung gemäß Anspruch 1.

[0011] Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes Verfahren gemäß Anspruch 12.

[0012] In dieser Anordnung besteht eine engere Ko-

operation zwischen den beiden grundlegenden Prozessen, als es in den Anordnungen vom Stand der Technik vorgesehen ist. Der Anfangs-Zeitplan ist aus Aufgaben aufgebaut, die aus mehreren Gründen schwer zuzuordnen sind. Dieser Zeitplan wird dann vervollständigt oder modifiziert, indem aktualisierte Informationen verwendet werden.

[0013] Bevorzugt werden die Anfangs-Zeitpläne periodisch erzeugt, und die so erzeugten Anfangs-Zeitpläne werden in Abhängigkeit vom Empfang von Daten zwischen solchen periodischen Erstellungen der Anfangs-Zeitpläne modifiziert. Diese Periodizität kann vom Benutzer so ausgewählt werden, daß sie mit seinen Anforderungen übereinstimmt. Wenn die Zeitpläne relativ häufig erzeugt werden, kann der Benutzer die Prozedur durchlaufen lassen, wobei die ursprüngliche Erzeugungsprozedur dominiert, wodurch gewährleistet ist, daß der gegenwärtige Anfangs-Zeitplan auf dem neuesten Stand ist und nur einige wenige Zeitpläne mit Hilfe von neuen Daten zwischen den einzelnen Durchläufen der Erzeugungsprozedur modifiziert werden. Alternativ dazu, wenn die Zeitpläne weniger häufig erzeugt werden, wird die Modifizierungsprozedur dominieren (da mehr Zeitpläne seit dem letzten Durchlauf der Erzeugungsprozedur modifiziert werden müssen), aber dadurch kann in der längeren Zeit zwischen den Aktualisierungen eine rigorosere Lösung erzeugt werden.

[0014] Darüber hinaus kann der Benutzer wählen, wieviel Verarbeitung in jeder Prozedur erfolgen soll. Je mehr Verarbeitung in der Anfangsprozedur erfolgt, desto genauer ist der erstellte Zeitplan. Hierfür ist aber mehr Verarbeitungszeit erforderlich, in der mit dem Eingang neuer Eingangsdaten der erstellte Zeitplan obsolet wird. Die Modifizierungsprozedur kann während der periodischen Erzeugung der Anfangs-Zeitpläne angehalten werden, wobei die aktualisierte Information zur Modifizierung der Anfangs-Zeitpläne verwendet wird, wenn die Erstellung abgeschlossen ist. Alternativ dazu kann die Modifizierungsprozedur während der periodischen Erzeugung der Anfangs-Zeitpläne fortgesetzt werden, wobei die so modifizierten Zeitpläne den Anfangs-Zeitplänen als Modifikationen eingegeben werden, wenn die Erstellung abgeschlossen ist.

[0015] Wenn ein wesentliches aktualisiertes Daten-element erhalten wird, mit dessen Hilfe die vorhandenen oder die gerade in Arbeit befindlichen Zeitpläne redundant gemacht werden können, kann die Zeitplanerzeugungsprozedur zu einem anderen als dem Zeitpunkt initiiert werden, der durch die oben angegebene Periodizität bestimmt ist.

[0016] In einer bevorzugten Anordnung umfaßt die Zeitplanerzeugungsfunktion eine erste Bestimmungsstufe zur Festlegung ausgewählter Aufgaben und

eine zweite Optimierungsstufe zur Festlegung des Ablaufs der verbleibenden Aufgaben
 eine Einrichtung zur Auswahl von Aufgaben, die durch die erste Bestimmungsstufe festzulegen sind, und wobei die zweite Optimierungsstufe die Aufgaben behandelt, die von der ersten Stufe als festliegend bestimmten wurden. In der bevorzugten Ausführungsform wird die zweite Stufe nach einem stochastischen Verfahren betrieben

[0017] Bevorzugt werden Gruppen von verknüpften Aufgaben, für die mehr als eine Ressource benötigt wird, oder die eine Sequenz von Aufgaben bilden, zur Festlegung des Zeitplans durch die erste Bestimmungsstufe ausgewählt.

[0018] Diese Architektur ermöglicht es, daß die Erstellung des Zeitplans in mehreren Stufen erfolgt, wobei verglichen mit Aufgaben, die schwieriger zuzuordnen, aber weniger anfällig für Änderungen sind, mehr veränderliche, aber leichter zuzuordnende Aufgaben in unterschiedlicher Art und Weise behandelt werden. Das System ist vorteilhaft angeordnet, so daß optimierte Zeitpläne periodisch erzeugt werden, wobei die Modifizierungsprozedur zwischen der Erstellung solcher Zeitpläne Kurzzeitänderungen durchführt. Dadurch ist es möglich, daß für den Prozeß der Zeitplanerstellung mehr Zeit zur Verfügung steht, wodurch er eine optimalere Lösung erzeugen und/oder mehr Daten verwenden kann (d.h. im voraus), als das der Fall wäre, wenn seine Laufzeit durch die Notwendigkeit, Kurzzeitänderungen in Echtzeit vorzunehmen, eingeschränkt wäre.

[0019] Die beschriebene Architektur ist modular, so daß die einzelnen Stufen der Zeitplanerstellung und -modifizierung jeweils unabhängig von den anderen Stufen angepaßt oder ersetzt werden können.

[0020] Die Begriffe "bestimmend/festlegend" und "stochastisch" der vorliegenden Beschreibung sind als Unterscheidung zwischen den unterschiedlichen Betriebsverfahren der zwei Stufen zu verstehen. Die Bestimmungsstufe arbeitet gemäß den Zuordnungsregeln, die von der mit dem System arbeitenden Person in das System aufgrund von Erfahrungen auf dem Gebiet der Erstellung eines Teilzeitplans eingegeben werden. Dieser Teilzeitplan ist eine grob bestimmte optimale Lösung zur Festlegung solcher Aufgaben, die für eine Eingabe in das System ausgewählt wurden. Die Optimierungsstufe fügt sodann weitere Aufgaben hinzu, deren Zeitplan relativ einfach gegenüber dem Teilzeitplan festzulegen sind, um einen vollständigen, aber im allgemeinen nicht optimalen Zeitplan zu erhalten, und sucht dann nach Verbesserungen für diese nicht optimale Lösung, aber mit der Einschränkung, daß sie die Teile der Lösung nicht ändern kann, die von der Bestimmungsstufe erzeugt worden sind. In der beschriebenen Ausführungsform stellt der Optimierungsprozeß ein simulier-

tes Glühen dar. Das ist ein Beispiel für eine stochastische Suchtechnik, d.h., eine Suchtechnik, die ein eingeschränktes Zufallsverfahren anwendet, nämlich ein Verfahren mit einem Element an Zufälligkeit mit Einschränkungen oder Gewichtungen, wobei die Suche auf die Gebiete beschränkt ist, in denen eine Lösung am wahrscheinlichsten ist, nicht jedoch auf komplette Gebiete mit einer niedrigeren Trefferwahrscheinlichkeit ausgedehnt wird. Diese Techniken sind zum Auffinden beinahe optimaler Lösungen zweckmäßig, wenn der zu durchsuchende "solution space" (Lösungsraum) bekannte allgemeine Charakteristika aufweist, so daß das Verfahren auf die besten Suchgebiete gerichtet werden kann. Andere stochastische Techniken, wie z.B. "Hill Climbing", "Tabu Search" und "Genetic Algorithm" oder erschöpfende systematische Suchtechniken könnten unter geeigneten Umständen angewendet werden, wie im folgenden beschrieben ist. Die Zeitplanerstellungseinrichtung kann ferner eine dritte Nach-Optimierungsstufe umfassen, in der die von der Optimierungsstufe erzeugten Zeitpläne analysiert werden, um die einzelnen Zeitpläne zu identifizieren, bei denen eine weitere Optimierung erforderlich ist. Diese Zeitpläne werden zur weiteren Optimierung zur weiteren Iteration in die Optimierungsstufe eingegeben, wobei die weitere Iteration der Optimierungsstufe die Zeitpläne als festgelegt behandelt, die nicht als einer weiteren Optimierung bedürftig gekennzeichnet wurden.

[0021] Die Zeitplanmodifizierungsprozedur kann mehrere Auswahlsschritte enthalten, wobei in jedem dieser Schritte die mehreren Aufgaben, die darauf warten, ausgeführt zu werden, beurteilt werden, um zu bestimmen, ob eine Aufgabe einer vorgegebenen Priorität, die zur Ausführung durch die erste Ressource (typischerweise eine Ressource, von der festgehalten ist, daß sie eine neue Aufgabe angefordert hat) geeignet ist, verfügbar ist, und diese Aufgabe wird der ersten Ressource nach Identifizierung zugeordnet, wobei jeder Auswahlsschritt so ist, daß er Aufgaben einer sukzessive abfallenden Priorität identifiziert, so daß Aufgaben einer hohen Priorität bevorzugt vor Aufgaben mit niedrigerer Priorität zugeordnet werden, unabhängig davon, ob sie im optimierten Anfangs-Zeitplan für die Ressource enthalten waren. Zumindest kann einer der Auswahlsschritte zunächst bestimmen, ob der optimierte Anfangs-Zeitplan der Ressource eine ausführbare Aufgabe der vorgegebenen Priorität enthält, und kann die Aufgabe, falls vorhanden, auswählen, oder, falls der optimierte Anfangs-Zeitplan der Ressource keine solche Aufgabe enthält, bestimmen, ob eine Aufgabe dieser Priorität vorhanden ist, für die kein Zeitplan erstellt wurde, und, falls vorhanden, eine solche Aufgabe auswählen.

[0022] In der vorliegenden Beschreibung bedeutet der Begriff "geplante Aufgabe" die Aufgabe, die gegenwärtig vorläufig einer Ressource zugeordnet wird

– diese Aufgabe kann schließlich einer anderen Ressource zugeordnet werden, wenn der Zeitplan revidiert wird. Wie oben beschrieben, weisen die Systeme vom Stand der Technik die Aufgaben den speziellen Ressourcen vorab zu, ausgenommen sind andere geeignete Ressourcen, denen, falls sie als erste verfügbar werden, eine andere geeignete Aufgabe zugeordnet wird. Beim erfindungsgemäßen System, kann, obwohl eine Aufgabe mit einer hohen Priorität ursprünglich einem speziellen Techniker zugeordnet war, diese auch einem anderen Techniker, der sich an einer geeigneten Stelle befindet und befähigt ist, die Aufgabe auszuführen, zugeordnet werden, falls dieser sich als erster meldet, was außerordentlich nutzbringend für die Zeitpläne ist. Der Anfangs-Zeitplan für den zweiten Techniker wird dann aufgehoben und jede Aufgabe in diesem Zeitplan wird als Aufgabe ohne Zeitplan angesehen, bis ein Techniker sich meldet, der für die Aufgabe geeignet ist. Hierbei kann es sich um den ersten Techniker handeln, wenn dessen technische Fähigkeiten dafür geeignet sind und sein geographischer Standort passend ist und er anruft, bevor die Aufgabe anderswohin vergeben wurde. Es könnte sich auch um den zweiten Techniker handeln (d.h. den, für den die Aufgabe ursprünglich vorgesehen war), der, nachdem er die erste Aufgabe beendet hat, immer noch Zeit hat, die ursprünglich vorgesehene Aufgabe zu erledigen. Die Aufgabe wird jedoch typischerweise einem dritten Techniker zugeordnet, dessen eigener Zeitplan wiederum unterbrochen wird.

[0023] Um eine sich unkontrolliert fortsetzende Unterbrechnung der Zeitpläne zu verhindern, kann das System so ausgeführt sein, daß Änderungen auf eine ausgewählte Gruppe von Ressourcen und Aufgaben beschränkt bleiben. Hierbei kann es sich um solche Ressourcen handeln, die aufeinander bezogene Characteristika aufweisen, wie beispielsweise die gleichen gegenwärtigen geographischen Positionen und/oder die gleiche geschätzte Zeit zur Erledigung der gegenwärtigen Aufgabe und/oder das gleiche fachliche Können und/oder den gleichen Typ von Aufgaben, die gegenwärtig zur Ausführung vorgesehen sind. Eine auf den Bereich des "Lösungsraums" (die begrifflich multi-dimensionale Matrix von Ressourcen, Aufgaben, Zeit, Ort etc.) beschränkte Modifizierung der Zeitpläne, die durch diese Ressourcen repräsentiert ist, gewährleistet, daß irgendeine Änderungen der Zeitpläne sich relativ langsam im Lösungsraum ausbreiten und es daher unwahrscheinlich ist, daß dies zu einem totalen Zusammenbruch des Zeitplans führt. Insbesondere dann, wenn bestimmte Aufgaben, die als schwierig zuzuordnen gekennzeichnet sind, nicht unterbrochen werden dürfen, wird dadurch gewährleistet, daß im Lösungsraum "Stabilitätsinseln" vorhanden sind, die die Tendenz haben, daß sich die Rate, mit der sich solche Unterbrechungen über den Lösungsraum ausbreiten, reduziert.

[0024] Den mehreren Aufgaben können weitere Aufgaben hinzugefügt werden, die in der Zeitplanmodifizierungsprozedur nach der Erstellung der Anfangs-Zeitpläne zu berücksichtigen sind, wodurch das System in die Lage versetzt wird, eilige Aufgaben in einer kürzeren Zeitskala als bei der Erstellung der Anfangs-Zeitpläne zuzuordnen.

[0025] In einem dritten Aspekt ist eine Computereinrichtung zur Zuordnung mehrerer Aufgaben zu mehreren Ressourcen angegeben, wobei die Computereinrichtung eine Zentralprozessoreinheit, einen Speicher, eine Eingabeeinrichtung und eine Ausgabeeinrichtung umfaßt, und der Speicher ein Programm zur Steuerung des Computers enthält, das so ausgelegt ist, daß es auf der Basis einer vorhergesagten Verfügbarkeit von Ressourcen, Aufgabenprioritäten und der Eignung von Aufgaben für die Ressourcen einen Anfangs-Zeitplan speichert, und die gekennzeichnet ist durch Ausführung der folgenden Schritte:

- wenn eine Ressource verfügbar wird, Beurteilung der mehreren Aufgaben, die auf ihre Ausführung warten, um zu bestimmen, ob eine Aufgabe mit einer hohen Priorität, die geeignet ist, von der Ressource ausgeführt zu werden, verfügbar ist, und Zuordnung derselben zu der Ressource,
- wenn keine solche Aufgabe zur Ausführung durch die Ressource verfügbar ist, Beurteilung der nächsten Aufgabe im optimierten Anfangs-Zeitplan, um zu bestimmen, ob sie ausgeführt werden kann, und, wenn sie ausgeführt werden kann, Zuordnung derselben zu der Ressource,
- wenn die nächste Aufgabe nicht zur Ausführung durch die Ressource verfügbar ist, Zuordnung einer Aufgabe mit einer niedrigeren Priorität aus den mehreren Aufgaben zu der Ressource.

[0026] Eine Ausführungsform der Erfindung wird im folgenden lediglich in Form eines Beispiels unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

[0027] [Fig. 1](#) eine allgemeine Anordnung einer Einrichtung, die einen Computer X umfaßt, der für den erfindungsgemäßen Betrieb eingerichtet ist.

[0028] [Fig. 2](#) die einzelnen Komponenten des Computers X von [Fig. 1](#).

[0029] [Fig. 3](#) ein funktionelles Blockdiagramm einer Anfangs-Zeitplanerstellungseinrichtung zur Erzeugung eines optimierten Anfangs-Zeitplans, bei dem die Ressourcen den Aufgaben provisorisch zugeordnet werden. Die zwei grundlegenden Komponenten sind

eine Bestimmungsstufe (Vorschneider) **30** und eine stochastische Optimierungsstufe (Optimierungs-Untereinheit) **31**.

[0030] [Fig. 4](#) ein funktionelles Blockdiagramm einer Modifizierungseinrichtung des Zeitplans **40** zur Zuordnung von Ressourcen zu Aufgaben in Echtzeit, wenn die Ressourcen verfügbar werden, wobei der optimierte Anfangs-Zeitplan verwendet wird, der durch die Zeitplanerstellungseinrichtung von [Fig. 3](#) erzeugt wurde.

[0031] [Fig. 5](#) einen Ablaufplan, der den Betrieb des Vorschudlers **30** von [Fig. 3](#) zeigt.

[0032] [Fig. 6](#), [Fig. 7](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) die sich mit der Zeit ändernden Kosten für die Zuordnung einer Aufgabe in fünf unterschiedlichen Situationen.

[0033] [Fig. 10](#) einen Ablaufplan, der den Betrieb der Optimierungs-Untereinheit **31** von [Fig. 3](#) zeigt.

[0034] [Fig. 11](#) eine Darstellung des simulierten Glühverfahrens, das in der Optimierungs-Untereinheit **31** angewendet wird.

[0035] [Fig. 12](#), [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) Ablaufpläne des Verfahrens, mit dem den Technikern Aufgaben durch das Zuordnungssystem von [Fig. 4](#) zugeordnet werden, die auf dem optimierten Anfangszeitplan beruhen, der von der in [Fig. 3](#) gezeigten Einrichtung erzeugt wurde, sowie Echtzeitmodifizierungen dieses Zeitplans.

[0036] [Fig. 15](#), [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) drei Betriebsarten der erfindungsgemäßen Einrichtung.

[0037] [Fig. 1](#) zeigt ein Telekommunikationssystem, das durch einen Block **N** dargestellt ist, der von einem Fehlerüberwachungssystem FMC überwacht wird. Das Fehlerüberwachungssystem FMC erfaßt Fehler im Netzwerk, die Aufmerksamkeit erfordern, und erhält ferner Eingaben von einer Bedienungsperson, beispielsweise im Hinblick auf eine geplante Wartung, um die Aufgabenanforderungen J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7 zu erzeugen, die von einem Stab von Technikern zu erfüllen sind. Die Aufgabenanforderungen werden einem Ressourcen-Zuordnungssystem eingegeben, das ein Gerät in Form eines Computers X zur Zuordnung der Ressourcen zu Aufgaben enthält, das erforderlichenfalls zur Kommunikation über das Telekommunikationsnetzwerk N mit tragbaren Endgeräten H1, H2, H3 befähigt ist. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, kommuniziert das Endgerät H1 gegenwärtig über eine Verbindung C mit dem Computer X. Bei jedem der tragbaren Endgeräte kann es sich um ein Husky-Modell FS/2 handeln, die von Husky Computers Ltd., Coventry, England, hergestellt werden, es können aber auch andere geeignete Geräte verwendet werden.

[0038] In einer realen Situation sind viele Techniker (typischerweise einige Hundert) und viele Aufgaben vorhanden. Eine Gruppe von hundert Technikern

kann typischerweise sechshundert Aufgaben an einem Tag erledigen. Daher werden an einem normalen Tag in das System 600 Aufgaben eingegeben und 600 Aufgaben entfernt, nachdem sie erledigt wurden. All die neuen Aufgaben und eine Verhältnisgleichung der Erledigungen macht Änderungen des Tagesprogramms erforderlich. Daher sind, obwohl sich der individuelle Zeitplan eines Technikers nur einige Male pro Tag ändert, im Durchschnitt in einer Minute zwei Änderungen des Gesamtplans während eines Arbeitstages von acht Stunden erforderlich. Natürlich ist in dieser Zahl eine wesentliche Fluktuation versteckt, z.B. erfolgt eine große Anzahl von Eingaben zu Beginn des Arbeitstages, wenn Fehler, die nachts aufgetreten sind, bemerkt und gemeldet werden.

[0039] Zu Illustrationszwecken kommen im vorliegenden Beispiel nur drei Techniker, T1, T2, T3, vor, die jeweils mit den Endgeräten H1, H2 und H3 ausgestattet sind. Gegenwärtig sind die Techniker mit den Aufgaben J1, J2, J3 beschäftigt und es gibt vier weitere Aufgaben, J4, J5, J6 und J7 die darauf warten, bearbeitet zu werden. Die Techniker T1, T2, T3 können ihre Endgeräte H1, H2 und H3 verwenden, um die Erledigung einer Aufgabe zu melden und um vom Computer X Anweisungen für die Erledigung der nächsten Aufgabe zu erhalten.

[0040] Zu Illustrationszwecken können die drei Techniker T1, T2, T3 als Teil eines Arbeitsstabes zur Erledigung von Arbeiten am Telekommunikationsnetzwerk N betrachtet werden. Bei dem zu überwachenden System muß es sich jedoch nicht um ein Telekommunikationssystem handeln, es kann ganz vom Telekommunikationssystem getrennt sein, über das die Endgeräte mit dem Computer X kommunizieren.

[0041] Die Basiskomponenten des Computers sind in [Fig. 2](#) gezeigt. Dieser umfaßt eine Tastatur **21**, eine Zentralprozessoreinheit (CPU) **22**, ein Sichtgerät (Ausgabeeinrichtung) **23**, einen Speicher **24** und einen Eingangs-/Ausgangs-Port **25**. Die Daten und die Programme zur Steuerung des Computers X sind im Speicher **24** gespeichert. Der Eingangs-/Ausgangs-Port **25** verbindet den Computer mit dem Telekommunikationssystem, das die Kommunikationsverbindungen zwischen Computer X und den tragbaren Endgeräten H1, H2 und H3 liefert. Der Computer X kann auch Alarmsignale von einem Fehlerüberwachungssystem überprüfen, das mit dem Telekommunikationsnetzwerk verbunden ist.

[0042] Der Computer X ist mit einem Hauptprogramm zur Zuordnung der Techniker zu den Aufgaben ausgestattet. Das Hauptprogramm ist in einen Satz von Routinen unterteilt. Die allgemeinen Strukturen des Programms, der individuellen Routinen und des vom Programm angewendeten Verfahrens zur Zuordnung der Techniker zu den Aufgaben ist im fol-

genden im Einzelnen beschrieben.

[0043] In [Fig. 1](#) hat der Techniker T1 die Aufgabe J1 erledigt und ruft mit seinem Endgerät H1 über die Kommunikationsverbindung C den Computer X an, um Instruktionen für seine nächste Aufgabe zu erhalten. Das Problem ist, zu bestimmen, welche der Aufgaben J4, J5, J6, J7 der Techniker T1 als nächstes ausführen soll. Das vom Hauptprogramm des Computers X verwendete Verfahren berücksichtigt:

- ob der Techniker jede einzelne Aufgabe ausführen kann,
- die Zeit, die der Techniker benötigt, um zum Ort jeder Aufgabe zu fahren,
- die Zeit, die der Techniker benötigt, um jede Aufgabe zu erfüllen,
- die Wichtigkeit jeder Aufgabe, bestimmt z.B. durch die Anzahl der Kunden, die betroffen sind und die Geldstrafen die fällig werden, wenn die Aufgabe nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums erledigt wird oder ob sie überhaupt erledigt wird, und
- die Verfügbarkeit der anderen Techniker T2 und T3.

[0044] Die Verfügbarkeit dieser anderen Techniker hängt vom Zeitpunkt ab, an dem jeder von ihnen verfügbar wird, was wiederum von der Dauer ihrer gegenwärtigen Aufgaben und vom Zeitpunkt abhängig ist, an dem die Techniker diese begonnen haben, sowie von der Fahrzeit, die erforderlich ist, um den Ort der Aufgabe von ihrem gegenwärtigen Aufenthaltsort aus zu erreichen.

[0045] Die Zeit bis zur Erledigung einer Aufgabe kann nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden, da die Aufgaben in vielen Fällen die Untersuchung und Beseitigung eines gemeldeten Problems beinhalten. Bis das Problem untersucht ist, kann die Zeit, die zu seiner Beseitigung benötigt wird, nur mit einer ziemlich hohen Fehlertoleranzgrenze geschätzt werden. Es gibt noch weitere variable Faktoren, wie z.B. die lokalen Umstände jeder Aufgabe, die eine präzise Messung schwierig machen. Das vom Programm des Computers X angewendete Verfahren errechnet zu Beginn einen provisorischen Zeitplan für jeden Techniker, erlaubt es aber, diese Zeitpläne zu ändern, wenn ein Techniker die frühe Erledigung einer Aufgabe meldet, oder wenn er sich zu einem angenommenen Zeitpunkt nicht meldet, oder wenn neue Aufgaben angemeldet werden, nachdem der provisorische Zeitplan erstellt wurde.

[0046] Das Verfahren errechnet eine zeitabhängige "Kostenfunktion" für jede Aufgabe. Bei dieser ist die Strafe berücksichtigt, die fällig wird, wenn ein vereinbarter Zeitpunkt nicht eingehalten wird. Die Strafe kann eine reale Geldstrafe sein, wenn an einen Kunden wegen des Versäumnisses, eine Zeit einzuhalten, Schadenersatz zu zahlen ist, oder es kann sich

um "virtuelle" Kosten handeln, z.B. den Schaden, der dem Ansehen einer Firma zugefügt wird. Die Strafe ist zeitabhängig. Im einfachsten Fall ist die Funktion Null, wenn die vereinbarte Zeit eingehalten wird, sie ist ansonsten eine feste Größe. In komplexeren Fällen, dann beispielsweise, wenn Schadenersatz in Abhängigkeit vom Grad der Verspätung zahlbar ist, kann sie eine etwas komplexere zeitabhängige Funktion sein. Die Planung der Erledigung einer Aufgabe vor ihrer Sollzeit bietet einen Kontingenzwert (Reduzierung der projektierten Kosten für die Aufgabe durch eine verringerte Wahrscheinlichkeit der Nichterfüllung e), d.h., wenn sich der Techniker auf dem Weg verspätet, oder wenn er länger für die Aufgabe braucht, als erwartet; kann er nichtsdestotrotz die Aufgabe vor der Sollzeit erledigen, so fallen geringere Kosten an, wenn die Aufgabe nicht in sehr enger Anlehnung an die Sollzeit geplant ist.

[0047] Für jede mögliche Zuweisung einer Aufgabe an einen Techniker wird eine Techniker-/Aufgabe-Kostenschätzung erstellt, es werden also die Kosten der Erledigung der vorgegebenen Aufgabe durch einen bestimmten Techniker geschätzt. Hierbei werden die Kosten für ein Mißlingen der Erledigung der Aufgabe (die die gleiche bleibt, wer sie auch immer erledigt) und die Wahrscheinlichkeit für ein Mißlingen der Erledigung der Aufgabe (was sich von einem zum anderen Techniker ändert) mit einbezogen. Diese Wahrscheinlichkeit hängt vom geplanten Zeitpunkt der Beendigung der Aufgabe ab, die der Techniker im Augenblick erledigt, der Fahrzeit, die er benötigt, um zur neuen Aufgabe zu gelangen, der geschätzten Dauer der neuen Aufgabe und dem Sollzeitpunkt, bis zu dem die neue Aufgabe erledigt sein muß. Diese Faktoren bestimmen eine Grenze, die die Größe der Zeit darstellt, um den die anderen Faktoren zunehmen können, ohne daß die Sollzeit überschritten wird, oder, im negativen Fall, die Größe an Zeit, um die die Sollzeit verfehlt wird.

[0048] Andere Faktoren, wie z.B. die Größe der unproduktiven Zeit, die ein bestimmter Techniker benötigt, um die Aufgabe auszuführen (z.B. die Fahrzeit oder das Warten vor Ort bis zum Zutritt, wenn im Hinblick auf die Zeit keine Vereinbarung "nicht vor..." getroffen worden ist, – das heißt, daß eine Verabredung nach einem bestimmten Zeitpunkt stattfinden soll), können auch berücksichtigt werden. Es ist anzumerken, daß diese Kosten Schätzungen sind. Unter bestimmten Umständen können die Kosten auf einer Gleitskala in Abhängigkeit von der Zeit, in der die Aufgabe aktuell ausgeführt wurde, festgehalten sein. In vielen Fällen können jedoch die aktuellen Kosten der Zuordnung der Aufgabe real nur einen von zwei Werten annehmen, den Wert (negative Kosten) des Erfolges oder den des Mißlingens, aber zur Zeit der Zuweisung ist nicht bekannt, welche dieser Werte sie einnehmen wird, da unvorhergesehene Umstände den Techniker daran hindern können, rechtzeitig an-

zukommen (oder überhaupt anzukommen) oder ihn daran hindern können, die Aufgabe rechtzeitig auszuführen oder sie überhaupt auszuführen, wenn er dann ankommt. Es gibt weitere Faktoren, wie z.B. die Befähigung des Technikers, die Aufgabe auszuführen (wenn Können und Ausrüstung und wenn die für jeden individuell verfügbare Zutrittserlaubnis berücksichtigt werden), was auch zu berücksichtigen ist. Für diese Faktoren kann die Wahrscheinlichkeit des Versagens bei der Erledigung der Aufgabe nur den Wert Null annehmen (wenn der Techniker in geeigneter Weise qualifiziert ist, etc.) oder Eins (wenn er nicht so qualifiziert ist). Die Bevorzugung von Arten von Arbeiten, z.B. weil ein bestimmter Techniker wünscht, Erfahrungen in auf einem bestimmten Gebiet fachlichen Könnens zu sammeln, kann auch durch Zwischenwerte ausgedrückt werden.

[0049] Diese verschiedenen Faktoren müssen auf eine allgemeine Maßeinheit reduziert werden. Geeigneterweise können alle Faktoren in zur Fahrtzeit äquivalenten Einheiten berechnet werden. Die Kosten des Mißlingens der Erledigung einer Aufgabe können als Äquivalent der Menge unproduktiver Fahrtzeit berechnet werden, und es wäre für einen Techniker vernünftig, das zu nutzen, um zu verhindern, daß ein Mißlingen auftritt. Alternativ dazu kann ein äquivalenter finanzieller Wert verwendet werden. Wenn z.B. Schadenersatz in einer bestimmten Höhe an einen Kunden für einen nicht eingehaltenen Termin fällig wird, kann die unproduktive Zeit so kalkuliert werden, daß die Zeit, die man aufzuwenden bereit ist, um zu vermeiden, daß dieser Schadenersatz gezahlt wird, mit einem äquivalenten Wert kalkuliert wird.

[0050] Das Verfahren bestimmt die Kombination von Technikern und Aufgaben, für die die Gesamtsumme der Werte "Techniker-/Aufgaben-Kosten" ein Minimum darstellt. Die Kosten für die Nicht-Zuweisung einer Aufgabe müssen ebenfalls berücksichtigt werden; das erfolgt durch die Zuhilfenahme eines nicht vorhandenen, oder "Dummy"-Technikers. Alles andere ist gleich, wenn es mehr Aufgaben als Ressourcen gibt, um diese zu erledigen, und die Aufgabe mit der niedrigsten Priorität wäre für den Dummy-Techniker zu planen. So kann z.B. für den Techniker T1 geplant sein, daß er als nächstes J5 erledigt, der Techniker T2 erledigt Aufgabe J7 und der Techniker T3 erledigt Aufgabe J6. Die Aufgabe J4 könnte als weitere Aufgabe für einen dieser Techniker geplant sein, wenn ausreichend Zeit in dessen Zeitplan nach dem geplanten Ablauf der Zeit für die Aufgaben, für die er bereits eingeteilt worden ist, zur Verfügung steht; oder sie wird ansonsten für den Dummy-Techniker geplant. Wenn der Techniker T1 sich meldet, um Instruktionen zu erhalten, bestimmt der Computer X den gegenwärtigen Zeitplan und weist dem Techniker T1 eine Aufgabe zu und instruiert ihn über die Kommunikationsverbindung C. Bei der zugewiese-

nen Aufgabe wird es sich normalerweise um die geplante Aufgabe (in diesem Fall J5) handeln; wenn jedoch eine neue Aufgabe (nicht gezeigt) mit einer höheren Priorität als die Aufgabe J5 angefordert wird, oder wenn der Techniker T1 die Erledigung der Aufgabe J5 unerwartet früh meldet, oder wenn ihm die Erledigung einer Aufgabe zum vorgegebenen Zeitpunkt nicht gelingt, kann dem Techniker eine andere Aufgabe zugewiesen werden, möglicherweise eine der Aufgaben J4, J6, J7, um sicherzustellen, daß die Aufgaben mit der höchsten Priorität noch rechtzeitig erledigt werden. Die Techniker T2 und T3 erhalten zu diesem Zeitpunkt keine Informationen, da sie ihre gegenwärtigen Aufgaben noch nicht erledigt haben. Die Zeitplanung der Aufgaben J6 und J7 für die Techniker T2 und T3 ist vorläufig, und kann geändert werden, insbesondere wenn eine dieser Aufgaben dem Techniker T1 zugewiesen wird oder wenn kurzfristig eine Aufgabe mit einer hohen Priorität auftritt.

[0051] Für die Zuordnung von Aufgaben an Ressourcen sind verschiedene Kostenanalysealgorithmen bekannt, wie z.B. der sogenannte "Hungarian Algorithm", der in einer Publikation aus dem Jahre 1955 von H.W. Kuhn "The Hungarian Method for the Assignment Problem" (Naval Research Logistics Quarterly, Bd. 2, S. 83-97) beschrieben und von M.B. Wright in "Speeding up the Hungarian Algorithm", Computer Operations Research, Bd. 17, Nr. 1, S. 95-96 (1990) weiterentwickelt wurde. Die Anwendung dieser Algorithmen in realen Situationen ist jedoch nicht einfach, insbesondere bei aufeinander bezogenen Aufgaben. Darüber hinaus können diese Algorithmen nicht mehr als eine Aufgabe im voraus planen, eine optimale Lösung kann es aber erforderlich machen, weiter vorauszuschauen als bis zu der unmittelbar folgenden Aufgabe.

[0052] Das Programm zur Steuerung des Computers X hat zwei Hauptelemente. Als erstes ein Offline-Routenerstellungs-Programmsystem, das allgemein in [Fig. 3](#) gezeigt ist, und zweitens ein Online-Echtzeit-Zeitplan-Modifizierungssystem, das allgemein in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Diese zwei Systeme arbeiten unabhängig, wobei jedoch die Ausgabesignale des Offlinesystems als Startpunkt für den Betrieb des Onlinesystems (Echtzeitsystems) verwendet werden. Jedes System ist typischerweise ein durch ein geeignetes Programm gesteuerter Computer. Typischerweise laufen beide Systeme auf einmal, wobei das Echtzeitsystem **40** die gegenwärtige Zuweisung der Techniker zu den Aufgaben steuert, während das Zeitplanerzeugungssystem **30, 31** die Daten für den nächsten Lauf des Echtzeitsystems **40** vorbereitet. Jedes System wird im folgenden im einzelnen beschrieben.

[0053] [Fig. 3](#) zeigt die allgemeine Anordnung des Offline-Systems zur Erzeugung des optimierten Anfangs-Zeitplans. Dieses System wird betrieben, in-

dem stabile Daten zur Erstellung eines Anfangs-Zeitplans verwendet werden, die das Echtzeitsystem dann als Basis für den eigenen Betrieb verwenden kann, wenn sich die Situation weiterentwickelt. Der optimierte Anfangs-Zeitplan kann erstellt werden, indem ein grobes, aber vergleichsweise langsames Verfahren angewendet wird, da es nicht auf Änderungen von Daten zu reagieren braucht. So kann zum Beispiel der optimierte Anfangszeitplan nachts erstellt werden, und er steht am Beginn des Arbeitstages bereit.

[0054] Das in [Fig. 3](#) gezeigte System zur Erstellung des Anfangs-Zeitplans weist zwei zentrale Elemente auf, nämlich einen auf Regeln bzw. Vorschriften beruhenden Zuordnungs-Vorschneider **30** (Bestimmungsstufe) und eine Optimierungs-Untereinheit (Optimierungsstufe) **31**. Der Vorschneider **30** entnimmt dem Eingang **33** bzw. **34** Daten hinsichtlich der zuzuweisenden Ressourcen und der Aufgaben, denen diese zuzuweisen sind. Diese Daten durchlaufen in den jeweiligen Eingängen **33**, **34** eine gewisse Vorverarbeitung, bevor sie zum Vorschneider **30** weitergegeben werden. Der Vorschneider **30** hat Einzelheiten zu den Technikern verfügbar (Eingang **33**) sowie Einzelheiten zu solchen Aufgaben, die er zu planen hat (Eingang **34**). Er fordert ferner eine Konfigurationsdatei an, die Parameterwerte enthält.

[0055] Die Funktion des Vorschneiders **30** ist es, Festpunkte in jedem Zeitplan eines Technikers durch Planung so vieler aus den angegebenen Aufgaben als möglich aufzubauen, um die Bedingungen zu erfüllen, die von einem Vorschriftenspeicher **35** vorgegeben sind. Daraus ergeben sich dann die "planmäßigen" Aufgaben bzw. ergibt sich die "Tour" von Aufgaben für jeden Techniker. Hier kann es sich um Teilpläne handeln, d.h. Pläne mit einer gewissen Leerzeit, da die vom Vorschneider **30** geplanten Aufgaben nur ein untergeordneter Satz aller verfügbaren Aufgaben sind. Darüber hinaus positioniert der Vorschneider **30** die "nächste verfügbare" Zeit (normalerweise die Zeit, zu der der Techniker zum Dienst zu erscheinen hat), die Pausen, die geplante Abwesenheit und das Ereignis "Ende des Tages" (die Zeit, an dem der Dienstschluß des Techniker geplant ist) in der Tour für jeden Techniker.

[0056] Nach Abschluß dieser Prozedur werden die vom Vorschneider **30** erzeugten Ergebnisse an die Optimierungs-Untereinheit **31** weitergegeben. Die Optimierungs-Untereinheit **31** erhält vom Vorschneider **30** einen Teil-Zeitplan und die Daten bezüglich der zuzuweisenden Ressourcen und von den Eingängen **33** bzw. **34** die noch nicht vom Vorschneider **30** zugewiesenen Aufgaben und erzeugt einen optimierten Anfangs-Zeitplan, der an einen Speicher **32** weitergegeben wird. Sowohl der Vorschneider **30** als auch die Optimierungs-Untereinheit **31** folgen bestimmten Vorschriften, wie im folgenden beschrieben ist. Die

Vorschriften können über die jeweiligen Eingänge **35** und **36** von den Personen, die mit dem System arbeiten, ausgewählt oder modifiziert werden. Die mit dem System arbeitenden Personen steuern auch die Eingänge zu den Vorprozessoren **33**, **34**, um Einzelheiten über Techniker und Aufgaben zu aktualisieren.

[0057] Wie im folgenden beschrieben ist, erzeugt die Optimierungs-Untereinheit **31** einen provisorischen Plan der Zuweisungen durch ein anfängliches Positionieren von weiteren Aufgaben um die festen Ereignisse herum und zwischen dieselben (einschließlich von schwierig zu planenden Aufgaben), die vom Vorschneider **30** festgelegt worden sind, und wendet dann ein stochastisches Verfahren an, um diese weiteren Aufgaben den verschiedenen Technikern neu zuzuweisen, bis ein optimaler Zeitplan erzielt worden ist.

[0058] Der Betrieb des Zeitplanerstellungssystems kann durch periodisches Anhalten des Betriebs der Optimierungsstufe **31** und den Lauf einer Nach-Optimierungstufe **39** gesteigert werden. Diese Nach-Optimierungstufe **39** verwendet bestimmte, auf Vorschriften beruhende Kriterien, um den bisher entwickelten Zeitplan zu beurteilen, und solche Teile zu identifizieren, welche nahe am Optimum zu sein scheinen und addiert diese zum festgelegten Teilplan hinzu, der vom Vorschneider **30** erzeugt wurde, wonach die Optimierungs-Untereinheit **31** erneut gestartet wird. Dadurch wird die Optimierungs-Untereinheit **31** dazu veranlaßt, sich auf die Verbesserung solcher Teile des Zeitplans zu konzentrieren, die von der Nach-Optimierungstufe **39** als nicht so optimal identifiziert werden. Dieser Schritt kann mehrere Male wiederholt werden.

[0059] Der von der Zeitplanerstellungseinrichtung **30**, **31** schließlich erzeugte provisorische Zeitplan wird dann verwendet, um die in [Fig. 4](#) schematisch gezeigte Echtzeit-Modifizierungseinrichtung **40** zu programmieren, die so programmiert wird, daß sie den Technikern gemäß dem provisorischen Zeitplan Aufgaben zuweist, die aber auch befähigt ist, vom provisorischen Zeitplan abzuweichen, wenn die Echtzeitumstände, die sich von den im provisorischen Zeitplan vorhergesagten Umständen unterscheiden, dies erfordern.

[0060] [Fig. 4](#) zeigt als Blockdiagramm die grundlegenden Merkmale der Echtzeit-Modifizierungseinrichtung **40**. Ein Zeitplan-Statusregister **42**, ein Techniker-Statusregister **43** und ein Arbeitspool-Register **44** liefern Eingabesignale an einen Zuordnungsprozessor **47** und können von diesem wiederum aktualisiert werden. Die Register **42**, **43**, **44** erhalten ihre Anfangsdaten vom Zeitsplanspeicher **32** bzw. dem Vorprozessor **33**, **34**. Ein Parametereingang **41** ermöglicht es einer Bedienungsperson, verschiedene Gewichtungen und andere, vom System verwendete

Werte einzustellen.

[0061] Das Techniker-Statusregister **43** und das Arbeitspool-Register **44** können auch von anderen, externen Quellen, der Techniker-Schnittstelle T1 etc. bzw. den Netzwerkschnittstellen **45**, **46**, aus aktualisiert werden.

[0062] Der Zuordnungsprozessor **47** verwendet die Information über den gegenwärtigen Status in den Registern, um für einen Techniker eine Zuordnung zu erstellen, wenn er Online schaltet, um Instruktionen anzufordern. Die sich ergebende Zuordnung wird zur Übertragung zum Techniker T an eine Instruktionserzeugungseinheit **48** gegeben, die Instruktionen erstellt, die sich auf die neu zugewiesene Aufgabe und die damit im Zusammenhang stehenden Tätigkeiten beziehen.

[0063] Die vom Vorschneider **30**, der Optimierungs-Untereinheit **31** und der Echtzeit-Modifizierungseinrichtung **40** durchgeführten Verarbeitungen sind im folgenden im einzelnen unter Bezug auf die [Fig. 5](#) bis [Fig. 9](#) (Vorschneider), [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) (Optimierungs-Untereinheit **31**) und [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) (Echtzeit-Modifizierungseinrichtung **40**) beschrieben.

[0064] Das vom Vorschneider **30** durchgeführte Verfahren der Zeitplanerstellung ist in Form eines Ablaufplans in [Fig. 5](#) beschrieben. Vor der Zuweisung der Aufgaben an die Techniker führt der Vorprozessor **34** eine gewisse Vorverarbeitung der Daten durch. Es wird beispielsweise festgelegt, mit welcher der Aufgaben zum frühesten und mit welcher zum spätesten Zeitpunkt begonnen werden kann. Diese Informationen werden verwendet, wenn versucht wird, zusätzlich zu den planmäßigen Aufgaben weitere Aufgaben zuzuweisen. Der Ressourcen-Vorprozessor **33** legt in den planmäßigen Aufgaben die nächste Verfügbarkeit des Technikers, die Pausen, die Abwesenheit und das Ereignis "Ende des Tages" fest.

[0065] Des Technikers nächste Verfügbarkeit beinhaltet nicht nur die Situation, in der das Programm läuft, z.B. nachts, und der Techniker seine Tagesarbeit noch nicht begonnen hat, sondern auch die, in der Techniker sich bereits bei der Arbeit befindet und in der es erforderlich ist, den Zeitpunkt abzuschätzen, zu dem er seine gegenwärtige Tätigkeit beendet haben wird (z.B. die Aufgabe beendet, an der er gerade arbeitet, oder zu dem er von einer genehmigten Abwesenheit zurückkehrt).

[0066] Im letzteren Fall berechnet der Vorschneider **30** die Zeit, zu der der Techniker demnächst verfügbar sein wird und verwendet dabei die Informationen über die erwartete Dauer der gegenwärtigen Tätigkeit plus einer Schätzung der Fahrzeit, die hinzukommen kann. Zu Beginn des Tages wird angenom-

men, daß alle Techniker zur meldepflichtigen Zeit mit ihrer Arbeit beginnen.

[0067] Die Ressourcedaten enthalten Einzelheiten, die erforderlich sind, um Pausen z.B. für Mahlzeiten, zu planen. Diese Pausen haben normalerweise eine spezifizierte Dauer, aber die Zeit des Beginns (und somit auch die des Endes) ist innerhalb eines spezifizierten Fensters flexibel, so daß sie den Anforderungen der Arbeit entspricht, und der Ort für die Pausen ist nicht im vorhinein festgelegt. Die Einzelheiten sind für jeden Techniker gespeichert, und zwar vom frühesten Zeitpunkt bis zum spätesten Zeitpunkt, zu dem eine Pause beginnen kann, sowie ihre Dauer. Der Vorschneider **30** positioniert ursprünglich jede Pause zum frühestmöglichen Zeitpunkt ihres Beginns.

[0068] Die Ressourcedaten enthalten ferner Einzelheiten, die erforderlich sind, um eine Abwesenheit vom Dienst zu planen. Bei diesen kann es sich um andere Verpflichtungen handeln, die nicht vom Scheduler gesteuert werden, wie z.B. Schulungen, Team-Meetings, etc., oder eine genehmigte Abwesenheit, wie z.B. ein Arztbesuch. Diese Abwesenheit hat normalerweise einen festgelegten Beginn und ein festgelegtes Ende und kann ferner spezifizierte Orte für Beginn und Ende aufweisen. (Diese Orte können unterschiedlich sein, wenn die Abwesenheit eine Fahrt mit einschließt, um z.B. Ausrüstung für eine Reparatur oder Lieferungen einzuladen. Die Einzelheiten über die Zeit und den Ort einer jeden geplanten Abwesenheit sind für jeden Techniker gespeichert. Da eine Abwesenheit einen mit dieser verbundenen Ort haben kann, ist anzumerken, daß aus diesem Grunde die Fahrt zu diesem Ort oder von diesem Ort bei der Planung mit zu berücksichtigen ist.

[0069] Der Vorschneider wird ebenfalls mit Daten über das Tagesende jedes Technikers (einschließlich der Daten über geplante Überstunden) beliefert. Der Vorprozessor plaziert das Tagesende oder den "Geh nach Hause"-Punkt so, daß der Arbeitstag des Technikers pünktlich endet. Damit sind die prinzipiellen Fixpunkte im Zeitplan jedes Technikers erzeugt.

[0070] Jederzeit wird ein kleiner Teil der zur Zuordnung verfügbaren Gesamtaufgaben schwieriger zu planen sein als andere, und es wird schwieriger sein, sie innerhalb der planmäßigen Aufgaben oder dazwischen zu bewegen, als bei der Mehrzahl der Aufgaben der Fall ist. Typischerweise unterliegen diese Aufgaben schwerwiegenderen Beschränkungen als andere. Der Vorschneider plant diese Aufgaben so, daß für die folgenden Planungsschritte eine maximale Flexibilität vorhanden ist. Eine vom Vorschneider geplante Aufgabe wird nicht als Teil der von der Optimierungs-Untereinheit durchgeführten Suchverarbeitung zu einem anderen Techniker bewegt.

[0071] Der Eingang **33** gibt Einzelheiten über die Aufgaben, die jeder Techniker ausführen kann, zum Vorschneider **30** weiter.

[0072] Der Aufgaben-Vorprozessor **34** wählt einen untergeordneten Satz von Aufgaben aus, die vom Vorschneider **30** geplant werden sollen (d.h., die Liste von Aufgaben, die als schwierig zu planen angesehen werden). Hierbei handelt es sich um:

- a) Aufgaben, die mehr als eine Person an einem einzigen Ort erfordern.
- b) Aufgaben, die mehr als eine Person, aber an verschiedenen Orten erfordern.
- c) Aufgaben, die alle dem gleichen Techniker in einer vorgegebenen Reihenfolge zugewiesen werden müssen.
- d) Aufgaben, die länger als eine vorgegebene Zeit dauern.
- e) Aufgaben, von denen der Benutzer gefordert hat, daß sie einem bestimmten Techniker zugewiesen werden sollen. Diese Kategorie kann Aufgaben enthalten, die vom Scheduler in einem früheren Durchlauf geplant worden sind, wenn der Benutzer entschieden hat, daß sie in einem nachfolgenden Durchlauf nicht einem anderen Techniker zugewiesen werden dürfen. Das betrifft beispielsweise Aufgaben, die eine bestimmte Ausrüstung erfordern, die dem betreffenden Techniker bereits ausgehändigt worden sein kann.

[0073] Alle Aufgaben, die nicht für eine Vorverarbeitung ausgewählt worden sind, werden direkt an die Optimierungs-Untereinheit **31** weitergegeben.

[0074] Das vom Vorschneider **30** durchgeführte Bestimmungsverfahren ist in [Fig. 5](#) gezeigt. Die ausgewählten Aufgaben werden zunächst nach Prioritäten sortiert (Schritt **51**) und ihre Ausführung wird dann in dieser Reihenfolge geplant. Die Prioritätsreihenfolge kann vom Benutzer wählbar sein, wobei der Eingang (Vorschriftenspeicher) **35** verwendet wird. Eine typische Sortierreihenfolge sieht wie folgt aus:

- 1) Zeit des frühesten Beginns der Aufgaben (die frühesten zuerst; diejenigen ohne geplante Zeit für ihren Beginn, oder bei denen der früheste Zeitpunkt bereits vergangen ist, erhalten die gegenwärtige Zeit).
- 2) Punktzahl für die Wichtigkeit (höchste Wichtigkeit – eins), das kann sich nach bestimmten Faktoren richten, wie der Zahl der betroffenen Kunden, ob die Aufgabe sicherheitskritisch ist, ob Geldstrafen drohen, etc..
- 3) Zahl der erforderlichen Techniker (größte Anzahl von Technikern – eins).
- 4) Sollankunftszeit (die früheste – eins), d.h., der Zeitpunkt, an dem die Aufgabe begonnen werden muß, um eine Verabredung oder eine Servicegarantie einzuhalten. Hierbei kann eine geschätzte Dauer der Aufgaben berücksichtigt werden, wenn eine Verpflichtung besteht, die Aufgabe zu einem

vorgegebenen Zeitpunkt zu beenden (d.h., Ankunftszeit = Zeitpunkt der Beendigung – Dauer der Aufgabe).

- 5) Dauer (längste – eins).
- 6) Anzahl der Techniker, die befähigt sind, die Aufgabe zu erfüllen (kleinste Zahl – eins).

[0075] Somit wird jederzeit den Aufgaben die Priorität gegeben, die sofort erledigt werden können, und innerhalb dieser Kategorie den Aufgaben mit der höchsten Punktzahl bezüglich ihrer Wichtigkeit.

[0076] Für jede zu planende Aufgabe wird die Liste der Techniker, die die Aufgabe erledigen können, in einer Prioritätsreihenfolge gespeichert (Schritt **52**). Bei dieser Prioritätsreihenfolge werden Faktoren, wie:

- a) ob der Techniker das fachliche Können hat, das für jede Aufgabe erforderlich ist
- b) ob der Techniker die für den Zutritt erforderlichen Sicherheitsgenehmigungen hat
- c) ob die Aufgabe sich im vom Techniker bevorzugten Arbeitsbereich befindet
- d) Erfolg/Mißerfolg (eine Maßnahme, ob eine Aufgabe, die dem Techniker nach all den anderen Aufgaben, die sich augenblicklich in seinem Plan befinden, als nächste Aufgabe in seinem Plan zugewiesen wird, immer noch seinem primären Verpflichtungssoll entspricht. Mit Erfolg wird eine Aufgabe bezeichnet, die seinem primären Verpflichtungssoll entspricht, mit Mißerfolg wird eine Aufgabe bezeichnet, die diesem nicht entspricht).
- e) Erfolgsspanne (ein Maß für die erwartete Ankunftszeit minus der Sollankunftszeit (für Termine, die eine Antwort vor einem vorgegebenen Zeitpunkt erfordern), oder ein geschätzter Zeitpunkt der Erledigung minus des Sollzeitpunkts der Erledigung (für andere Aufgaben). Eine Minimierung dieser Spanne gewährleistet, daß Aufgaben mit einer niedrigeren Priorität, die noch zuzuweisen sind, nicht deshalb ausgeschlossen werden, weil Aufgaben mit einer höheren Priorität früher als erforderlich ausgeführt werden).
- f) Der Grad an Fachkönnen, über das der Techniker verfügt (das niedrigste zuerst: um sicherzustellen, daß den vielseitigsten Technikern nicht eine Aufgabe zugewiesen wird, die ein weniger vielseitiger Techniker hätte erledigen können).
- g) Fahrtzeit (die Zeit, die der Techniker aufwendet, um zum Ort der Aufgabe zu gelangen. Wenn der Techniker in seinem Plan bereits Aufgaben oder Tätigkeiten hat, geht die Fahrt von der letzten Position zur Aufgabe. Wenn es sich bei der Aufgabe um die erste Aufgabe des Tages handelt, dann wird die Fahrt vom Ausgangspunkt des Technikers an berechnet).

[0077] Der Vorschneider **30** versucht dann, die Aufgaben für die Techniker zu planen. Zunächst versucht er, die erste Aufgabe zum Ende jedes Teilplans hin-

zuzufügen, wobei er sich wiederum (Schritt 53) durch die geordnete Liste der Techniker, beginnend mit dem ersten (Schritt 54), hindurcharbeitet,. Wenn die Position gültig ist (Schritt 55), wird die Aufgabe für diesen Techniker geplant (Schritt 56). Bei der Positionierung in den planmäßigen Aufgaben des Technikers wird die Zeit berücksichtigt, die benötigt wird, um von einem Ort zum anderen zu fahren. Wenn somit ein Teilplan eines Technikers zum Zeitpunkt T endet, wird die nächste Aufgabenzuweisung zum Zeitpunkt T + 1 versucht, wobei t die Fahrzeit zwischen den Orten der beiden Aufgaben bedeutet. Für jede Kombination von Techniker und Aufgabe wird die Größe t verschieden sein.

[0078] Wenn die Aufgabe nicht am Ende der geplanten Aufgaben des ersten Technikers hinzugefügt werden kann, wird das Verfahren für die anderen Techniker wiederholt (Schritt 57). Wenn die Aufgabe nicht am Ende der geplanten Aufgaben der anderen Techniker hinzugefügt werden kann, wird das ganze für die vorletzte Position wiederum für jeden Techniker versucht (d.h., unmittelbar vor der letzten Aufgabe, die sich bereits im Plan befindet) (Schritt 59). Wenn eine gültige Position gefunden ist, wird die Aufgabe geplant. Dieses Verfahren wird fortgesetzt, bis entweder die Aufgabe geplant ist (Schritt 56), oder bis jede Position für jeden Aufgabenplan aller Techniker versucht wurde und keine Position gefunden werden konnte.

[0079] Falls diese Situation auftritt (Schritt 59), führt der Vorscheduler einen Rückwärtsverarbeitung aus (Schritt 510) und versucht, die letzte dem Plan hinzugefügte Aufgabe erneut zu planen, indem diese aus der gegenwärtigen Position gestrichen wird und setzt die Suche von dem Punkt aus fort, bis eine andere gültige Position gefunden worden ist, wobei die gleichen Regeln wie vorher angewandt werden. Die Suche geht dann, falls nötig, mit Rückwärtsverarbeitung solange weiter, bis die Aufgabe geplant ist (Schritt 56). Dieses Verfahren wird dann wiederholt, bis entweder alle Aufgaben geplant sind oder es unmöglich wird, die nächste Aufgabe zu planen (Schritt 512) oder bis eine vorgegebene Laufzeit überschritten ist.

[0080] Wenn es unmöglich wird, die nächste Aufgabe zu planen, gibt der Vorscheduler 30 einen Arbeitsplan aus, der die meisten Aufgaben enthält. Es ist anzumerken, daß es sich hierbei notwendigerweise nicht um den endgültigen zu erstellenden Arbeitsplan handelt, da eine Rückwärtsverarbeitung mehr planmäßige Aufgaben aufgehoben haben könnte als Zuweisungen erlaubt sind.

[0081] Wenn die Laufzeit beschränkt ist, kann der Scheduler so ausgelegt sein, daß er nur einen einzigen Versuch zur Zuweisung jeder Aufgabe macht, wobei der beste Techniker für diese Aufgabe angegeben wird, wie mit der gepunkteten Linie (513) in

[**Fig. 5**](#) angegeben ist.

[0082] Bei einer Aufgabe, für die mehr als eine Person erforderlich ist (die für dieses Verfahren als Gruppe von miteinander verbundenen Aufgaben behandelt wird), erfolgt die Planung der Aufgaben derart, daß die Zeit ihres Beginns gleich ist. In einigen Fällen kann das dazu führen, daß bei einem Techniker eine Leerzeit auftritt.

[0083] Der Vorscheduler 30 verwendet Überstunden als geeignet, wenn sie sich innerhalb bestimmter Grenzen bewegen, die durch die individuelle Überstundengrenze für jeden Techniker vorgegeben sind.

[0084] Diese Werte werden zum Eingang 33 des Vorschedulers gegeben und sie umfassen die geplanten Überstunden, die geplante Gleitzeit und andere zulässige Variationen bei den Arbeitsstunden. Wenn eine Aufgabe innerhalb der erlaubten Überstunden einer Person abgeschlossen werden kann, darf sie vom Vorscheduler geplant werden. Wenn jedoch eine Aufgabe über die Überstundengrenze einer Person hinausgeht, wird sie nur geplant, wenn sie aufgeteilt werden kann, wobei der Teil der Aufgabe, der vor dem Ende des Überstundentages abgeschlossen werden kann, größer als ein vorgegebene Minimum sein muß. Wenn das zutrifft, wird der erste Teil der Aufgabe geplant und am geplanten Ende des Tages beendet.

[0085] Die Markierung "Ende des Tages" für jeden Techniker, die vom Vorprozessor positioniert wurde, wird weiterbewegt, wenn eine Aufgabe geplant wird, die nicht eingeplante Überstunden mit sich bringt. Die neue Position der Markierung "Ende des Tages" liegt nach dem Zeitpunkt, an dem der Techniker die Aufgabe beendet, die die nicht eingeplanten Überstunden umfaßt und dem Zeitpunkt, an dem der Techniker "Dienstende" meldet.

[0086] Es ist möglich, daß eine Abwesenheit eine Fahrt des Technikers mit sich bringt (z.B. zu einem Team-Meeting). Diese Fahrt wird mit berücksichtigt, wenn die Ankunftszeit des Technikers am Ort der Aufgabe und die erwartete Beendigung der Aufgabe bestimmt wird.

[0087] Der oben beschriebene Vorscheduler 30 wird nur für die Planung der Aufgaben verwendet, deren Plazierung am schwierigsten ist. Wenn die Vorscheduler-Funktion zur Planung des gesamten Arbeitsprogramms verwendet werden würde, könnte der Zeitplan wegen der benötigten Laufzeit zu der Zeit, zu der er erstellt wird, nicht genutzt werden, da während der Laufzeit neue Eingaben in das System eingespeist werden. Es ist nicht effizient, der Erzeugung einer perfekten Lösung übermäßige Computerzeit zu widmen, wenn diese Lösung höchstwahrscheinlich infolge von Echtzeitumständen modifiziert

werden muß. Bei Aufgaben, die einfacher zu planen sind, kann es viele akzeptable, wenn auch nicht optimale Lösungen geben, und es ist eher bevorzugt, in einer begrenzten Zeit eine nahezu optimale Lösung zu erzielen, als in einer sehr viel längeren Zeit die perfekte Lösung zu finden. Auf diesem Gebiet sind eine Reihe stochastischer Techniken zur Erzeugung nahezu optimaler Lösungen für mehrdimensionale Probleme, wie dem hier angegebenen, bekannt. Mehrere dieser Lösungen sind in dem Artikel von Brind, Muller & Prosser "Stochastic Techniques for Ressource Management" in BT Technogoly Journal, Bd. 13 Nr. 1 (Januar 1995), beschrieben. Insbesondere beschreibt dieser Artikel die als "Hill Climbing", "Simulated Annealing" (simuliertes Glühen), "Tabu Search" und "Genetic Algorithms" bekannten Techniken.

[0088] In "Hill Climbing" wird eine Zufallslösung des Problems ausgewählt, dann werden "benachbarte" Lösungen, die sich in kleinen Schritten von der ursprünglichen Lösung unterscheiden, beurteilt, und der Nachbar mit dem optimalen Wert wird ausgewählt. Diese Prozedur wird so oft wiederholt, wie es erforderlich ist. Ein Problem bei den "Hill Climbing"-Lösungen besteht darin, daß das Verfahren in einem lokalen Optimum des Lösungsraums steckenbleiben kann.

[0089] "Simulated Annealing" funktioniert in ähnlicher Weise wie "Hilf Climbing", ausgenommen, daß es ferner gewisse Bewegungen in Richtung auf weniger optimale Lösungen zuläßt. Die Leistungsfähigkeit hierzu ist derart, daß sie kleiner werden, wenn die Prozedur forschreitet, so daß die Prozedur sich von einem lokalen Optimum entfernen kann, es besteht jedoch eine geringere Wahrscheinlichkeit, dorthin zurückzukehren.

[0090] Beim "Tabu Search" wird der Wert an einem willkürlich gewählten Ausgangspunkt mit mehreren möglichen Lösungen aus der Nachbarschaft des Ausgangspunkts verglichen. Der Punkt mit dem optimalen Wert (der der Ausgangspunkt sein kann) wird dann gewählt, und die Prozedur wird unter Verwendung dieses optimalen Punktes als dem neuen Ausgangspunkt wiederholt. Die Anordnung ist derart, daß eine Lösung, die bereits abgelehnt wurde, von einer Berücksichtigung in den nachfolgenden Zyklen ausgeschlossen ist. Wenn der lokale Lösungsraum durchsucht worden ist, sucht das System notwendigerweise ein Feld für mögliche Lösungen, bis schließlich eine noch optimalere Lösung gefunden worden ist. Die Prozedur entgeht daher schließlich irgend einem lokalen Minimum im Lösungsraum.

[0091] "Genetic Algorithms" untersucht in einem Versuch, eine Lösung zu finden, die besser als jede ihre einzelnen "Vater"-Lösungen ist, Kombinationen der bisher gefundenen optimalen Lösungen.

[0092] Es können auch systematische Techniken angewendet werden. Diese erkunden jede mögliche Permutation von Aufgaben (obwohl Gruppen von Permutationen kollektiv eliminiert werden können), und sie werden somit sicher die optimale Lösung finden. In einer begrenzten Zeit wird eine stochastische Technik jedoch im allgemeinen eine nahezu optimale Lösung in einer sehr viel kürzeren Zeit finden.

[0093] Wie in dem angegebenen Artikel beschrieben ist, hängt die Wahl, welche Technik unter bestimmten Bedingungen am besten geeignet ist, von der Natur des Problems ab. Für einen schnellen Betrieb und die Robustheit sowohl bei Problemen mit zu wenig als auch mit zu vielen Ressourcen, wurde für eine Anwendung bei der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung die Technik "Simulated Annealing" bevorzugt, wobei anzumerken ist, daß auch alternative Optimierungstechniken den Rahmen der vorliegenden Ansprüche nicht überschreiten.

[0094] Im folgenden ist die Optimierungs-Untereinheit 31 der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, hat die Optimierungs-Untereinheit 31 drei Eingänge. Zunächst hat sie einen Eingang für einen vom Vorschneider 30 erzeugten Satz planmäßiger Aufgaben für die verfügbaren Techniker. (In einer alternativen Anordnung kann der Vorschneider 30 weggelassen werden und die planmäßigen Aufgaben umfassen nur Fixpunkte, die vom Vorprozessor 33 gesetzt worden sind). Dieser Eingang kann auch für planmäßige Aufgaben verwendet werden, die von der Nach-Optimierungstufe 39 iterativ erzeugt wurden. Zweitens ist ein Eingang 37 für Einzelheiten über die verfügbaren Techniker vorgesehen. Drittens ist ein Eingang 38 für Einzelheiten über die nicht geplanten Aufgaben vorgesehen (d.h. solche Aufgaben, die nicht vom Vorprozessor 33 zur Planung durch den Vorschneider 30 ausgewählt wurden).

[0095] Vor Beginn der Arbeit führt die Optimierungs-Untereinheit 31 eine Vorverarbeitung der Daten durch. Hierfür ist es erforderlich, den frühesten und den spätesten Zeitpunkt, zu dem eine Aufgabe begonnen werden kann, festzulegen. Diese Information wird von der Optimierungs-Untereinheit 31 in einem Versuch verwendet, dem Plan Aufgaben hinzuzufügen. Beim Hinzufügen legt die Vorverarbeitung die Tätigkeiten, die Pausen, die Abwesenheit und das Ereignis "Ende des Tages" in jedem Plan fest. Die Optimierungs-Untereinheit 31 benötigt verschiedene Parameterwerte, die von einem Eingang 36 programmiert werden.

[0096] Die Funktion der Optimierungs-Untereinheit 31 besteht darin, einen Satz von planmäßigen Aufgaben für die Techniker zu erzeugen, der es erlaubt, die Ziel-Kostenfunktion zu minimieren. Die endgültigen planmäßigen Aufgaben werden erstellt, indem zu ei-

inem Zeitpunkt der gegenwärtige Zeitplan unter Verwendung einer einzigen mathematischen Modifizierungsoperation geändert wird. Die Optimierungs-Untereinheit **31** gibt die Einzelheiten über die erstellten planmäßigen Aufgaben an einen Speicher **32** weiter, von wo sie von der Echtzeit-Modifizierungseinrichtung **40** abgerufen werden können.

[0097] Es ist anzumerken, daß keine der vom Vorschneider **30** geplanten Aufgaben von der Optimierungs-Untereinheit **31** einem anderen Techniker zugewiesen werden kann oder in den ungeplanten Zustand (Dummy-Techniker) verschoben werden kann. Die Optimierungs-Untereinheit **31** kann diese Aufgaben jedoch innerhalb ihrer Zeitfenster verschieben und Aufgaben vor, zwischen und nach diesen setzen. Es ist möglich, daß die endgültigen, von der Optimierungs-Untereinheit **31** erstellten planmäßigen Aufgaben Aufgaben enthalten, die ursprünglich vom Vorschneider in einer geänderten Reihenfolge positioniert worden sind (z.B., wenn der Vorschneider **30** zwei Aufgaben so anordnet, daß nach der Aufgabe A die Aufgabe B folgt, ist es möglich, daß die Optimierungs-Untereinheit **31** andere Aufgaben zwischen diese setzt, woraus resultieren kann, daß der Zeitplan für eine Aufgabe oder für beide Aufgaben geändert wird, vorausgesetzt, daß die verschiedenen Bedingungen für beide Aufgabe immer noch erfüllt werden und daß ihre Reihenfolge erhalten bleibt.

[0098] Im folgenden sind die Details für das Verfahren "Simulated Annealing" erläutert. Das Verfahren weist vier Elemente auf:

- Zielfunktion
- Operatormodifikation
- Kühlregime und
- Stopptregel.

[0099] Jedes dieser vier Elemente ist im folgenden beschrieben, wobei mit der Zielfunktion begonnen wird. Sie erlaubt eine objektive Einschätzung, welche der zwei Lösungen des Problems die bessere ist, und ob eine in Betracht gezogene Bewegung die Lösung besser oder schlechter macht. Die Funktionswerte aller Aufgaben im System werden summiert, ob nun diese Aufgaben geplant oder nicht geplant sind, und unabhängig davon, ob der Vorschneider oder die Einrichtung für ein simuliertes Glühen die Aufgabe in den planmäßigen Aufgaben positioniert hat. Man kann sich die Zielfunktion als aus vier Komponenten bestehend vorstellen. Diese Komponenten sind die folgenden:

- Fahrstrafe
- Überstundenstrafe
- Strafe wegen Nichteinsetzens auf dem Gebiet des bevorzugten Fachkönnens
- Kosten der Zuordnung- d.h. ein Maß für Risiko und Kosten eines Mißlingens oder ein Kontingenzwert.

[0100] Diese vier Komponenten gelten für alle Aufgaben, ausgenommen die "Füll"-Aufgaben mit niedriger Priorität -. Diese Füllaufgaben werden als Sonderfall behandelt, und ihnen werden nur Kosten proportional dem Fahrtaufwand zugeordnet.

[0101] Die Fahrstrafe wird durch Multiplizieren der Kosten pro Zeiteinheit mit der geschätzten Fahrtzeit bestimmt. Je länger daher bei einer Zuordnung die geschätzte Fahrtzeit ist, desto höher sind die Kosten.

[0102] Bei der Überstundenstrafe erfolgt die Bestimmung auf ähnliche Weise: die Kosten für jede Überstundenminute wird mit dem Größe der Überstunden multipliziert. Wiederum gilt, Je mehr Überstunden gebraucht werden, desto höher sind die Kosten der Zuordnung.

[0103] Bei der Strafe wegen Nichteinsetzens auf dem Gebiet des bevorzugten Fachkönnens werden die zusätzlichen Kosten zur Zielfunktion hinzuaddiert, wenn das für die Aufgabe erforderliche fachliche Können des Technikers nicht das Können ist, dem der Benutzer die Planung zuweisen möchte (typischerweise handelt es sich um ein seltenes fachliches Können, wobei Technikern, die über dieses fachliche Können verfügen, nach Möglichkeit nicht Aufgaben zugewiesen werden, für die dieses Können nicht erforderlich ist).

[0104] Zusammengenommen haben diese drei Kostenkomponenten den Effekt, zu gewährleisten, daß beim "simulierten Glühen" versucht wird, die Fahrt zu verkürzen, Zuweisungen, bei denen nicht die erforderliche Übereinstimmung mit dem Können besteht, und das Anfallen von Überstunden zu minimieren.

[0105] Bei den Zuweisungskosten handelt es sich um eine Funktion des Aufgabentyps, der Wichtigkeit der Aufgabe und ob die Aufgabe so positioniert ist, daß ein definierter Termin eingehalten wird. Im allgemeinen können die Kosten der Zuweisung reduziert werden, je früher die Aufgabe erledigt wird. Das wird für Aufgaben berechnet, bei denen eine Sollankunftszeit vorgesehen ist, als Differenz zwischen der erwarteten Ankunftszeit und der Sollankunftszeit, und für Aufgaben, bei denen ein Ziel der Zeitpunkt der Beendigung ist, als Differenz zwischen dem geschätzten Zeitpunkt der Beendigung und dem Sollzeitpunkt der Beendigung.

[0106] Diese Bedingungen wurden so modifiziert, daß die Funktion zwei weitere wichtige Eigenschaft erhielt. Zunächst wurde eine Eigenschaft "P" als Verhältnis zwischen der erwarteten Zeit für das Eintreffen am Ziel und dem Ziel selbst definiert. So erhält z.B. eine Aufgabe mit einem Termin, die in der Zeit von 10.30 a. m. bis 1 p. m. stattfinden muß, wobei die erwartete Ankunftszeit 11.30 a. m. ist, einen Wert P,

d.h. 11.30 a. m. minus 1 p. m. (-90 Minuten) dividiert durch 10.30 a.m. minus 1 p.m. (d.h. 150 Minuten): $-90/-150 = 0.6$, gleich einer Aufgabe, die um 5 p.m. abgeschlossen werden soll und von man um 12 h mittag erwarten kann, daß sie real um 2 p. m. beendet sein wird. In beiden Fällen wird das Ziel mit 40 % des verfügbaren Fensters (60 % Rest) getroffen und die einzige Differenz sind die Kosten der Zuordnung, die nur von der Bedeutung der Kosten für die Zuordnung jeder Aufgabe abhängen.

[0107] Zweitens sollten die Kosten für die Verzögerung einer Aufgabe, die nahe an dem Punkt positioniert ist, an dem ein Nichterfüllung/Mißlingen konstatiert wird, um den gleichen Zeitwert höher sein als die Kosten für ein Vorwärtsbringen der gleichen Aufgabe, die sich weit entfernt von dem Zeitpunkt befindet, an dem ihr Mißlingen konstatiert wird. Wenn es z.B. zwei Aufgaben mit einer Garantiezeit 5p. m. gibt, und für die eine Aufgabe ihre Erledigung um 4.50 p. m. und für die andere um 12.00 mittags erwartet wurde, dann verringert eine Bewegung, die dazu führt, daß die erste fünf Minuten früher erledigt wird, und sich die zweite um fünf Minuten verspätet, die Gesamtplanzungskosten. Bei der Verzögerung einer Aufgabe, die bereits nahe am Nichterfüllung/Mißlingen ist, kann sich die Zielfunktion nur verbessern, wenn die Verzögerung einen sehr viel größeren Vorteil woanders ermöglicht.

[0108] Der einzige Unterschied zwischen den Kosten der Zuordnung der verschiedenen Aufgaben zu Beginn ihrer entsprechenden Fenster beruht auf den unterschiedlichen Punktzahlen hinsichtlich der Wichtigkeit der Aufgaben. Das bedeutet, daß die relative Wichtigkeit der zwei Aufgaben, die durch die Wichtigkeitspunktzahl angegeben ist, nicht verzerrt ist.

[0109] Zur Darstellung dieser zweiten Eigenschaft in der Zielfunktion wird in die Kosten für alle Aufgaben, die ihr primäres Garantieziel erfüllen, der Ausdruck $(1 + P/2P)$ eingeführt. Dieser Ausdruck bedeutet, daß die Kosten der Zuweisung zunehmen, wenn sich die Aufgabe ihrem primären Sollzeitpunkt nähert. Zunächst erhöhen sie sich ein wenig mit jeder Minute Verspätung, die Rate nimmt jedoch mit der Annäherung an das Ziel zu. Wenn die Kosten an die Differenz zwischen erwartetem Zeitpunkt und Sollzeitpunkt angetragen werden, ergibt sich eine Kurve, wie in den Beispielen in [Fig. 6](#) bis [Fig. 9](#) gezeigt, die im folgenden beschrieben sind.

[0110] Einige Aufgaben müssen zu einem festgelegten Termin, der beispielsweise mit einem Kunden verabredet wurde, erledigt sein. Andere haben eine Sollantwortzeit. Bei Aufgaben ohne einen Termin erhöhen sich die Kosten der Zuordnung weiter, wenn eine Aufgabe im Plan an einer Position steht, an der sie das für sie festgelegte primäre Garantieziel nicht einhalten könnte (d.h. die garantierte Antwortzeit). Es

kann auch ein sekundäres Garantieziel vorgesehen sein, nach dessen Überschreiten die Zahlung von Schadenersatz an den Kunden fällig wird. Die Festkostenstrafen sind vorgesehen, um zu gewährleisten, daß die Anzahl der nicht erfüllten Aufgaben minimiert wird. Ohne diese Kosten sind die Kosten für die Zuordnung zwei identischer Aufgaben ohne festgelegten Termin, wenn eine Aufgabe ihr Soll um eine Stunde verfehlt und bei der anderen Aufgabe zwei Stunden eingespart werden, günstiger, als wenn für beide Aufgaben die Einsparung 15 Minuten betragen würde. Letzteres ist aber offensichtlich unter Geschäftsbedingungen bevorzugt. Mit den festgelegten Strafen können die Kosten so eingestellt werden, daß die gewünschte Geschäftslösung diejenige mit den niedrigsten Kosten ist.

[0111] Für Termine, die am Ende der Aufgabenplanung noch nicht geplant worden sind, werden die Zuweisungskosten durch Festkosten bestimmt, die durch die Wichtigkeit der Zuweisungskosten gewichtet werden. Aufgaben ohne Termin, die nicht geplant worden sind, werden auf der Grundlage eines angenommenen Zeitpunkts der Beendigung der Aufgabe plus Aufgabendauer am Schluß der Planungszeit berechnet. Diese Kalkulation ist so ausgelegt, daß sichergestellt ist, daß die Kosten für die Hinzufügung einer Aufgabe immer geringer sind, als wenn die Aufgabe ungeplant bleiben würde.

[0112] Die Kosten der Zuweisung einer Aufgabe nach ihrer Wichtigkeit beruhen auf einer Wichtigkeitsbewertung (IMP), die durch zwei Parameter modifiziert werden: Den Wichtigkeitsbewertungs-Vervielfacher (IMU) und den Wichtigkeitsbewertungs-Index (IEX). Die Berechnung ist wie folgt: $IMU^{IEX} \cdot IMP$. Wenn sowohl IMU als auch IEX auf 1 gesetzt werden (oder wenn $IEX = 0$), dann stellen die Kosten einfach die Wichtigkeitsbewertung der Aufgabe dar. Sind die Werte IMU und IEX größer als 1, erhöhen sich die Differenzkosten der Zuweisung von Aufgaben mit einer hohen Wichtigkeitsbewertung im Vergleich zu einer niedrigen Wichtigkeitsbewertung.

[0113] Füllaufgaben werden in der Zielfunktion kalkuliert, wobei der Kostenfaktor Null für jede geplante Aufgabe und der Kostenfaktor Eins für jede ungeplante Aufgabe eingesetzt wird. Diese Regel ist vorgesehen, um sicherzustellen, daß es immer billiger ist, eine Füllaufgabe zu planen als sie ungeplant zu lassen, niemals jedoch ist sie so viel wert, daß eine wichtigere Aufgabe verzögert wird, nur um die Planung einer Füllaufgabe zu ermöglichen.

[0114] Die Zielfunktion verwendet die folgenden Parameter:

- ETT (geschätzte Fahrtzeit in Minuten: im allgemeinen die für den Techniker geschätzte Zeit, um von einer Aufgabe zur nächsten zu fahren)
- FTF (Markierung unerfüllte Aufgabe = 1 wenn

- die Aufgabe das Garantieziel nicht eingehalten hat; sonst 0)
- FSP (Strafe für eine nicht eingehaltene sekundäre Garantie)
 - SCT (Sekundäre Garantiezeit: ein Zeitpunkt, der nach dem Sollbeendigungszeitpunkt liegt, an dem der Kostenaufwand eine Stufe höher steigt).
 - TSS (Zeitpunkt, an dem das Suchsystem startet)
 - ETA (geschätzte Ankunftszeit). Dieser Zeitpunkt wird als der Zeitpunkt berechnet, an dem der Techniker an Ort und Stelle eintrifft, wobei angenommen wird, daß die Dauer der Fahrt und der Aufgabe präzise sind und daß jede Aufgabe geplant ist, sobald die vorherige Aufgabe beendet ist. Wenn diese Kalkulation jedoch dazu führt, daß die Aufgabe vor dem Beginn des zugewiesenen Zeitfensters auftritt, wird ETA als der präzise Beginn des zugewiesenen Zeitfensters berechnet. Ein Aufgabenzeitfenster ist als die Zeit zwischen dem frühesten Beginn der Aufgabe (EST) und dem spätesten Beginn der Aufgabe (LST) definiert.
 - TAT (Sollankunftszeit: angegeben durch den Vorprozessor **34** der Aufgaben. Für eine Aufgabe im Zusammenhang mit einem Termin ist das das Ende des Terminschlitzes).
 - UOT (Größe der ungeplanten Überstunden in Minuten: die Zeit, die über das geplante Tagesende des Technikers, der den Plan erfüllen soll, hinausgeht).
 - ETC (geschätzte Zeit der Beendigung: der Zeitpunkt, zu dem erwartet wird, daß der Techniker die Aufgabe beendet). Bei geplanten Aufgaben wird sie als ETA plus der Dauer der Aufgabe selbst berechnet. Bei ungeplanten Aufgaben wird sie als geplanter Endzeitpunkt plus der Dauer der Aufgabe berechnet. Der Wert ist der für den Techniker spezifische Wert, da die Techniker unterschiedliche Arbeitsbemessungen (rate of working) haben, die im Techniker-Vorprozessor **33** spezifiziert sind).
 - TCT (Sollbeendigungszeit: ein Feld, das für nicht termingebundene Aufgaben vorgesehen ist. Wird die Sollbeendigungszeit nicht eingehalten, wird eine Geldstrafe fällig, bedeutet jedoch kein Mißlingen der Aufgabe).
 - FSF (Markierung: sekundärer Termin: eingestellt auf 1, wenn die Aufgabe nicht zum sekundären Termin erledigt ist, sonst Null).
 - SBF (Markierung: Strafe wegen Nichteinsetzens auf dem Gebiet des bevorzugten Fachkönnens: eingestellt auf den Wert für die Präferenz des Technikers für die geplante Aufgabe, minus 1. Wenn z.B. eine Aufgabe, die ein besonderes Können erfordert, einem Techniker zugewiesen wird, der eine Präferenz von 3 für dieses Können hat, wird SBF auf 2 gesetzt).
 - BTF (Markierung Geschäftszeit: eingestellt auf 1, wenn die erwartete Ankunftszeit des Technikers

- vor einer frühen Sperrzeit oder nach einer späten Sperrzeit liegt, d.h. wenn sie außerhalb des Fensters für eine solche auszuführende Aufgabe liegt, oder sonst auf Null. Die erwartete Ankunftszeit wird als die Zeit bestimmt, zu der der Techniker vor Ort eintrifft, wobei angenommen wird, daß die Dauer der Fahrt und die Dauer der Aufgabe exakt sind und daß die Aufgaben zugewiesen werden, sobald die vorherige Aufgabe beendet ist oder, wenn hierdurch die Aufgabe aus ihrem Zeitfenster hinausbewegt wird, zu einem Zeitpunkt, zu dem der Techniker an den Beginn des Aufgabenzeitfensters kommt).
- ETP (Strafe für die geschätzte Fahrt: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und wird verwendet, um für die mit jeder Aufgabe verbundene Fahrt den Beitrag zur Zielfunktion auszuarbeiten). Der Fahrtbeitrag wird als ETP multipliziert mit ETT bestimmt. Der Fehlerwert des Parameters ist Null).
 - OTP (Strafe für nicht eingeplante Überstunden: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und wird verwendet, um den Beitrag zur Zielfunktion auszuarbeiten, den jede Aufgabenzuordnung ausmacht, bei der nicht eingeplante Überstunden auftreten. Der Fehlerwert des Parameters ist Null).
 - UAP (Strafe für einen nicht eingeplanten Termin: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und wird verwendet, um den Beitrag zur Zielfunktion für Termine auszuarbeiten, die nicht zugewiesen wurden. Der Fehlerwert des Parameters ist wiederum Null).
 - FTP (Strafe für nicht erfüllte Aufgaben: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und stellt den Wert dar, der beim Ausarbeiten des Beitrags zur Zielfunktion Aufgaben ohne Termin verwendet wird. Der Fehlerwert ist Null).
 - SBP (Strafe wegen Nichteinsetzens auf dem Gebiet des Fachkönnens: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und stellt den Betrag dar, der zur Zielfunktion für jede Aufgabenzuordnung hinzugefügt wird, die nicht das erwünschte Fachgebiet bietet, d.h., wenn die Markierung SBF auf 1 gesetzt ist. Der Fehlerwert des Parameters ist Null).
 - ATC (Ankunftszeit konstant: Eine ganze Zahl größer Null: sie stellt den Zeitraum dar, in dem die Kosten der Zuordnung einer nicht erfüllten Aufgabe vom "Ankunftszeit", d.h., einer Aufgabe, in der die Festlegung besteht, zu einer vorgegebenen Zeit vor Ort anzukommen, im Unterschied zu einem Zeitraum, mit der Festlegung, die Aufgabe zu vollenden. – Das doppelte).
 - ITP (Füllaufgabe – Fahrstrafe: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und stellt einen Betrag dar, der verwendet wird, um den Betrag zur Zielfunktion für die mit jeder zugewiesenen Füllaufgabe verbundene Fahrt auszuarbeiten. Der Fahrtbeitrag wird als ITP multipliziert

mit ETT (geschätzte Fahrzeit) berechnet. Der Fehlerwert des Parameters ist Null).

– MIT (Maximale Füllaufgabenfahrt: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und stellt den Fahrtumfang dar, oberhalb dessen die Kosten für die Zuordnung einer Füllaufgabe exakt die Kosten ihrer Nichtzuordnung sind. Je höher der Wert, desto eher kann es einem Techniker gestattet werden, zu einer solchen Füllaufgabe zu fahren).

– BTP (Geschäftszeit-Strafe: Dieser Parameter hat einen Wert größer oder gleich Null und stellt einen Betrag dar, der verwendet wird, um den Beitrag zur Zielfunktion für die Zuweisung einer nicht verabredeten Aufgabe auszuarbeiten, bei der die geschätzte Ankunftszeit des Technikers vor Ort nicht innerhalb einer angegebenen Zeit liegt. Eine Zuordnung, die diese Strafe nach sich zieht, wird identifiziert als jede, bei der die Geschäftszeit-Markierung (BTF) auf 1 eingestellt ist. Der Fehlerwert des Parameters ist Null).

[0115] Es ist anzumerken, daß alle Zeiten in Minuten gerechnet werden und die Uhrzeiten auf Null gesetzt sind = Mitternacht; e.g. 12 mittags an Tag 1 wird dargestellt als: 720; 4.40 p. m. als 1000; 9.20 a. m. an Tag 2 als 2000, etc. Die Zeiten außerhalb des normalen Arbeitstages sind nicht entfernt. Beispielsweise ist in diesem Fall der Arbeitstag als 8 a. m. bis 5 p. m., Montag bis Samstag definiert. Eine Aufgabe mit einer TAT (Sollankunftszeit) 5p. m. am Mittwoch und einer ETA (geschätzte Ankunftszeit) von 8.01 a.m. am Donnerstag führt zu einer verspäteten Ankunft von: $ETA - TAT = +901$ Minuten, nicht + 1 Minute. (Ein positiver Wert zeigt eine verspätete Ankunft an).

[0116] Eine Aufgabe mit ETA (geschätzte Ankunftszeit) nach 5 p. m. wird angenommen, wobei die Nicht-Arbeitsstunden abgezogen sind, die bis 8 a. m. am nächsten Arbeitstag abgeschlossen sein soll. Im gegenwärtigen System ist keine derartige Annahme gemacht worden. Beispielsweise führt eine Aufgabe mit ETA (geschätzte Ankunftszeit) um 5.17 p. m. an einem Samstag (einem Arbeitstag) und einer TAT (Sollankunftszeit) um 8.12 a. m. am Montag, wobei die Leerzeit abgezogen ist, zu folgendem Ergebnis: $ETA - TAT = -12$ (i.e. nur gerade rechtzeitig beendet) anstelle des korrekten Wertes von -2335. (Diese Werte sind negativ, weil sie eine Ankunft vor der Sollzeit betreffen).

[0117] Die zu minimierende Zielfunktion wird in Abhängigkeit vom Typ der Aufgabe durch die folgenden zehn Gleichungen bestimmt.

[0118] Gleichung 1: Für zugewiesene Termin-Aufgaben ist der Beitrag zur Zielfunktion:

$$(1 + P/2) \cdot P \cdot (IMU^{EX} \cdot IMP) + (ETP \cdot ETT) + (OTP \cdot UOT) + (SBP \cdot SBF),$$

wobei, wenn die gegenwärtige Zeit gleich der Schlitzöffnungszeit ist, gilt:

$$P = (ETA - TAT) / (TAT - TSS) \quad [\text{wenn } TAT = TSS, \text{ dann ist } P = 0]$$

oder, wenn der Schlitz noch nicht offen ist:

$$P = \min \{1, (ETA - TAT) / \text{Länge des Termin-Schlitzes in Minuten}\}$$

(P hat den niedrigeren der zwei durch das Komma getrennten Werte).

[0119] Gleichung 2: Für zugewiesene Aufgaben vom Ankunfts-Typ, ist, wenn ETA minus TAT kleiner oder gleich Null ist, der Beitrag zur Zielfunktion:

$$(1 + P/2) \cdot P \cdot (IMU^{EX} \cdot IMP) + (ETP \cdot ETT) + (OTP \cdot UOT) + (SBP \cdot SBF),$$

worin bedeuten: $P = (ETA - TAT) / (TAT - TSS)$, [wenn $TAT = TSS$, dann ist $P = 0$].

[0120] Gleichung 3: Für zugewiesene Aufgaben vom Ankunfts-Typ, wenn ETA minus TAT größer oder gleich Null ist, ist der Beitrag zur Zielfunktion:

$$(P + FTP) \cdot (IMU^{EX} \cdot IMP) + (ETP \cdot ETT) + (OTP \cdot UOT) + (SBP \cdot SBF),$$

worin bedeuten: $P = (ETA - TAT) / ATC$.

[0121] Gleichung 4: Für Termine, deren Zuweisung zurückgenommen wurde und für Aufgaben vom Ankunfts-Typ ist der Beitrag wie folgt:

$$\cdot (IMU^{EX} \cdot IMP) \cdot UAP.$$

[0122] Gleichung 5: Für zugewiesene Garantieaufgaben, wenn ETC – TCT kleiner oder gleich Null ist, ist der Beitrag:

$$(1 + P/2) \cdot P \cdot (IMU^{EX} \cdot IMP) + (ETP \cdot ETT) + (OTP \cdot UOT) + (SBP \cdot SBF) + (BTP \cdot BTF),$$

worin bedeuten: $P = (ETC - TCT) / (TCT - TSS)$.

[0123] Gleichung 6: Für Aufgaben mit Zuweisungsgarantie, in denen ETC – TCT größer als Null ist, die sekundäre Garantiegrenze aber noch nicht überschritten ist, ist der Beitrag:

$$(P + FTP) \cdot (IMU^{EX} \cdot IMP) + (ETP \cdot ETT) + (OTP \cdot UOT) + (SBP \cdot SBF) + (BTP \cdot BTF),$$

worin bedeuten: $P = (ETC - TCT) / (SCT - TCT)$.

[0124] Gleichung 7: Für Aufgaben mit Zuweisungs-

garantie, in denen ETC – TCT größer als Null ist und die sekundäre Garantiegrenze überschritten ist, ist der Beitrag:

$$(P + FSP + FTP) \cdot (IMU^{IEX} \cdot IMP) + (ETP \cdot ETT) + (OTP \cdot UOT) + (SBP \cdot SBF) + (BTP \cdot BTF),$$

worin bedeuten: $P = (ETC - TCT) / (SCT - TCT)$.

[0125] Gleichung 8: Für nicht zugewiesene Garantieaufgaben muß der Beitrag sein:

$$\{(ETC - TCT) / SCT - TCT\} + (FTP \cdot FTF) + (FSP \cdot FSF) \cdot (IMU^{IEX} \cdot IMP).$$

[0126] Gleichung 9: Für zugewiesene Füllaufgaben ist der Beitrag:

$$ETT \cdot ITP.$$

[0127] Gleichung 10: Für nicht zugewiesene Füllaufgaben ist der Beitrag:

$$MIT \cdot ITP.$$

[0128] Es ist anzumerken, daß kein Termin geplant wird, wenn angenommen werden kann, daß dieser ausfällt (d.h. der Techniker kommt erst nach dem Ende des Termin-Schlitzes an Ort und Stelle an). Darüber hinaus wird angenommen, wenn ein Termin zu einer Zeit geplant ist, in der der Techniker ankommen könnte, bevor der Termin-Schlitz offen ist, daß der Techniker stattdessen in dem Moment ankommen wird, wenn sich der Schlitz tatsächlich öffnet.

[0129] Die Kosten der Zuordnung sind für eine Reihe von unterschiedlichen Aufgaben und Situationen in den [Fig. 6](#) bis [Fig. 9](#) gezeigt. Sie zeigen, wie sich die Kosten der Zuweisung einer Aufgabe ändern, wenn sich die Ankunfts- oder Beendigungszeit einer Aufgabe ändert. In allen Fällen sind IEX und IMU auf 1 gesetzt.

[0130] [Fig. 6](#) gibt die Situation an, in der eine Aufgabe für einen spezifizierten "Zeitschlitz" terminiert ist. Diese Aufgabe ist für den Zeitraum zwischen 8 a. m. und 10.30 a. m. (480 bis 60 Minuten nach Mitternacht) terminiert, weshalb die einzige gültigen Ankunftszeiten in diesem Bereich liegen. Eine genaue Ankunft um 8 a.m. würde Kosten von minus 0,5 mal der Wichtigkeitsbewertung der Aufgabe erzeugen, wohingegen sich bei einer Ankunft um genau 10.30 a. m. eine Bewertung Null ergibt. Wenn eine Aufgabe nicht zugewiesen bleibt, und somit nicht erfüllt werden soll, wird eine Strafbewertung UAP IMP fällig. UAP wird auf einen positiven Wert gesetzt, damit liegen die Kosten für die Zuweisung eines Termins immer unter den Kosten, die entstehen, wenn keine Zuordnung erfolgt.

[0131] [Fig. 7](#) zeigt die gleiche Situation mit dem Unterschied, daß sich der Schlitz bereits geöffnet hat und es gerade 9.40 a. m. (580 Minuten nach Mitternacht) ist, so daß nur noch 50 Minuten bleiben, bis sich der Schlitz wieder schließt. Die Form der Kurve ist die gleiche, aber die Werte auf der Zeitachse sind komprimiert.

[0132] [Fig. 8](#) zeigt eine Aufgabe ohne Termin, aber mit einer Verpflichtung, die Aufgabe bis zu einer angegebenen Zeit zu beenden (5.30 p. m.: 1050 Minuten). Der Parameter FTP ist auf 1 gesetzt, woraus sich eine Schrittänderung bei den Kosten über die Kosten des Garantiesolls hinaus ergibt, wobei die Schrittgröße gleich der Wichtigkeitsbewertung (d.h. 50) ist. Der Parameter FSP ist auf 2 gesetzt, woraus sich eine weitere Schrittänderung bei den Kosten auf das Doppelte der Wichtigkeitsbewertung (d.h. 100), über die Kosten einer sekundären Garantiezeit hinaus ergibt (in diesem Fall die Strafzeit; 240 Minuten, d.h. 10 a.m. an Tag 2).

[0133] [Fig. 9](#) zeigt, wie die Kosten der Zuordnung sich mit der Zeit für eine Aufgabe bei einer Sollankunftszeit und einer Wichtigkeitsbewertung von 900 ändern. In dieser Fig. ist die Sollankunftszeit 12 h mittags (720 Minuten) und der Wert des Parameters FTP ist 0,1. Daraus ergibt sich eine Schrittänderung von 90 (d.h. 0,1 mal 900 (Wichtigkeitsbewertung)) wenn 12 h mittags überschritten wird.

[0134] Es wird ein Anfangszeitplan erstellt, indem der vom Vorschneider **30** erstellte Teilplan verwendet wird und indem den Technikern willkürlich weitere Aufgaben zugeordnet werden. Dieser Anfangszeitplan wird dann von der Optimierungs-Untereinheit **31** modifiziert. Diese Prozedur ist im Ablaufplan von [Fig. 10](#) dargestellt. Sie umfaßt vier Schritte **1001**, **1002**, **1005** und **1016**, die die Erzeugung einer willkürlichen Zahl erfordern. Den Aufgaben und den Technikern wird jeweils eine Zahl zugeordnet.

[0135] Das Verfahren beginnt mit der Berechnung des Zeitplans (Schritt **1000**). Als nächstes wird eine Erzeugungseinrichtung einer willkürlichen Zahl eingesetzt, um eine der Aufgaben auszuwählen. Mit Ausnahme der bereits oben beschriebenen, vorab zugewiesenen Aufgaben hat jede Aufgabe die gleiche Wahrscheinlichkeit, ausgewählt zu werden, ob sie sich nun gegenwärtig in einem Zeitplan befindet oder nicht. Wie das Verfahren weitergeht, wenn eine Aufgabe ausgewählt wurde, hängt davon ab, ob die ausgewählte Aufgabe bereits zu den geplanten Aufgaben gehört.

[0136] Ein brauchbarer Techniker, d.h. einer, der die vom Vorschneider **30** vorgegebene Aufgabe erledigen kann, wird ebenfalls willkürlich gewählt (unter Verwendung eines zu dem Verfahren für die Auswahl einer Aufgabe analogen Verfahrens). Die Zahl wird

aus dem Bereich 1 bis N + lausgewählt (Schritt 1002), wobei N die Anzahl der brauchbaren Techniker ist: jedoch wird die Zahl, die dem Techniker entspricht, für den die gewählte Aufgabe gegenwärtig geplant ist, von der Wahl ausgeschlossen. Die Zahl N + 1 stellt einen "Dummy"-Techniker dar. Die Zuordnung einer Aufgabe für einen "Dummy"-Techniker bedeutet Rücknahme der Zuordnung der Aufgabe für die Zielfunktion. Es ist anzumerken, daß die Änderung der Planung einer Aufgabe auf den "Dummy"-Techniker 1/N ist, und daher kleiner wird, wenn die Anzahl der Techniker im System zunimmt. Wenn die Aufgabe nicht bereits geplant ist, dann wird der "Dummy"-Techniker von der Wahl ausgeschlossen.

[0137] Wenn eine Aufgabe nicht für den "Dummy"-Techniker (Schritt 1003) ist, und nicht für eine durch einen Termin bestimmte Zeit (Schritt 1004), wird eine willkürliche Position in den geplanten Aufgaben des ausgewählten Technikers gewählt (wobei wieder das Verfahren mit den willkürlichen Zahlen verwendet wird; Schritt 1005) und die Position wird dann geprüft, um zu sehen, ob die Aufgabe auch hineinpaßt (Schritt 1006). Damit die Aufgabe in die geplanten Aufgaben hineinpaßt, muß die Lücke für die Aufgabe groß genug sein. Wenn das nicht der Fall ist, muß es möglich sein, alle nachfolgenden Aufgaben zu verschieben, um eine Lücke zu erzeugen, die groß genug ist, um die Aufgabe aufzunehmen (Schritt 1007).

[0138] Wenn die Aufgabe für eine durch einen Termin bestimmte Zeit (Schritt 1004) bestimmt ist, werden alle möglichen Positionen in den geplanten Aufgaben untersucht (Schritte 1008 bis 1010), bis eine gültige Position gefunden wurde (Schritt 1009). Die Gültigkeit jeder Position wird bestimmt (Schritt 1009), indem sie auf den Terminschlitz der Aufgabe bezogen wird. So kann z.B. eine Aufgabe, die auf einen Nachmittagsschlitz terminiert ist, nicht in einer Position in einer geplanten Aufgabe gültig sein, die um 9.30 a. m. endet. Wenn alle Positionen versucht worden sind und keine gültig ist (Schritt 1010), wird die Aufgabe abgelehnt (Schritt 1018) und eine neue gewählt (Schritt 1001). Wenn eine gültige Position gefunden wurde, wird die oben beschriebene Untersuchung nach nicht termingebundenen Aufgaben durchgeführt, um zu bestimmen, ob die Aufgabe hineinpaßt (Schritte 1006 und 1007). Es ist anzumerken, daß eine Aufgabe für eine durch einen Termin bestimmte Zeit nicht für eine Position geplant wird, in der der Techniker außerhalb eines Zeitfensters ankommt, das durch die Terminschlitz-Startzeit (minus eines erlaubten Zeitrahmens) und die Termin-Ende-Zeit definiert ist. Wenn die geschätzte Beendigung der vorherigen Aufgabe es dem Techniker ermöglichen würde, vor diesem Fenster anzukommen, wird angenommen, daß der Techniker eine Leerzeit hat. Die in einen Plan eingefügte Fahrt zu und von einer Aufgabe erlaubt es, zu bestimmen, ob der Ein-

schub möglich ist.

[0139] Wenn der Einschub möglich ist (Schritt 1006), wird die Aufgabe in den Plan des Technikers eingeschoben (Schritt 1012) und die Kosten für den revidierten Plan werden berechnet (Schritt 1013). Die Kosten des revidierten Plans werden dann mit dem bestmöglichen Wert verglichen (Schritt 1014). Jede Bewegung, die die Zielfunktion verkleinert oder unverändert läßt, wird automatisch akzeptiert (Schritt 1015). Das ist ähnlich wie beim Verfahren "Hill Climbing", weil nur Bewegungen in einer bestimmten Richtung (in Richtung auf das Optimum) akzeptiert werden. Beim Verfahren "Simulated Annealing" (simulierte Glühen) werden auch Bewegungen akzeptiert, die den Wert der Zielfunktion mit einer Wahrscheinlichkeit p, definiert durch das "Kühlregime", erhöhen, was im folgenden kurz beschrieben ist. Es wird eine willkürliche Zahl R im Bereich Null bis 1 erzeugt (Schritt 1016), und wenn sie kleiner oder gleich der Wahrscheinlichkeit p (Schritt 1017) ist, wird die Bewegung akzeptiert (Schritt 1015).

[0140] Wenn die Bewegung akzeptiert wird, wird der resultierende Wert der Zielfunktion mit dem besten vorher erhaltenen Wert (Schritt 1019) verglichen. Wenn er besser ist als der vorherige beste Wert, wird die Lösung als neuer "bester Wert" für zukünftige Vergleiche gespeichert (Schritt 1020). Jede Änderung kann entweder an ihrer Endstufe oder weil die Aufgabe nicht in den Zeitplan eingefügt werden kann (Schritt 1007 oder 1009), abgelehnt werden (Schritt 1018).

[0141] Sodann wird die Prozedur für eine andere Aufgabe wiederholt (Schritt 1001), wobei entweder der revidierte Zeitplan, wenn die Änderung akzeptiert wurde (Schritt 1015), oder der vorherige Zeitplan verwendet wird, wenn die Änderung abgelehnt wurde (Schritt 1018). Es ist anzumerken, daß eine Bewegung, die im Schritt 1015 akzeptiert wurde, als Grundlage für die nächste Iteration verwendet wird, ob es sich um eine Verbesserung bezüglich des "besten Wertes" handelt (Schritte 1019/1020).

[0142] Die Rücknahme der Zuweisung einer Aufgabe (d.h. Planung für den "Dummy"-Techniker) erhöht immer die Zielfunktion, aber solche Rücknahmen der Zuweisung werden mit der Wahrscheinlichkeit p akzeptiert, wobei es möglich ist, daß bei der nächsten Iteration des Verfahrens eine verschobene Aufgabe erneut für den Techniker eingeplant wird, dem die Aufgabe fortgenommen worden ist. Es ist anzumerken, daß es keine Beschränkung hinsichtlich Fähigkeiten, Zeit oder anderer Bedingungen gibt, um dem "Dummy"-Techniker eine Aufgabe zuzuordnen, eine solche Zuordnung ist immer möglich, erhöht aber immer die Zielfunktion.

[0143] Die Wahrscheinlichkeit p, eine Bewegung zu

akzeptieren, die den Wert der Zielfunktion ansteigen läßt, ist durch die Formel $p = \exp(-\delta/\text{Temperatur})$ gegeben.

[0144] Bei "Temperatur" handelt es sich um ein Konzept, das die Zahl der Bewegungen steuert, die ausgeführt werden, um den Wert der Zielfunktion zu erhöhen. Je höher der Wert der Temperatur ist, desto mehr Bewegungen werden akzeptiert, die den Wert der Zielfunktion erhöhen. Während der Suche wird der Wert der Temperatur allmählich reduziert, so daß bei späteren Punkten der Suche weniger solcher Bewegungen akzeptiert werden. δ ist die Differenz zwischen dem Wert der Zielfunktion nach der Änderung und dem Wert vor der Änderung. Nach einer vorgegebenen Anzahl von Bewegungen bei einer gegebenen Temperatur wird der Wert reduziert. Die Reduktion erfolgt durch Multiplizieren der Temperatur um einen vorgegebenen Wert. Alle Bewegungen, ob gültig oder ungültig, abgelehnt oder akzeptiert, sind in dieser Zählung enthalten.

[0145] Die Beziehung zwischen δ , Temperatur und Wahrscheinlichkeit für ein Akzeptieren einer Bewegung, die den Wert der Zielfunktion verschlechtert (d.h. vergrößert), ist in [Fig. 11](#) gezeigt. In der Fig. sind die zwei Schlüsselmerkmale des Kühlregimes gezeigt, als erstes, daß die Wahrscheinlichkeit für das Akzeptieren einer Bewegung, die den Wert der Zielfunktion verschlechtert, abnimmt, wenn die Größe δ zunimmt, und als zweites, daß auch die Wahrscheinlichkeit zunimmt, wenn die Temperatur zunimmt. Die Einrichtung für ein simuliertes Glühen kann so eingestellt werden, daß sie entweder nach einer gegebenen Zeit oder nachdem eine vorgegebene Zahl von Temperaturen verwendet worden sind, abschaltet. Der Zeitplan (ein Satz von Touren), der dem Planungsmanager zu übergeben ist, ist der Plan, durch den für die Zielfunktion der niedrigste Wert erzeugt wird (d.h., ein Wert, der als der bisher beste zu dem Zeitpunkt gespeichert wurde, an dem das Verfahren angehalten hat (Schritt **1020**).

[0146] Die Optimierungs-Untereinheit **31** verwendet Überstunden als geeignetes Mittel innerhalb der Grenzen, die durch die Verfügbarkeit individueller Überstundengrenzen bestimmt sind; diese Grenzen werden vom Vorprozessor **33** an die Untereinheit **31** weitergegeben. Wenn eine Aufgabe innerhalb von Überstunden abgeschlossen werden kann, die einer Person erlaubt worden sind, dann kann sie durch die Optimierungs-Untereinheit **31** geplant werden. Wenn jedoch eine Aufgabe die einer Person erlaubte Überstundengrenze überschreitet, werden sie nur geplant, wenn sie auf zwei oder mehr Teilaufgaben aufgeteilt werden können, und wenn der Teil der Aufgabe, der vor dem geplanten Ende des Tages abgeschlossen werden kann, größer als ein vorgegebenes Minimum ist. Unter diesen Umständen wird die Aufgabe so aufgeteilt, daß der erste Teil der Aufgabe

am geplanten Ende des Tages abgeschlossen wird. Keine Teilaufgabe wird so positioniert, daß zu erwarten ist, daß sie nicht eingeplante Überstunden benötigt.

[0147] Im Laufe eines Tages läuft die Optimierungs-Untereinheit **31** in regelmäßigen Intervallen. Bei jeder solchen Gelegenheit kann die Prozedur von Anfang an gestartet werden, so daß versucht wird, alle Aufgaben zu planen, die vom Vorschneider **30** nicht geplant wurden. Alternativ dazu kann die Optimierungs-Untereinheit **31** laufen, wobei die Touren erneut als Startpunkt verwendet werden, die bei ihrem vorherigen Durchlauf erzeugt wurden. In diesem Modus konstruiert die Optimierungs-Untereinheit **31** ihre Startposition wie folgt. Für jeden Techniker im vorherigen Satz von Touren wird geprüft, um zu sehen, ob er immer noch verfügbar ist (d.h. ist er immer noch auf der vom Techniker-Vorprozessor **33** gelieferten Liste der Techniker?). Für solche Techniker, die immer noch verfügbar sind, werden alle Aufgaben, die vom Vorprozessor **33** positioniert wurden, in die Tour geschrieben. Dann werden die vorherigen Touren in der Reihenfolge untersucht, in der die Aufgaben ausgeführt werden sollten, und alle Aufgaben, die der gegenwärtigen Tour hinzuzufügen sind (d.h. immer noch gültige Zuordnungen), werden nach dem Ende der neuen Tour hinzugefügt (d.h. nach allen, durch den Vorschneider positionierten Aufgaben). Jede nicht länger gültige Aufgabe (d.h. die bereits anderswohin zugewiesen wurde) wird aus der neuen Tour entfernt. Nachdem auf diese Weise eine Anfangs-Tour erstellt wurde, sucht die Optimierungs-Untereinheit **31** dann nach besseren Lösungen auf die bereits beschriebene Art und Weise.

[0148] Das Verfahren kann periodisch angehalten werden, und der bis zu diesem Punkt als bester identifizierte Plan kann durch eine Nach-Optimierungstufe **39** analysiert werden. Diese verwendet eine auf Vorschriften/Regeln beruhende Technik, um individuelle Zeitpläne zu identifizieren, die nahe am Optimum zu sein scheinen, wie z.B. Zeitpläne, die nur kleine Größen an Leerzeit oder Fahrzeit haben und die keine Reiseroute enthalten, die doppeltes Zurückfahren erforderlich macht. Solche Zeitpläne werden als festgelegt bezeichnet, und der Optimierungsprozess wird wieder aufgenommen. Dadurch ist sichergestellt, daß der Optimierungsprozess sich auf solche Teile des Gesamtplans konzentriert, in dem wahrscheinlich Verbesserungen zu finden sind, und seine Suche ist auf solche Bereiche des "Lösungsraums" beschränkt.

[0149] Nach einer geeigneten Laufzeit wird ein endgültiger Satz von Techniker-Zeitplänen erzeugt. Dieser wird dann an die Modifizierungseinrichtung **40** zur Modifizierung des Echtzeit-Zeitplans weitergegeben. Während diese unter Verwendung dieses Zeitplans läuft, kann der Scheduler **30, 31** den Betrieb wieder

aufnehmen und einen neuen Zeitplan erstellen, indem er die aktualisierten Daten verwendet.

[0150] Der Betrieb der Modifizierungseinrichtung **40** zur Modifizierung des Echtzeit-Zeitplans ([Fig. 4](#)) ist in den [Fig. 12](#), [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) in Form eines Ablaufplans gezeigt. [Fig. 4](#) zeigt in Form eines Blockdiagramms die wesentlichen Merkmale der Modifizierungseinrichtung **40** zur Modifizierung des Echtzeit-Zeitplans. Ein Zeitplan-Statusregister **42** speichert den gegenwärtigen Status der Zeitpläne, die ursprünglich über den Zeitplanspeicher **32** von der Optimierungs-Untereinheit **31** geliefert wurden (s. [Fig. 3](#)). Auf die gleiche Weise speichert ein Techniker-Statusregister **43** und ein Arbeitspool-Register **44** Daten, die sich auf die Techniker bzw. die Aufgaben beziehen, die ursprünglich von den entsprechenden Vorprozessoren **33**, **34** erhalten wurden. Diese drei Register können alle aktualisiert werden, wie im folgenden beschrieben ist. Ein Parametereingang **41** ermöglicht es einer Bedienungsperson, die verschiedenen Gewichtungen und andere, im System verwendete Werte zu setzen.

[0151] Das Techniker-Statusregister **43** kann durch Eingaben von den Technikern selbst T1, etc. aktualisiert werden, insbesondere, um den Status eines Technikers, Online oder Offline, zu melden. Das Arbeitspool-Register **44** kann ebenfalls durch Eingaben von einer von Hand bedienten Schnittstelle (einer Computeranschlußeinheit) **45** aktualisiert werden, wodurch eine Bedienungsperson dem Arbeitspool neue Aufgaben während eines Laufs der Echtzeit-Zuordnungseinheit einfügen kann, z.B. als Antwort auf einen von einem Kunden gemeldeten Fehler. Es können ebenfalls automatische Eingänge vorgesehen sein, die mit Fehlerüberwachungssystemen im Netzwerk **46** verbunden sind.

[0152] Die Register **42**, **43**, **44** sehen Eingänge für einen Zuordnungsprozessor **47** vor, der die Informationen über den gegenwärtigen Status in den Registern in der Weise verwendet, wie unter Bezug auf die [Fig. 12](#), [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) beschrieben ist, um eine Zuordnung für einen Techniker T zu erzeugen, wenn dieser sich Online schaltet, um nach Anweisungen zu fragen. Die sich ergebende Zuordnung wird an eine Instruktionserzeugungseinheit **48** weitergegeben, die die Instruktionen bezüglich der neu zugewiesenen Aufgabe und damit verbundene Tätigkeiten zum Techniker T überträgt. Der Zuordnungsprozessor **47** überträgt des weiteren die Aktualisierungsinformationen zum Techniker-Statusregister **43**, die sich auf den gegenwärtigen Standort des Technikers, die nächste erwartete Anrufzeit, etc. beziehen. Der Zuordnungsprozessor **47** überträgt des weiteren Aktualisierungsinformationen zum Arbeitspool-Register **44**, insbesondere, um die Aufgabe zu löschen, die soeben zugeordnet wurde. Ferner überträgt der Zuordnungsprozessor **47** Aktualisierungsinformationen

zum Zeitplan-Statusregister, insbesondere, um die provisorischen Zeitpläne anderer Techniker zu modifizieren, die von der soeben erfolgten Zuordnung beeinflußt werden.

[0153] Die Modifizierungseinrichtung **40** wird so verwaltet, daß Änderungen, die aufgetreten sind, weil die Zeitpläne erzeugt wurden, zum frühesten oder zum günstigsten Zeitpunkt berücksichtigt werden können. Solche Änderungen können von den Technikern veranlaßt worden sein, die sich zur Zuordnung von neuen Aufgaben früher als erwartet melden, durch eine Abwesenheit, die kurzfristig gemeldet wurde, durch Änderungen bei einer geplanten Aufgabe (z. B. ein geänderter Termin, durch neue, in das System eingeführte Aufgaben oder durch Änderung der Planungs- und Zuordnungsvorschriften, wie z.B. eine Änderung der Fahrtzeiten aufgrund schlechter Wetter- oder Verkehrsbedingungen). Das Ziel ist es, sicherzustellen, daß wenn ein Techniker eine Aufgabe anfordert, die aktuell zugeordnete Aufgabe zu der die Arbeitsanforderung betreffenden Zeit die verfügbare Aufgabe ist, die für diesen Techniker am besten geeignet ist, unabhängig davon, ob es sich hierbei um die ursprünglich geplante Aufgabe handelt. Um das Verständnis für die zu beschreibenden Zuordnungs- und Optimierungsvorschriften zu erleichtern, sind diese durch eine Reihe von Ablaufplänen in den [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) unterstützt. In [Fig. 12](#) bezieht sich die Bezugsziffer **13** auf den in [Fig. 13](#) gezeigten Ablaufplan, der als Subroutine betrieben wird, die während des Prozesses aufgerufen wird, der im Ablaufplan von [Fig. 12](#) gezeigt ist. In ähnlicher Weise findet der Prozeß von [Fig. 14](#) als Subroutine in verschiedenen Schritten der [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) statt.

[0154] Die folgenden Begriffe tauchen in verschiedenen Vorschriften bzw. Regeln auf und sind im folgenden zum besseren Verständnis definiert.

[0155] "Falsch": Der Planungsstatus einer Tätigkeit (e. g. Aufgabe, Abwesenheit, Pause), der für einen Techniker geplant, aber ihm noch nicht zugeordnet ist, und für den die Informationen, auf denen die Planung beruhen, gültig sind. Kann auftreten, wenn einem Techniker eine Aufgabe zugewiesen wird, die nicht im ursprünglichen Plan für den Techniker enthalten war, oder wenn die Aufgabe ursprünglich einem anderen Techniker zugeordnet war.

[0156] "Anhängig": Der Planungsstatus einer Tätigkeit (e. g. Aufgabe, Abwesenheit, Pause), der für einen Techniker geplant, aber ihm noch nicht zugeordnet ist, und für den die Informationen, auf denen die Planung beruhen, immer noch als genaue Informationen betrachtet werden (d.h. sie wurden nicht als "falsch" markiert).

[0157] Im folgenden ist nun die in [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) angeführte Prozedur beschrieben, die wie folgt ab-

läuft.

[0158] [Fig. 12](#) zeigt die Prozedur zur Bestimmung, welche Instruktionen einem Techniker zu geben sind, der eben angekommen ist (Schritt 1200). Die Instruktion (Schritte 1211 bis 1215) ist normalerweise die, eine Aufgabe (1213) auszuführen, es können aber auch andere Instruktionen, wie z.B. eine Abwesenheit einzutragen (z.B. an einem Meeting oder einer Fortbildung teilzunehmen, 1211), ausgegeben werden.

[0159] [Fig. 13](#) zeigt die Prozedur, in der eine geeignete Aufgabe ausgewählt wird.

[0160] In beiden Prozeduren von [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) wird eine Subroutine verwendet, die die Eignung des Technikers bestimmt, eine gegebene Aufgabe auszuführen. Diese Prozedur ist in [Fig. 14](#) gezeigt.

[0161] [Fig. 12](#) zeigt die Prozedur zur Bestimmung der Zuordnung einer Aufgabe für einen Techniker, der sich Online befindet. Wenn ein Techniker ankommt (Schritt 1200), konsultiert das System den Plan, um für den Techniker die nächste Tätigkeit zu identifizieren (1201). Ist die nächste Tätigkeit "Ende des Tages" (EOD), (d.h. für den Techniker sind für den Rest des Tages keine weiteren Tätigkeiten eingeplant), geht das System zu Prozedur 13 und versucht, für den Techniker eine geeignete Aufgabe zu finden. Wenn es vor dem "Ende des Tages" geplante Tätigkeiten gibt (negatives Ergebnis zu Schritt 1201), erfolgt eine "Prüfung: keine Vorauswahl" (Schritte 1202 bis 1207). Zunächst prüft das System den Plan des Technikers, um festzustellen, ob irgendeine Abwesenheit für den Techniker geplant ist (Schritt 1202). Wenn keine Abwesenheit vorgesehen ist, dann wird für den Techniker eine nächste Aufgabe unter Verwendung der Prozedur 13 gefunden, die im folgenden beschrieben ist.

[0162] Ist mindestens eine Abwesenheit geplant, prüft das System, ob geplant ist, daß die nächste Abwesenheit innerhalb einer bestimmten Zeit nach der gegenwärtigen Zeit beginnt (Schritt 1203). Ist das der Fall, wird geprüft, um festzustellen, ob das geplante Ende der Abwesenheit in einen Zeitraum fällt, in dem eine Pause genommen werden muß (Schritt 1204). Wenn nicht, wird der Techniker angewiesen, die Abwesenheit wahrzunehmen, e. g., an einem Meeting teilzunehmen (Schritt 1211) und sich danach für weitere Instruktionen zurückzumelden. Die Datenbank wird aktualisiert (Schritt 1216), indem der Beginn der Abwesenheitszeit gemeldet wird, die Zeit, in der erwartet wird, daß der Techniker wieder Kontakt aufnehmen wird, wird als das geplante Ende der Abwesenheit aktualisiert, und der Ort, an dem sich der Techniker befindet, wird als Ort der Abwesenheit aktualisiert.

[0163] Wenn der Techniker bisher noch keine Pause gemacht hat, und es geplant ist, daß er seine Abwesenheit nach dem letzten Zeitpunkt, an dem die Pause begonnen werden soll, beendet, dann wird der Techniker angewiesen, die Abwesenheit anzutreten und die Pause vor der nächsten Kontaktaufnahme mit dem System zu machen (Schritt 1212). Der Plan des Technikers wird aktualisiert, so daß er die Dauer der Pause und der Abwesenheit und die geschätzte Fahrtzeit zum Ort der Abwesenheit enthält, und meldet, daß eine Pause nun gemacht worden ist (Schritt 1216).

[0164] Wenn die nächste Abwesenheit noch nicht beginnt, kehrt das System zu Schritt 1203 zurück und weist die beste Aufgabe zu, die ausgeführt werden kann, bevor die Abwesenheit beginnt (Schritte 1205 bis 1210). Das geschieht wie folgt.

[0165] Schritt 1205 bestimmt, ob die nächste geplante Tätigkeit die Abwesenheit ist (d.h. es ist keine Aufgabe vor der geplanten Abwesenheit geplant). Wenn das so ist, wird eine Aufgabe gesucht, wobei eine Prozedur verwendet wird, die im folgenden unter Bezug auf [Fig. 13](#) beschrieben ist. Wenn jedoch eine Aufgabe vor der Abwesenheit geplant ist, dann erfolgt ein Test, der die Durchführbarkeit bestätigen soll, der im folgenden unter Bezug auf [Fig. 14](#) beschrieben ist (Schritt 1206). Wenn die geplante Aufgabe in der Zeit, bevor die Pause genommen werden muß, durchführbar ist, wie in Schritt 1206 getestet, wird eine Einschätzung vorgenommen, ob die geplante Abwesenheit immer noch nach der Aufgabe wahrgenommen werden kann (Schritt 1207). Wenn die Aufgabe beide Tests durchlaufen hat (Schritte 1206, 1207), dann wird sie dem Techniker zugeordnet, der die Instruktion erhält, sie auszuführen (Schritt 1213). Wenn die geplante Aufgabe die Tests nicht besteht, d.h. sie kann nicht vor der Zeit der Abwesenheit oder vor einer geplanten Pause durchgeführt werden, wird eine alternative Aufgabe identifiziert, wobei die Prozedur von [Fig. 13](#) angewendet wird.

[0166] Die in [Fig. 13](#) dargestellte Prozedur der Zuordnung von Aufgaben für die Techniker ist im folgenden beschrieben. Sie ist eine der prinzipiellen Punkte beim Ausgehen von früheren Systemen. Bei früheren Systemen wurde dem Techniker, wenn er einen vorgegebenen Zeitplan hatte, falls möglich, immer die nächste Aufgabe in diesem Plan oder eine andere Aufgabe zugewiesen, die sich bereits im System befand, aber noch nicht einem anderen Techniker zugewiesen worden war. In solchen Anordnungen wird eine Aufgabe, die nach der letzten regulären Aktualisierung neu im System war, nicht vor der nächsten regulären Aktualisierung zugewiesen. Das hier beschriebene Verfahren erlaubt die Optimierung des Zeitplans, wenn er irgendeinen vorhandenen Techniker betrifft, zu jeder Zeit, in der er sich meldet, um eine neue Aufgabe zu erhalten, ob er sich nun als

eingeplant meldet oder nicht, und ob eine durchführbare Aufgabe bereits für ihn geplant ist oder nicht, und es berücksichtigt in einer solchen Optimierung sogar Aufgaben, die in das System eingeführt wurden, nachdem die letzte Planrevision stattgefunden hat. Daher steht für den Umbau des gesamten Zeitplans mehr Zeit zur Verfügung und es ist daher möglich, jedem Durchlauf eines Umbaus mehr Zeit zu widmen.

[0167] Die Zuordnung einer Aufgabe zu einem anderen Techniker als dem, für den sie geplant war, modifiziert nur den Plan dieses Technikers und, wenn die Aufgabe ursprünglich einem anderen Techniker zugeordnet war, auch den Plan dieses anderen Technikers. Von Zeit zu Zeit während des Tages wird ein neuer Plan erstellt. Die Frequenz, mit der das erfolgt, wird in Übereinstimmung mit der Rate gewählt, mit der Änderungen stattfinden, so daß der vorherige Zeitplan nicht vollständig durch Online-Änderungen unterbrochen wird, bevor der neue Plan verfügbar ist. Je mehr Zeit aber der Erzeugung jedes neuen Plans gewidmet werden kann, desto optimalere Lösungen können gefunden werden.

[0168] Falls möglich, kann der ursprüngliche Zeitplan, der in der ersten Iteration der Optimierungsstufe **31** verwendet wurde, der gegenwärtige Plan sein, der durch die Modifizierungseinrichtung **40** zur Modifizierung des Echtzeit-Zeitplans im vorherigen Zyklus erzeugt wurde, in Abhängigkeit von allen neuen Fixpunkten, die von der Bestimmungsstufe **30** hinzugefügt wurden.

[0169] Die Einzelheiten über die noch nicht zugewiesenen Aufgaben (ob sie nun provisorisch geplant waren oder nicht) werden in der Datenbank **44** "Arbeitspool" gespeichert. Wenn ein Techniker für eine Aufgabe berücksichtigt werden soll, werden die folgenden Faktoren bestimmt, die in den verschiedenen Reparatur- und Optimierungstests verwendet werden, die stattfinden:

- Der Ort, von dem aus der Techniker die Fahrt antritt, um zur Aufgabe zu gelangen, wobei berücksichtigt wird, welcher Ort als der Ort anzusehen ist, an dem die gegenwärtige Aufgabe des Technikers zu erledigen ist, oder der Ort, von dem aus sein Arbeitstag beginnt, wenn noch keine Aufgabe zugeordnet worden ist.
- Zeit des Zuordnungsbeginns (d.h. die gegenwärtige Zeit oder der Beginn der Arbeitsstunden des Technikers und zwar, welche die spätere Zeit ist).
- Die Zeit, die von den Arbeitsstunden des Technikers verbleibt, einschließlich der Überstunden.
- Der Ort, an dem der Techniker seine Arbeitszeit beenden muß, hier kann es sich um seinen Wohnort oder den Ort der geplanten Abwesenheit handeln.
- Ein bevorzugter Arbeitsplatz und ein Fahrtradi-

us, der diesen umgibt. Aufgaben, die sich außerhalb dieses Radius befinden, werden dem Techniker nicht zugewiesen.

f) Eine Mobilitätsgrenze, die eingesetzt ist, um zu verhindern, daß übermäßige Fahrzeiten von einer Aufgabe zur anderen entstehen.

[0170] Wie in [Fig. 13](#) gezeigt ist, erfolgt in einem ersten Schritt (**1131**) eine Überprüfung, um zu bestimmen, ob irgendwelche Aufgaben für den Techniker geplant sind. Gibt es eine solche Aufgabe, dann wird als nächstes ein Test **1302** (die Subroutine von [Fig. 14](#)) durchgeführt, um zu prüfen, ob die Aufgabe immer noch ausgeführt werden kann, wenn sie nun dem Techniker zugewiesen wird. Es kann sein, daß nach nicht geplanten Änderungen der Techniker die geplante Aufgabe nicht mehr ausführen kann, insbesondere wenn der Techniker sich früher oder später als geplant anmeldet. Die Aufgabe ist durchführbar, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Der Techniker hat ausreichend Zeit, um die Aufgabe innerhalb seiner geplanten Arbeitsstunden durchzuführen oder, wenn die Aufgabe über das Ende des Tages aufgeteilt worden ist (was durch verschiedene geplante Zeiten für Beginn und Ende an verschiedenen Tagen angezeigt ist), ist das Verhältnis zwischen der erwarteten Dauer der Aufgabe, die der Techniker vor dem Ende der geplanten Arbeitsstunden erledigen kann, größer als ein vorgegebenes Minimum.
- Die Aufgabe erfüllt die Anforderungen für ein Pausenmanagement (s. [Fig. 14](#)).
- Wenn die Aufgabe zwischen bestimmten Zeitpunkten ausgeführt werden muß, liegt die erwartete Ankunftszeit des Techniker an Ort und Stelle in diesem Zeitraum.
- Die Aufgabe ist bisher nicht einem anderen Techniker zugewiesen worden.

[0171] Wenn die nächste Aufgabe im Plan des Technikers nicht alle obigen Überprüfungen durchläuft, wird sie als nicht geeignet angesehen, andernfalls ist sie geeignet.

[0172] Unabhängig davon, ob es im provisorischen Zeitplan des Technikers eine geeignete Aufgabe gibt, versucht das System nun, durch den Durchlauf einer Reihe von Tests den provisorischen Zeitplan zu verbessern. Diese sind in [Fig. 13](#) als die Tests **1303**, **1304**, **1306** (wenn es eine geeignete Aufgabe gibt, d.h., wenn das Ergebnis der beiden Tests **1301** und **1302** positiv ist), oder der Tests **1304A**, **1306A** und **1309** angegeben (wenn es gegenwärtig keine geeignete geplante Aufgabe gibt, d.h., wenn das Ergebnis von Test **1301** oder **1302** negativ ist). Dieses Verfahren ist so gestaltet, daß, wenn es eine geeignete Aufgabe gibt, der Plan nur gestört wird, wenn es eine Gelegenheit für eine signifikante Verbesserung in der Servicequalität gibt.

[0173] Wenn eine geeignete Aufgabe identifiziert worden ist, wird zunächst ein Test durchgeführt, um zu bestimmen (Schritt **1303**), ob die geplante Aufgabe markiert ist, daß sie von einer hohen Wichtigkeit oder schwierig zuzuordnen ist. Wenn das der Fall ist, wird sie dem Techniker zugeordnet, ohne daß eine weitere Optimierung versucht wird (Ergebnis **1308**).

[0174] In allen anderen Fällen (d.h., wenn es im Plan mit einer solchen Markierung keine geeignete Aufgabe gibt) untersucht das Verfahren (Schritte **1304/1304A**), ob es im Arbeitspool **44** eine Aufgabe gibt, die als sehr wichtig und sich nahe am Termin befindend markiert ist und die noch nicht geplant worden ist. Das kann aus mehreren Gründen passieren, weil es sich z.B. um eine neue Aufgabe handelt, oder weil es eine Aufgabe ist, die in einem anderen Zeitplan verloren gegangen ist.

[0175] Zur erneuten Zuordnung einer Aufgabe für den sich gegenwärtig Online befindlichen Techniker müssen alle vier Bedingungen, die unter Bezug auf Schritt **1302** beschrieben wurden, erfüllt sein, sowie ferner die folgenden:

- e) Die Aufgabe, falls vorhanden, ist vom Vorschneider **30** für den Techniker nicht "fest geplant".
- f) Der in Betracht kommende Techniker hat das erforderliche Fachkönnen und die Genehmigungen, um die Aufgabe auszuführen.
- g) Der Ort der Aufgabe liegt innerhalb der geografischen Grenzen für diesen Techniker.
- h) Die Aufgabe liegt innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums ihrer Sollzeit.
- i) Die Aufgabe kann vor der nächsten festgelegten Aufgabe des Technikers erfüllt werden.

[0176] Alle so ausgewählten Aufgaben werden dann in der folgenden Reihenfolge bestellt:

1. Jede Aufgabe, die bereits für den sich Online befindenden Techniker speziell geplant ist.
2. Fahrtzeit zum Ort der Aufgabe (in ansteigender Reihenfolge).
3. Präferenzen beim fachlichen Können.
4. Priorität (in ansteigender Reihenfolge).
5. Zeit bis zum Termin.

[0177] Die Fahrtzeit kann von einem Ort bis zum anderen Ort berechnet werden, indem ein bekanntes Routennavigationssystem verwendet wird, wobei Faktoren, wie Straßentyp, Tageszeit, etc. berücksichtigt werden. Wenn eine Aufgabe geplant ist, aber die vorherige Aufgabe noch nicht geplant worden ist, wird ein typischer Fahrtzeit-Faktor für Aufgaben eingesetzt, die sich innerhalb des allgemeinen Gebiets befinden. Wenn die Aufgabe als "falsch" markiert wurde, oder wenn am Zeitplan eine Reparatur vorgenommen wird, muß die Fahrtzeit erneut kalkuliert werden, da die Schätzung für den geplanten Eintritt nicht mehr genau ist.

[0178] Die erste Aufgabe in der sich ergebenden Liste, die die obigen Kriterien und die Pausenmanagementkriterien erfüllt, wird für den Online-Techniker zur Zuordnung ausgewählt (Schritt **1305**). Wird keine solche Aufgabe gefunden, wird ein weiterer Test (Schritt **1306/1306A**) durchgeführt, in dem bestimmt wird, ob es eine Aufgabe gibt, die die folgenden Bedingungen erfüllt:

- sie hat eine höhere Priorität als die für den sich Online befindenden Techniker geplante Aufgabe (falls zutreffend),
- sie ist nicht bereits im Schritt **1304/1304A** berücksichtigt worden,
- sie ist bereits einem anderen Techniker zugeordnet worden,
- der sich Online befindende Techniker konnte sich früher melden als der andere Techniker, für den geplant worden war.

[0179] Alle Aufgaben, die diese Bedingungen erfüllen, werden nun beurteilt. Es werden die gleichen Tests verwendet, mit der Ausnahme daß die Anforderungen für die Aufgabe, nahe an ihrer Sollzeit zu sein (Test i oben), durch die Anforderung ersetzt wird, daß nur Aufgaben mit einer höheren Priorität als die geplante Aufgabe (falls vorhanden) berücksichtigt werden müssen. Wenn eine geeignete Aufgabe gefunden wurde, wird sie dem Techniker zugeordnet, der für die geplante Aufgabe geeignet ist, falls zutreffend (Schritt **1307**).

[0180] Wenn kein Test, weder **1304** noch **1306**, eine geeignete Aufgabe zeigt, wird die geplante Aufgabe zugeordnet (Schritt **1308**). Wenn es jedoch ein negatives Resultat bei beiden Tests, **1304A** und **1306A**, gibt (d.h. den äquivalenten Tests, wenn der Plan bereits aufgegliedert wurde), gibt es keine geplante Aufgabe, die zugewiesen werden kann. Stattdessen wird der Techniker aufgefordert, mit seinem Leiter wegen Instruktionen Kontakt aufzunehmen (Schritt **1309**).

[0181] Bei der Auswahl der Aufgaben **1304**, **1304A**, **1306**, **1306A** ist ein Test erforderlich, um sicherzustellen, daß die Aufgabe innerhalb der termingesetzten Zeit (falls zutreffend) ausgeführt werden kann. Ebenfalls muß berücksichtigt werden, ob der Techniker auch angewiesen wird, eine Pause zu machen, bevor er mit dem Kontrollsysten Kontakt aufnimmt. Ein ähnlicher Test ist auch erforderlich, um die Eignung der geplanten Aufgaben (Schritte **1302** und **1206**) einzuschätzen. Der Test ist in [Fig. 14](#) dargestellt. Es gibt drei Ziele für dieses Verfahren. Als erstes stellt es sicher, daß die Pausen innerhalb der ihnen zugeordneten Zeitfenster genommen werden. Zweitens kann eine Pause eingesetzt werden, damit eine Aufgabe nach der Pause geplant werden kann. So kann z.B. die Ankunft zu einem Termin vorzeitig sein, es sei denn, es wird vorher eine Pause gemacht. Voraussetzung ist, daß diesem Techniker zu diesem Zeitpunkt eine Pause erlaubt ist. Drittens

lehnt es jede Terminaufgabe ab, wenn der Zeitraum, innerhalb derer der Temin liegt, nicht mit der Zeit zusammenfällt, zu der der Techniker vor Ort ankommt, wenn diese Aufgabe ihm zugewiesen worden wäre.

[0182] Der erste Test, der in diesem Verfahren (1401) durchgeführt wird, bestimmt, ob eine Pause berücksichtigt werden muß. Wenn alle geplanten Pausen bereits genommen wurden, ist die Aufgabe, die gerade in Betracht gezogen wird, geeignet, es sei denn, es ist dem Techniker nicht möglich, innerhalb des Terminschlitzes, falls vorhanden, an Ort und Stelle anzukommen. Daher testet das System zuerst, ob die Aufgabe einen Terminschlitz hat (Schritt 1402) und wenn sie einen hat, ob der Techniker innerhalb dieses Schlitzes ankommen kann (weder zu früh, wodurch Leerzeit entstehen würde, noch zu spät: Schritte 1403 und 1404). Wenn er innerhalb des Terminschlitzes ankommen kann, oder wenn es keinen Terminschlitz gibt, ist die Aufgabe geeignet (1410). Wenn er nicht innerhalb des Terminschlitzes ankommen kann, ist die Aufgabe ungeeignet (1413).

[0183] Wenn der Techniker noch eine Pause machen muß, gibt es vier verschiedene Ergebnisse des Tests (als 1410 bis 1413 in [Fig. 14](#) gezeigt). Entweder ist die Aufgabe ungeeignet (1413) oder sie ist geeignet. Im letzteren Fall kann es erforderlich sein, eine Pause vorher (1412) oder während der Aufgabe zu planen (1411) oder überhaupt nicht zu planen (1410), wenn die Aufgabe erledigt werden kann, bevor die Pause gemacht werden muß.

[0184] Wenn der Techniker noch keine Pause gemacht hat, hat der Test in Schritt 1401 ein positives Ergebnis. In diesem Fall geht der nächste Test darum, zu prüfen, ob die Aufgabe einen Termin hat (Schritt 1402A). Wenn sie einen Termin hat, wird der Test durchgeführt, ob der Techniker wohl zu früh für diesen Termin sein wird (Schritt 1403A). Ist er das nicht, wird ein Test durchgeführt, ob der Techniker nach dem Ende des Terminschlitzes ankommt (Schritt 1404A). Diese drei Tests sind im wesentlichen die gleichen wie in den Schritten 1402, 1403 und 1404, die oben beschrieben worden sind, sie führen jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen. Wenn das Ergebnis von Test 140A positiv ist (mit andern Worten, der Techniker kann nicht vor dem Ende des Terminschlitzes ankommen), ist die Aufgabe für diesen Techniker nicht geeignet (Ergebnis 1413) und es muß ihm eine andere Aufgabe zugewiesen werden. Ist der Techniker weder zu früh noch zu spät (Ergebnisse der Tests 1403A und 1404A beide negativ), dann erfolgt ein Test (Schritt 1404), um zu prüfen, ob die Aufgabe vor der spätesten Zeit, zu der die Pause begonnen werden kann, beendet werden kann. Ist das Ergebnis dieses Tests positiv, ist die Aufgabe geeignet, und es sind keine Instruktionen für die Pause erforderlich (Ergebnis 1410). Wenn jedoch die Aufgabe nicht vor dem spätesten Zeitpunkt, bis zu dem

eine Pause genommen werden muß, erledigt werden kann (Ergebnis von Test 1405 negativ), wird der nächste Test durchgeführt (Schritt 1406), um zu bestimmen, ob es immer noch zu früh ist, wenn der Techniker seine Pause sofort nimmt. Ist das Ergebnis des Tests positiv, ist die Aufgabe geeignet, aber die Pause muß während der Aufgabe genommen werden (Ergebnis 1411), da das Ergebnis von Test 1405 negativ war, so daß die Aufgabe nicht vor dem Ende des Zeitraums, innerhalb dessen die Pause genommen werden muß, beendet werden kann.

[0185] Wenn jedoch der Zeitschlitz, innerhalb dessen die Pause genommen werden kann, bereits offen ist (Test 1406 negativ), wird ein weiterer Test durchgeführt (Schritt 1408), um zu bestimmen, ob dann, wenn der Techniker seine Pause sofort macht, es immer noch möglich ist, daß er mit der nächsten Aufgabe vor dem Ende des Terminschlitzes beginnt. Ist das Ergebnis positiv (d.h. die Aufgabe ist geeignet, wenn die Pause vorher genommen wird), wird der Techniker angewiesen, die Pause zu machen und dann die Aufgabe auszuführen (Ergebnis 1412). Wenn jedoch die Antwort auf Test 1408 negativ ist, ist die Aufgabe ungeeignet (Ergebnis 1413). Das ist so, da weder die Pause noch die Aufgabe vor der spätesten Zeit, zu dem eine von beiden begonnen werden müssen, beendet werden können.

[0186] Wenn das Ergebnis von Test 1403 (kann es sein, daß der Techniker zu früh für den Termin ist?) positiv ist, folgt der Test 1406A (analog zu Test 1406): in diesem Beispiel ist die Aufgabe jedoch ungeeignet, wenn beide, der Zeitschlitz für die Pause und der Zeitschlitz für den Termin, noch nicht offen sind (1406A positiv), (Ergebnis 1413). Wenn der Zeitschlitz für die Pause bereits offen ist (1406A negativ), dann findet ein weiterer Test 1407 statt, um zu bestimmen, ob sich am Ende der Pause des Technikers der Zeitschlitz für den Termin geöffnet hat. Ist das nicht der Fall, bedeutet das nicht, daß der Techniker die Arbeit überhaupt nicht ausführen kann, sondern nur, daß diese Aufgabe nicht seine nächste Aufgabe sein kann. Der nächste Test, 1408, ist der gleiche wie in der früheren Situation. Er bestimmt, ob, wenn die Pause genommen wurde, sie vor dem Ende des Terminschlitzes begonnen werden kann. Das Ergebnis dieses Tests ist es entweder, ob die Aufgabe geeignet ist und die Pause vor der Aufgabe genommen werden kann (Ergebnis 1412) oder, daß die Aufgabe nicht geeignet ist und eine andere festgelegt werden muß (Ergebnis 1413).

[0187] Schließlich, wenn das Ergebnis von Test 1402A negativ ist, (d.h., wenn die Aufgabe keine durch einen Termin bestimmte Zeit hat), wird ein Test 1405A, analog zu Test 1405, durchgeführt, um zu bestimmen, ob die Aufgabe vor dem Ende des Zeitschlitzes, in dem die Pause ist, genommen werden muß. Ist das Ergebnis positiv, ist die Aufgabe geeig-

net und es sind keine Instruktionen für die Pause erforderlich (Ergebnis **1410**), sonst findet ein weiterer Test (**1409**) statt, um zu bestimmen, ob der Techniker am Ort der Aufgabe vor Beginn des Pausenzeitschlitzes ankommen würde. Wenn nicht (1409 negativ), wird der Techniker angewiesen, seine Pause vor Beginn der Arbeit zu nehmen (Ergebnis **1412**). Andernfalls wird der angewiesen, sie während der Arbeit zu nehmen (1411).

[0188] Es wird nun wieder zu [Fig. 12](#) zurückgekehrt, wo ein Schritt **1208**, wenn das Verfahren von [Fig. 13](#) eine geeignete Aufgabe gefunden hat (Ergebnisse **1305**, **1307**, **1308**), diese Aufgabe dem Techniker (Schritt **1213**) zusammen mit anderen Instruktionen zugeordnet wird, die im Eignungstest erzeugt wurden ([Fig. 14](#)), beispielsweise, eine geplante Pause vor der Arbeit zu nehmen (1412) oder während der Arbeit (Schritt **1411**). Wenn aber keine gültige Aufgabe gefunden wurde (Ergebnis **1309**), wird ein Test durchgeführt, ob eine Pause genommen werden kann (Schritt **1209**). Ist keine Pause geplant, hat der Techniker keine Arbeit und wird angewiesen, sich mit dem Leiter in Verbindung zu setzen (Schritt **1214**), entweder um die Anweisung zu erhalten, für diesen Tag die Arbeit zu beenden, oder weitere Instruktionen abzuwarten, z.B., daß eine neue Aufgabe hereinkommt, oder in sein Terminfenster eintritt.

[0189] Wenn eine Pause gemacht werden kann (Schritt **1209**), erfolgt ein Test (Schritt **1210**) ob, wenn eine Abwesenheit geplant ist, die aber gegenwärtig noch nicht beginnt, die Abwesenheit unmittelbar nach der Pause gewählt werden kann. Dies ist ein Test, ob zu dem Zeitpunkt, an dem die Pausenzeit vorüber ist, die Abwesenheit ansteht. (Es ist anzumerken, daß, wenn die Zeit der Abwesenheit bereits beginnen soll, das Ergebnis von Test **1203** negativ gewesen ist, also ist statt Test **1210** Test **1204** durchgeführt worden). In Abhängigkeit vom Ergebnis dieses Tests (Schritt **1210**) wird der Techniker angewiesen, nur die Pause zu nehmen (Schritt **1215**), die Abwesenheit bleibt in seinem Plan und ist später fällig, oder die Abwesenheit und die Pause gemeinsam anzutreten (Schritt **1212**). Wenn keine Abwesenheit geplant ist (Ergebnis von Test **1202** negativ), dann ist die Antwort auf die Anfrage in Schritt **1210** natürlich immer negativ und das Ergebnis **1212** ist nicht relevant.

[0190] Wenn eine Aufgabe mit oder ohne Pause zugeordnet worden ist (Ergebnisse **1211**, **1212**, **1213** oder **1215**), oder wenn eine Entscheidung erfolgt ist, daß keine Aufgabe oder eine andere Tätigkeit, wie z.B. eine Abwesenheit oder eine Pause zugeordnet werden kann (Schritt **1214**), wird der Techniker entsprechend informiert. Die Instruktionen werden von einer Nachrichtenerzeugungseinheit **48** erzeugt. Diese kann eine Zuordnungsanzeige erzeugen, die von einem Arbeitsverteiler verwendet werden kann, um

die Anweisung an einen Techniker T weiterzugeben, oder durch Übermittlung einer Datenmitteilung über die Kommunikationsverbindung C direkt zum Handapparat des Technikers (z.B. H1). Die überarbeiteten Einzelheiten des Zeitplans sind in den Datenbanken **42**, **43**, **44** gespeichert (Schritt **1216**). Für das Technikerregister **43** geben diese den gegenwärtigen Standort des Technikers und die vorausgesagte Zeit der Beendigung (d.h. die Zeit an, zu der erwartet wird, daß der Techniker sich Online meldet, um nach neuen Instruktionen zu fragen). Das ist im allgemeinen die Summe der Fahrtzeit zur neuen Aufgabe, die erwartete Dauer der Aufgabe und die Dauer einer Abwesenheit und von Pausen, die zugeordnet wurden.

[0191] Der Zeitplan **42** wird auch aktualisiert. Wenn die zugeordnete Aufgabe diejenige war, die für den Techniker geplant war, der Online gewesen ist, dann wird der Eintrag einfach gelöscht, da sie nun zugewiesen worden ist. Wenn dem Techniker zu diesem Zeitpunkt eine andere Aufgabe zugeordnet war, wenn die zugewiesene Aufgabe vom Zeitplan eines anderen Technikers stammt, dann muß dieser Eintrag vom Plan dieses Technikers gelöscht werden. Alle verbleibenden Eintragungen im Zeitplan dieses Technikers werden als "falsch" bezeichnet, weil sie unter der Annahme geplant waren, daß er als erstes die Aufgabe erledigen wird, die nun einem anderen zugewiesen wurde. Auf die gleiche Weise werden alle Eintragungen im verbleibenden Zeitplan des Technikers, der sich Online befindet, aus dem gleichen Grunde als "falsch" bezeichnet. Alle als "falsch" bezeichneten Aufgaben werden als nicht länger geplant angesehen, da es keine Sicherheit darüber gibt, daß der ursprünglich geplante Techniker sie immer noch ausführen kann. Bei der Wahl der Aufgaben zur Zuordnung für andere Techniker können "falschen" Eintragungen eine höhere Priorität als den als "anhängig" bezeichneten gegeben werden, da bei ihnen durch Nicht-Zuweisung ein größeres Risiko besteht.

[0192] Eingaben in das System, wie z.B. neue Aufgaben für die Zeitpläne oder die Techniker, die eine Beendigung von Aufgaben melden, was erfolgt, während sich die Anfangs-Zeitplanerzeugung der [Fig. 5](#) bis [Fig. 10](#) in der Ausführung befindet, führen dazu, daß der Anfangs-Zeitplan teilweise um die Zeit ungenau ist, in der der Zeitplan erzeugt wird. Die [Fig. 15](#), [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) sind Zeitlinien, die die drei Modi für die Behandlung solcher Eingaben zeigen.

[0193] In diesen drei Figuren sind diese Eingaben mit den Bezugsziffern **1**, **1a** bezeichnet, und Ausgaben, wie z.B. Anweisungen an Techniker, die in Abhängigkeit von den Eingaben erfolgen, sind mit den Bezugsziffern **2**, **2a** bezeichnet. Das Verfahren der Anfangs-Zeitplanerzeugung ist mit den Bezugsziffern **3** und **3a** bezeichnet, und das Verfahren der Zeitplanmodifizierung mit den Bezugsziffern **4** und **4a**. Es ist anzumerken, daß die beiden Verfahren im allgemei-

nen parallel zueinander stattfinden, wobei das Verfahren der Anfangs-Zeitplanerzeugung die Eingabe für den nächsten Zyklus des Modifizierungsverfahrens **4a** darstellt.

[0194] In jedem Fall werden die Eingaben **1**, die erfolgen, während das ursprüngliche Erzeugungsverfahren nicht in Betrieb ist, in Übereinstimmung mit dem Verfahren der Zeitplanmodifizierung **4** verarbeitet und alle erforderlichen Ausgaben **2** werden erzeugt. Die Eingaben werden ebenfalls dem nächsten Durchlauf der Anfangs-Zeitplanerzeugung **3** geliefert.

[0195] In [Fig. 15](#) ist das Verfahren der Zeitplanmodifizierung **4** während der Prozedur der Anfangs-Zeitplanerzeugung **3** aufgehoben. Eingaben **1a**, die auftreten, während die Anfangs-Zeitplanerzeugung **3** im Betrieb ist, werden nicht sofort in Übereinstimmung mit dem Verfahren der Zeitplanmodifizierung **4** verarbeitet, sondern werden in einen Pufferspeicher **5** verschoben, bis das Verfahren **3** abgeschlossen ist und dann gemäß dem Verfahren der Zeitplanmodifizierung **4a** auf der Basis des neuen Anfangs-Zeitplans verarbeitet, der eine Ausgabe **2a** erzeugt.

[0196] In [Fig. 16](#) wird alternativ dazu eine Ausgabe **2a** unmittelbar nach dem Empfang eines Eingangssignals **1a** erzeugt, wobei das Modifizierungsverfahren **4** verwendet wird, das die vorhandenen Daten verwendet, jedoch wird auch die Eingabe **1a** in einem Pufferspeicher gespeichert, um eine Eingabe zum neuen Modifizierungsverfahren **4a** vorzusehen, wenn der Anfangs-Zeitplan **3** fertig erstellt ist. Das hat den Vorteil, daß eine sofortige Antwort **2** erfolgen kann, während die Anordnung von [Fig. 15](#) den Vorteil hat, daß ein jüngerer Anfangs-Zeitplan für die Antwort **2a** verwendet wird. Die Auswahl der einen oder anderen Anordnung hängt von der akzeptierbaren Verzögerung zwischen einem Eingang **1a** und einem Ausgang **2a** ab.

[0197] Wenn Daten **1b** geliefert werden, die eine wesentliche Modifizierung des Anfangs-Zeitplans erforderlich machen, so daß die unter Verwendung des vorhandenen Anfangs-Zeitplans erzeugten Lösungen **3, 4** ungültig werden, werden das Zeitplanmodifizierungsverfahren **4** und das Anfangs-Zeitplanerzeugungsverfahren **3** aufgehoben (wenn sie gerade laufen) und das Anfangs-Zeitplanerzeugungsverfahren wird mit den neuen Daten erneut gestartet **3a**. Eingaben **2a**, die während des Durchlaufs des erneut gestarteten Verfahrens **3a** erhalten werden, werden in einem Puffer gespeichert **5**, bis der neue Zeitplan erstellt ist.

Patentansprüche

1. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung zur Zuordnung der Ressourcen zu den Aufgaben, wobei die Aufgaben-Zuordnungseinrichtung zur Kommunikati-

on mit den zu den Ressourcen gehörenden Anschlußeinheiten ausgebildet ist, und die Aufgaben-Zuordnungseinrichtung umfaßt:

- eine Eingabeeinrichtung (**33, 34**) zur Lieferung von Informationen in Bezug auf die zuzuordnenden Aufgaben und der zur Ausführung der Aufgaben verfügbaren Ressourcen,
- eine Zeitplanerstellungseinrichtung (**30, 31, 39, 35, 36**) zur Zuordnung der Ressourcen zu den Aufgaben, wobei für jede Ressource ein Anfangs-Zeitplan erzeugt wird,
- ein Speichersystem (**32**) zur Speicherung der Anfangs-Zeitpläne und der modifizierten Anfangs-Zeitpläne, wobei jeder Zeitplan in Form von mehreren Aufgaben gespeichert wird, die verwendet werden, um eine Sequenz von Aufgaben zu bestimmen, die von einer Ressource ausgeführt werden,
- eine Aktualisierungseinrichtung (**33, 34, 45, 46**) für den Empfang der aktualisierten Information in Bezug auf die Aufgaben und die Ressourcen von der Eingabeeinrichtung und
- eine Modifizierungseinrichtung (**40**), die so ausgebildet ist, dass sie auf das Speichersystem zugreift und den Anfangs-Zeitplan mindestens einer ersten Ressource als Reaktion auf die auf diese Weise aktualisierten Informationen modifiziert und den modifizierten Anfangs-Zeitplan im Speichersystem speichert, wodurch, unabhängig von der Zeitplanerstellungseinrichtung, als Reaktion auf die auf diese Weise aktualisierten Informationen die Anfangs-Zeitpläne geändert werden können.

2. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 1, bei der die Zeitplanerstellungseinrichtung so ausgeführt ist, daß sie periodisch in Übereinstimmung mit den von der Eingabeeinrichtung erhaltenen Daten Anfangs-Zeitpläne erzeugt, und bei der die Modifizierungseinrichtung so ausgeführt ist, daß sie die Anfangs-Zeitpläne in Abhängigkeit vom Empfang von Daten zwischen solchen periodischen Erstellungen der Anfangs-Zeitpläne ändert.

3. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 1, bei der die Zeitplanerstellungseinrichtung umfaßt:
 eine erste Bestimmungsstufe (**30**),
 eine Einrichtung zur Auswahl von Aufgaben, die durch die erste Bestimmungsstufe festzulegen sind, und
 eine zweite Optimierungsstufe (**31**) zur Festlegung des Ablaufs der verbleibenden Aufgaben, wobei die zweite Stufe eine Einrichtung zur Bearbeitung der von der ersten Stufe als festliegend bestimmten Aufgaben umfaßt.

4. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 3, bei der die Einrichtung zur Auswahl der Aufgaben zur Festlegung durch die erste Stufe so ausgeführt ist, daß sie Gruppen von verknüpften Aufgaben auswählt, für die mehr als eine der Res-

sourcen benötigt wird, oder eine Sequenz von Aufgaben bildet.

5. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 3 oder 4, bei der die zweite Stufe nach einem stochastischen Verfahren betrieben wird.

6. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 5, bei der das stochastische Verfahren ein simuliertes Glühen ist.

7. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 3, 4, 5 oder 6, bei der die Zeitplanerstellungseinrichtung eine dritte, Nach-Optimierungsstufe (39) umfaßt, die enthält:

eine Einrichtung zur Analyse der von der zweiten Stufe erstellten Zeitpläne,
eine Einrichtung zur Identifizierung der Zeitpläne, die einer weiteren Optimierung bedürfen, und
eine Einrichtung zur Eingabe solcher Zeitpläne zur weiteren Iteration in der zweiten Stufe für eine weitere Optimierung, wobei die weitere Iteration in der zweiten Stufe eine Einrichtung umfaßt, die die Zeitpläne bearbeitet, die nicht als festgelegt identifiziert werden.

8. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Modifizierungseinrichtung mehrere Auswahleinrichtungen aufweist, wobei jede Auswahleinrichtung wiederum der Beurteilung der mehreren Aufgaben dient, die darauf warten, ausgeführt zu werden, um zu bestimmen, ob eine Aufgabe mit einer vorgegebenen Priorität, die zur Ausführung durch die erste Ressource geeignet ist, verfügbar ist, und Zuordnung einer solchen Aufgabe zu der ersten Ressource, und wobei die Auswahleinrichtungen so ausgelegt sind, daß sie die Aufgaben ihrer Priorität nach in absteigender Reihenfolge identifizieren, so daß Aufgaben mit einer hohen Priorität bevorzugt vor Aufgaben mit einer niedrigeren Priorität im optimierten Anfangs-Zeitplan der ersten Ressource zugeordnet werden.

9. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach Anspruch 8, bei der mindestens eine der Auswahleinrichtungen eine erste Beurteilungseinrichtung zur Bestimmung, ob der optimierte Anfangs-Zeitplan der ersten Ressource eine Aufgabe der vorgegebenen Priorität enthält, und, falls vorhanden, Auswahl der Aufgabe, und eine zweite Beurteilungseinrichtung umfaßt, die betreibbar ist, wenn der optimierte Anfangs-Zeitplan der ersten Ressource keine solche Aufgabe enthält, zur Bestimmung, ob eine Aufgabe vorhanden ist, für die kein Zeitplan erstellt worden ist, und, falls vorhanden, Auswahl dieser Aufgabe.

10. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Modifizierungseinrichtung eine Einrichtung zur Identifizierung der Ressourcen umfaßt, die Charakteristika

aufweisen, die auf die Charakteristika der ersten Ressource bezogen sind, und so ausgelegt ist, daß die Zeitpläne nur derjenigen Ressourcen modifiziert werden, die diese Charakteristika in Abhängigkeit von der aktualisierten Information aufweisen.

11. Aufgaben-Zuordnungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine Einrichtung (45, 46) zur Hinzufügung weiterer Aufgaben und/oder Ressourcen zu den mehreren Aufgaben und/oder Ressourcen umfaßt, für die ein Zeitplan zu bestimmen ist, nach der Erstellung des optimierten ursprünglichen Zeitplans.

12. Verfahren zur Zuordnung mehrerer Ressourcen zu mehreren Aufgaben, wobei das Verfahren die Verwendung eines Computers umfaßt, der zur Kommunikation mit den zu den Ressourcen gehörenden Anschlußeinheiten ausgebildet und zur Ausführung der folgenden Schritte angeordnet ist:

- Angabe von Informationen, die sich auf die zuzuordnenden Aufgaben und die zur Ausführung der Aufgaben verfügbaren Ressourcen beziehen,
- Erzeugung eines Anfangs-Zeitplans für jede Ressource, um die Ressourcen den Aufgaben zuzuordnen, wobei jeder Anfangs-Zeitplan in Form von mehreren Aufgaben gespeichert wird, die verwendet werden, um eine Sequenz von Aufgaben zu bestimmen, die von einer Ressource ausgeführt werden,
- Speicherung der erzeugten Anfangs-Zeitpläne in einem Speichersystem,
- Lieferung der aktualisierten Informationen, bezogen auf die Aufgaben und Ressourcen,
- Zugriff auf das Speichersystem zur Modifizierung des Anfangs-Zeitplans mindestens einer ersten Ressource als Reaktion auf die auf diese Weise aktualisierten Informationen und
- Speicherung des modifizierten Anfangs-Zeitplans im Speichersystem, wodurch unabhängig vom Prozeß der Erstellung der Anfangs-Zeitpläne Änderungen der Anfangs-Zeitpläne als Reaktion auf die auf diese Weise aktualisierten Informationen durchgeführt werden können.

13. Verfahren nach Anspruch 12, in dem die Anfangs-Zeitpläne periodisch erstellt werden und die so erstellten Anfangs-Zeitpläne in Abhängigkeit vom Empfang von Daten zwischen den periodischen Erstellungen der Anfangs-Zeitpläne modifiziert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, in dem während der periodischen Erstellung der Anfangs-Zeitpläne der Modifizierungsprozeß aufgehoben ist, wobei die aktualisierte Information zurückgehalten wird, bis die neuen Anfangs-Zeitpläne erstellt wurden, und dann zur Modifizierung der Anfangs-Zeitpläne verwendet werden, wenn ihre Erstellung abgeschlossen ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, in dem wäh-

rend der Erstellung der Anfangs-Zeitpläne der Modifizierungsprozeß fortgesetzt wird, wobei die so modifizierten Zeitpläne als Modifizierungen der Anfangs-Zeitpläne eingegeben werden, wenn ihre Erstellung abgeschlossen ist.

16. Verfahren nach Anspruch 12, 13, 14 oder 15, in dem der Zeitplanerstellungsprozeß initiiert wird, nachdem ein wesentliches aktualisiertes Datenelement erhalten wurde.

17. Verfahren nach Anspruch 12, 13, 14, 15 oder 16, in dem die Zeitplanerstellungsfunktion eine erste Bestimmungsstufe (30) zur zeitlichen Festlegung von ausgewählten Aufgaben und eine zweite Optimierungsstufe (31) zur zeitlichen Festlegung der restlichen Aufgaben enthält, wobei die zweite Stufe die Aufgaben bearbeitet, die von der ersten Stufe als festgelegt bestimmt worden sind.

18. Verfahren nach Anspruch 17, in dem Gruppen von verknüpften Aufgaben, für die mehr als eine Ressource benötigt wird, oder die eine Sequenz von Aufgaben bilden, zur Festlegung des Zeitplans durch die erste Bestimmungsstufe ausgewählt werden.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, in dem die zweite Stufe nach einem stochastischen Verfahren arbeitet.

20. Verfahren nach Anspruch 19, in dem das stochastische Verfahren ein simuliertes Glühen ist.

21. Verfahren nach Anspruch 17, 18, 19 oder 20, in dem die Zeitplanerstellungsfunktion eine dritte Nach-Optimierungsstufe (39) umfaßt, in der die von der zweiten Stufe erstellten Zeitpläne analysiert werden, um die Zeitpläne zu identifizieren, die einer weiteren Optimierung bedürfen, diese Zeitpläne werden einer weiteren Iteration in der zweiten Stufe für eine weitere Optimierung zugeführt, wobei die weitere Iteration in der zweiten Stufe die nicht auf diese Weise identifizierten Zeitpläne als festgelegte Zeitpläne behandelt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21, in dem das Verfahren zur Modifizierung des Zeitplans mehrere Auswahlsschritte aufweist, wobei in jedem dieser Schritte die mehreren Aufgaben, die darauf warten, ausgeführt zu werden, beurteilt werden, um zu bestimmen, ob eine Aufgabe mit einer vorgegebenen Priorität, die zur Ausführung durch die erste Ressource geeignet ist, verfügbar ist, und, falls die Aufgabe identifiziert wurde, diese der ersten Ressource zugeordnet wird, wobei jeder Auswahlsschritt so ausgelegt ist, daß er die Aufgaben nach Prioritäten in absteigender Reihenfolge identifiziert, so daß eine Aufgabe mit einer hohen Priorität bevorzugt gegenüber einer Aufgabe mit einer niedrigeren Priorität zugeordnet wird, unabhängig davon, ob sich die Auf-

gabe mit einer hohen Priorität im optimierten Anfangs-Zeitplan für die erste Ressource befindet.

23. Verfahren nach Anspruch 22, in dem mindestens einer der Auswahlsschritte zunächst bestimmt, ob der optimierte Anfangs-Zeitplan der Ressource eine Aufgabe der vorgegebenen Priorität enthält, und, falls vorhanden, diese Aufgabe auswählt oder, falls die Ressource keine solche Aufgabe enthält, bestimmt, ob eine Aufgabe vorhanden ist, für die kein Zeitplan erstellt wurde, und, falls vorhanden, diese Aufgabe auswählt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 22, in dem die Zeitplanmodifizierungsfunktion Ressourcen identifiziert, die Charakteristika aufweisen, die sich auf die Charakteristika der ersten Ressource beziehen, und die Zeitpläne nur derjenigen Ressourcen modifiziert, die diese Charakteristika aufweisen.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 23, in dem den mehreren Aufgaben nach der Erstellung des optimierten Anfangs-Zeitplans weitere Aufgaben hinzugefügt werden.

26. Computereinrichtung zur Zuordnung mehrerer Aufgaben zu mehreren Ressourcen, wobei die Computereinrichtung eine Zentralprozessoreinheit (22), einen Speicher (24), eine Eingabeeinrichtung (21) und eine Ausgabeeinrichtung (23) umfaßt, und der Speicher ein Programm zur Steuerung des Computers enthält, das so ausgelegt ist, daß es auf der Basis einer vorhergesagten Verfügbarkeit von Ressourcen, Aufgabenprioritäten und der Eignung von Aufgaben für die Ressourcen einen Anfangs-Zeitplan speichert, und die gekennzeichnet ist durch Ausführung der folgenden Funktionen:

- wenn eine Ressource verfügbar wird, Beurteilung der mehreren Aufgaben die auf ihre Ausführung warten, um zu bestimmen, ob eine Aufgabe mit einer hohen Priorität, die geeignet ist, von der Ressource ausgeführt zu werden, verfügbar ist, und Zuordnung derselben zu der Ressource,
- wenn keine solche Aufgabe zur Ausführung durch die Ressource verfügbar ist, Beurteilung der nächsten Aufgabe auf dem optimierten Anfangs-Zeitplan, um zu bestimmen, ob sie ausgeführt werden kann, und, wenn sie ausgeführt werden kann, Zuordnung derselben zu der Ressource,
- wenn die nächste Aufgabe nicht zur Ausführung durch die Ressource verfügbar ist, Zuordnung einer Aufgabe mit einer niedrigeren Priorität aus den mehreren Aufgaben zu der Ressource.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Fig.1

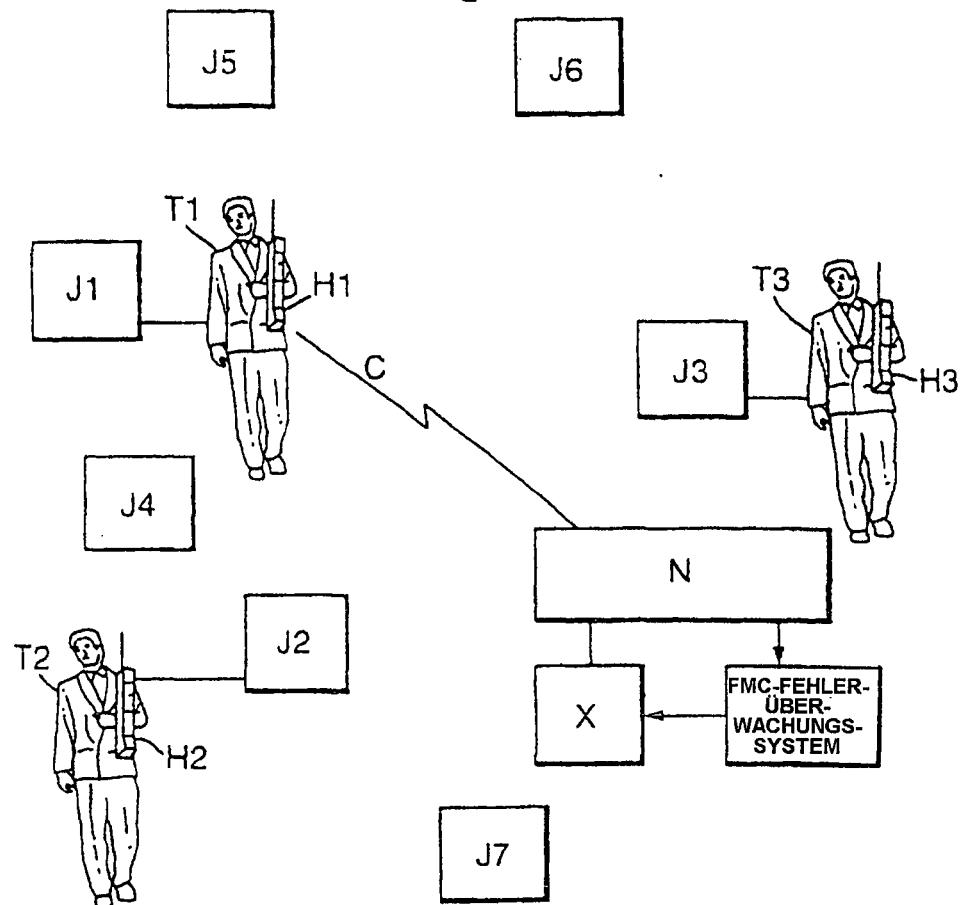


Fig.2

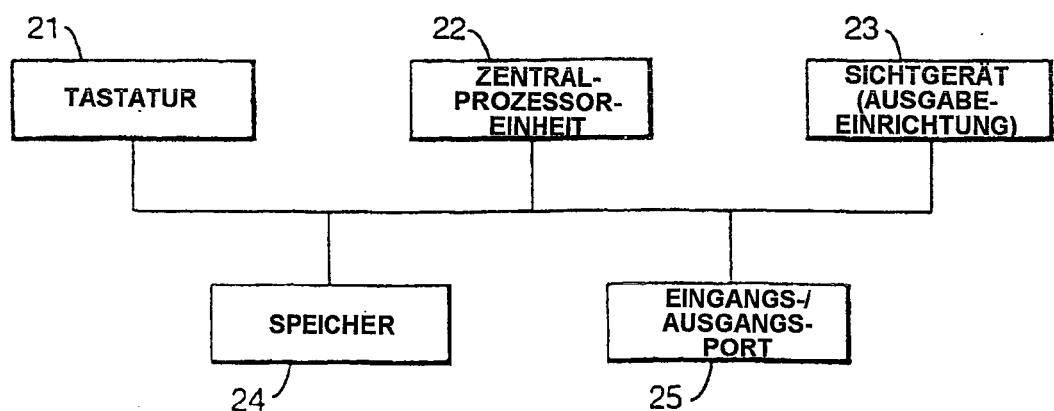


Fig.3

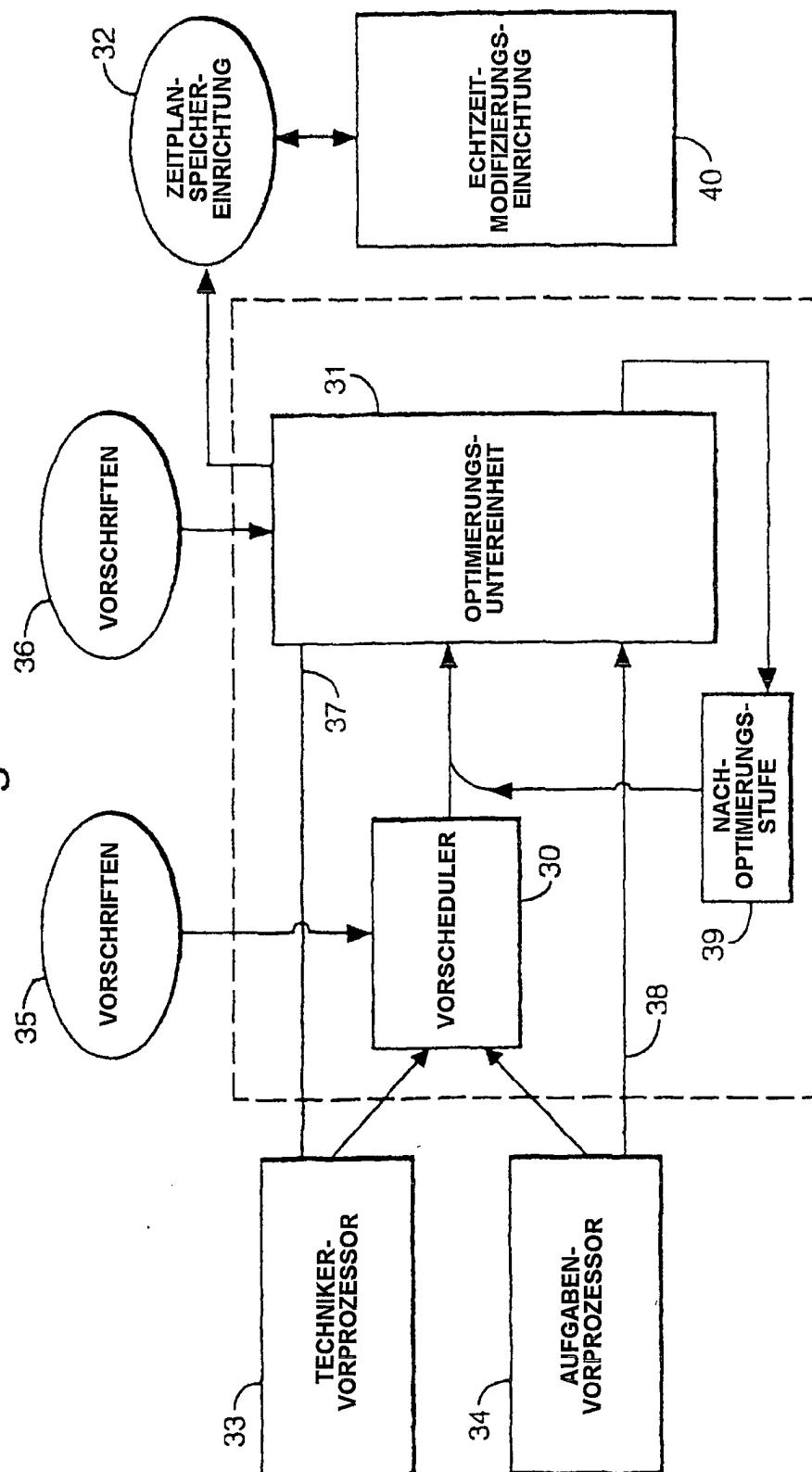


Fig.4

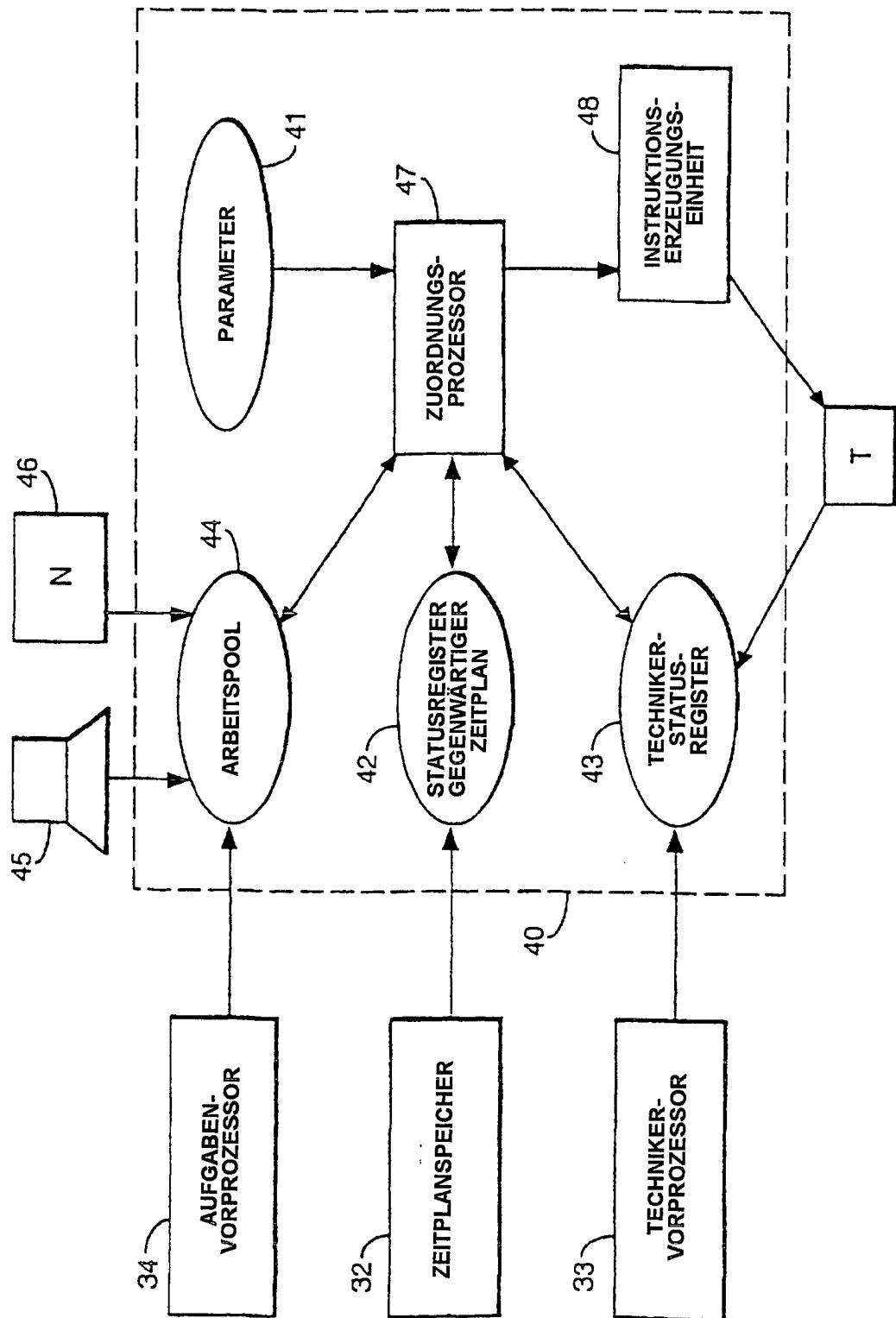
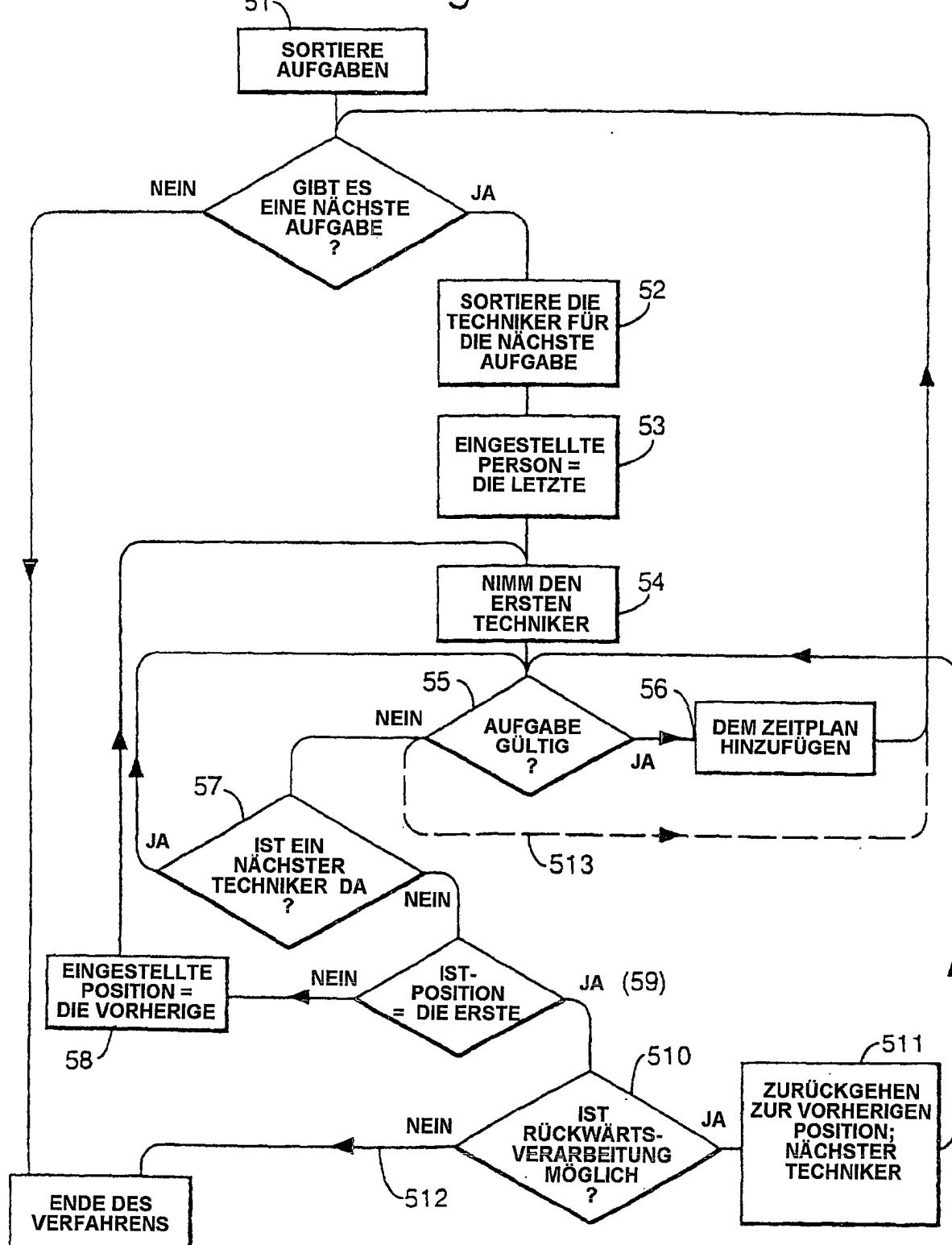


Fig.5



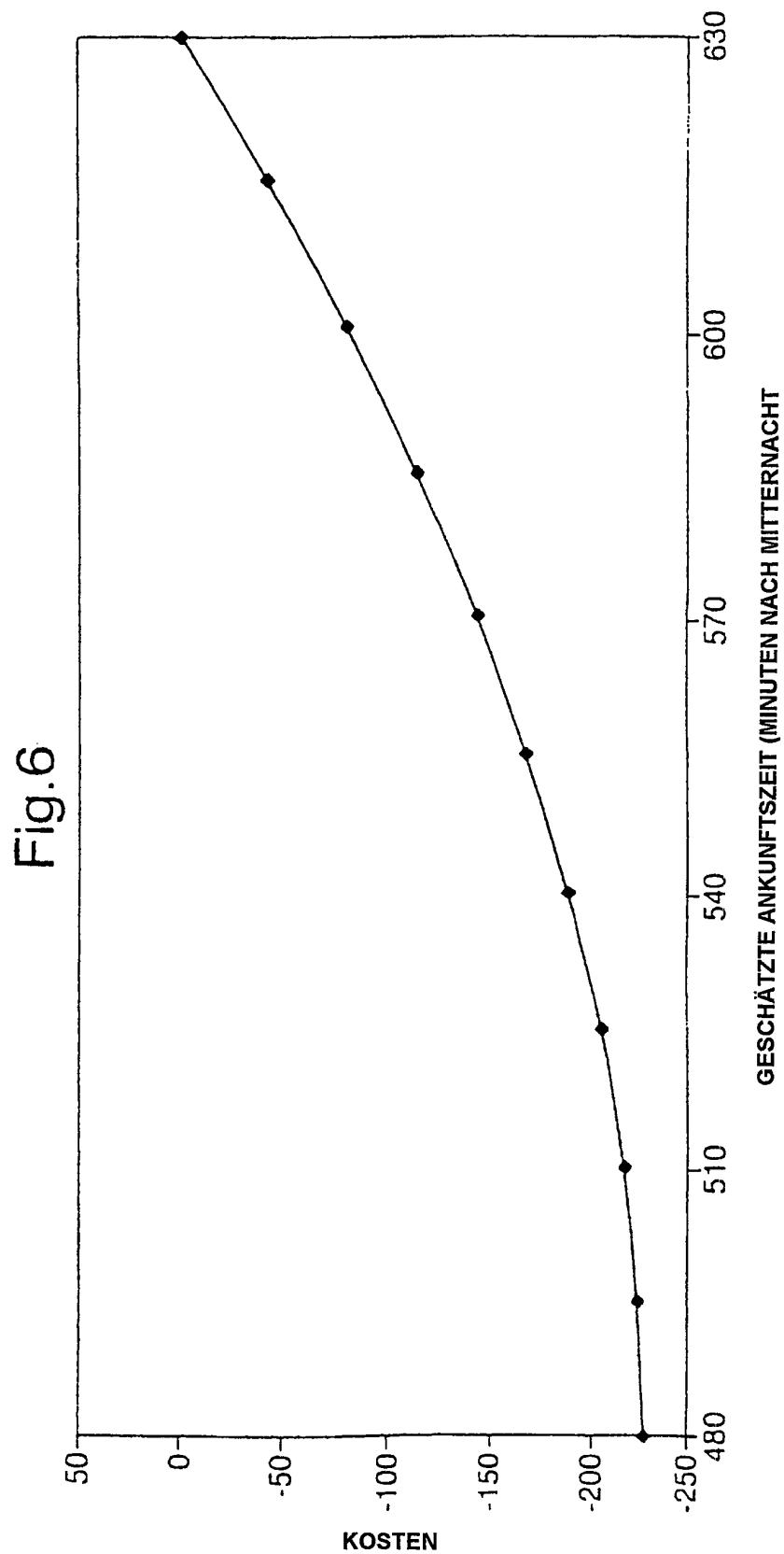


Fig. 7

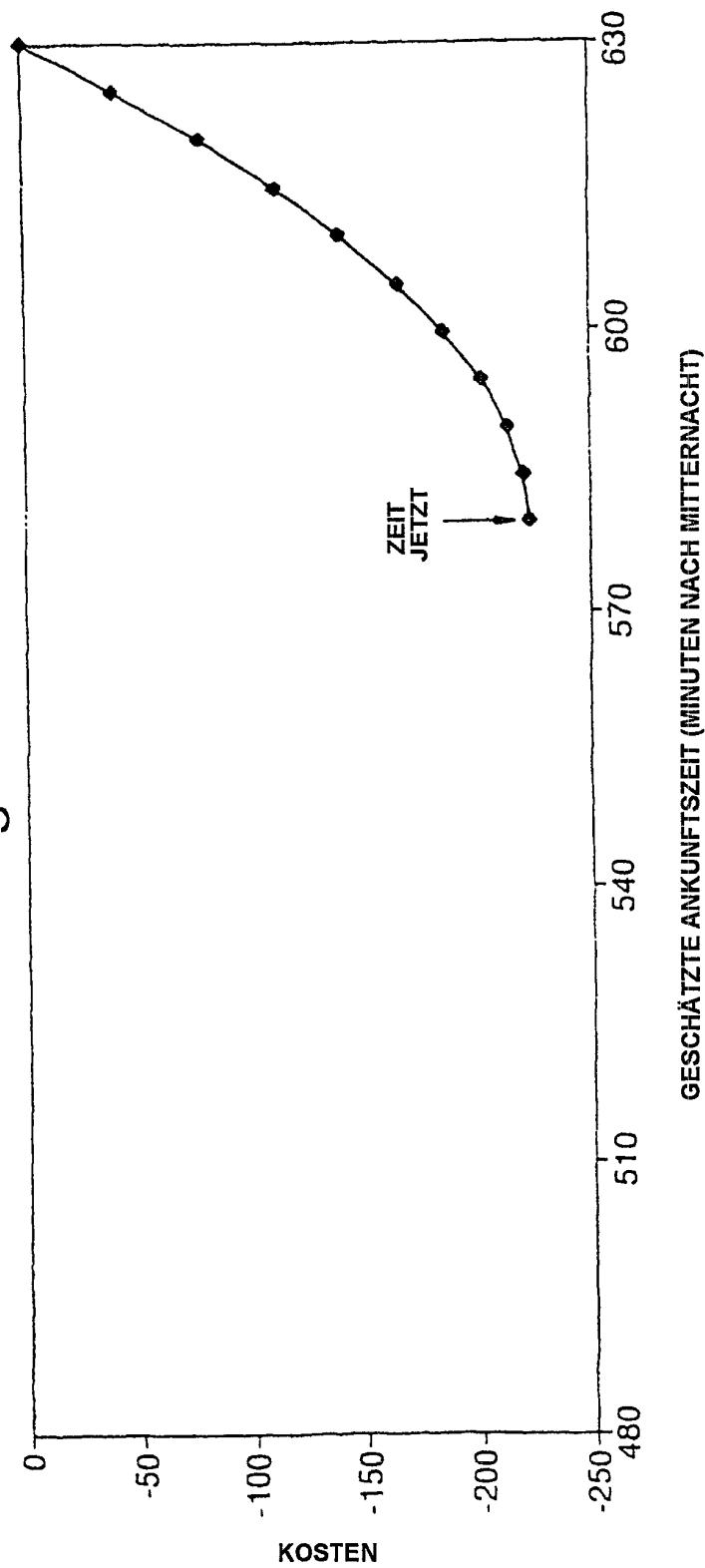


Fig. 8

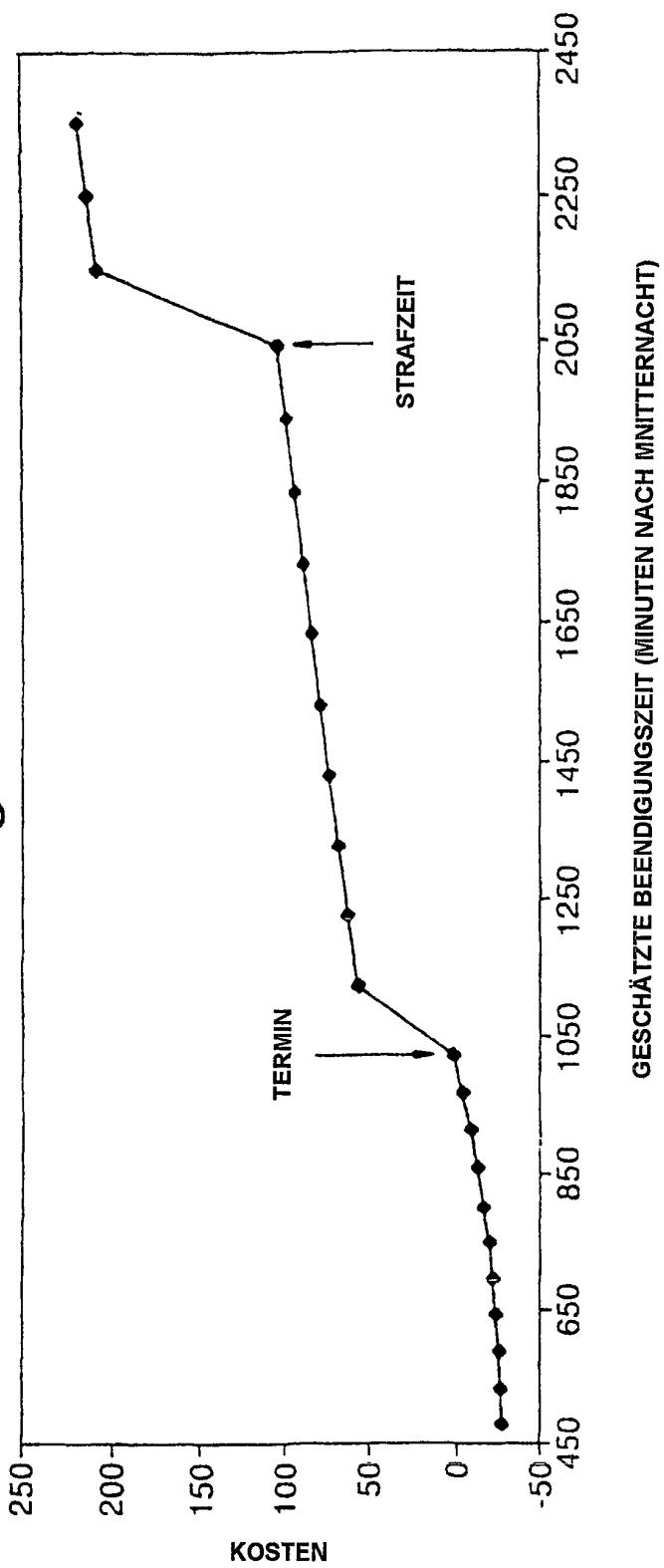


Fig.9

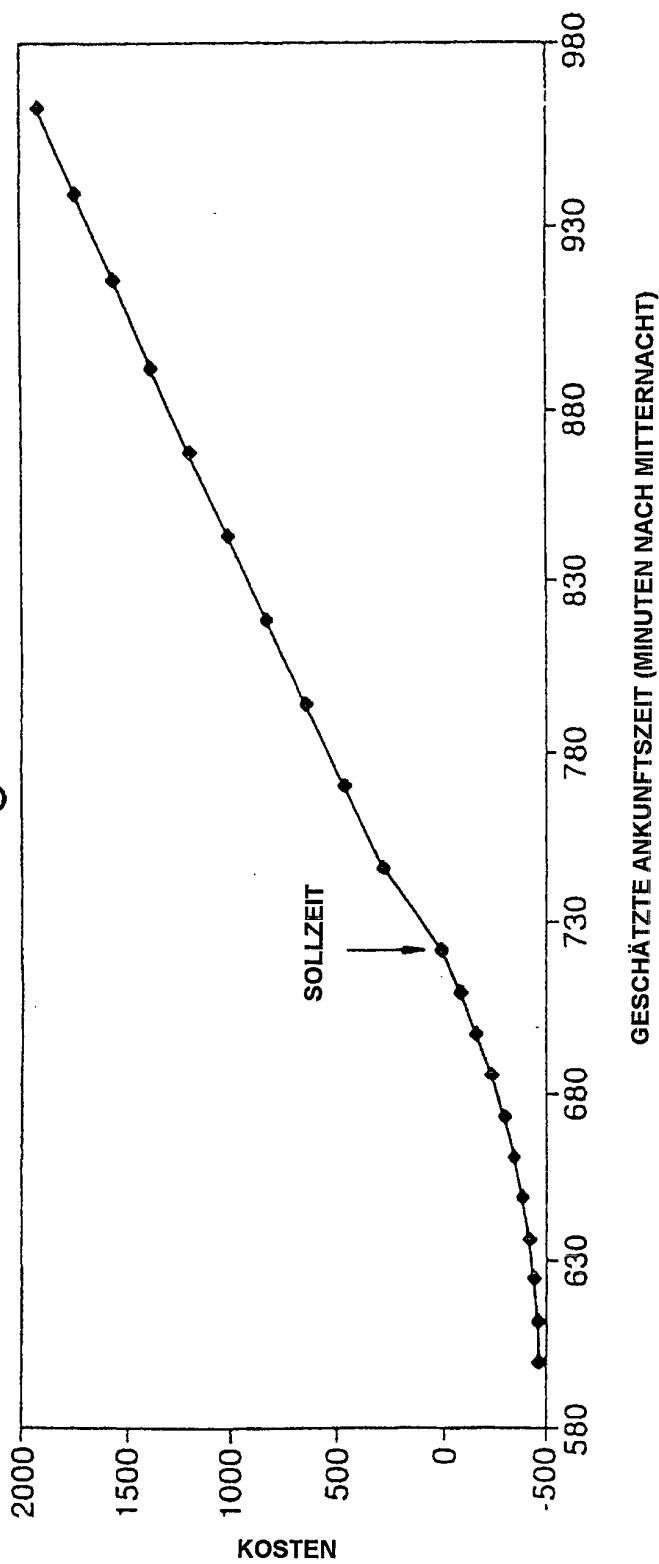


Fig.10

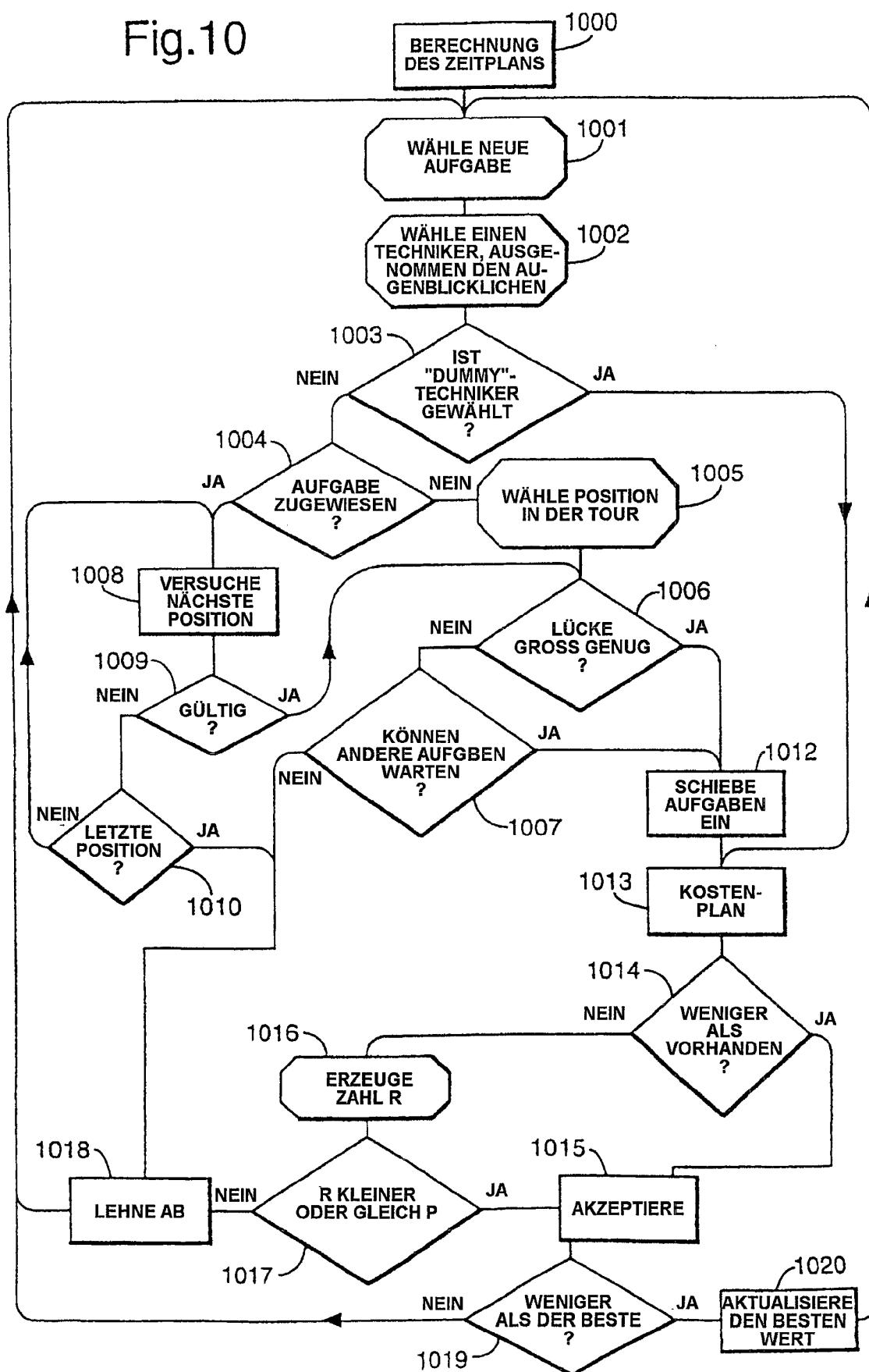


Fig. 11

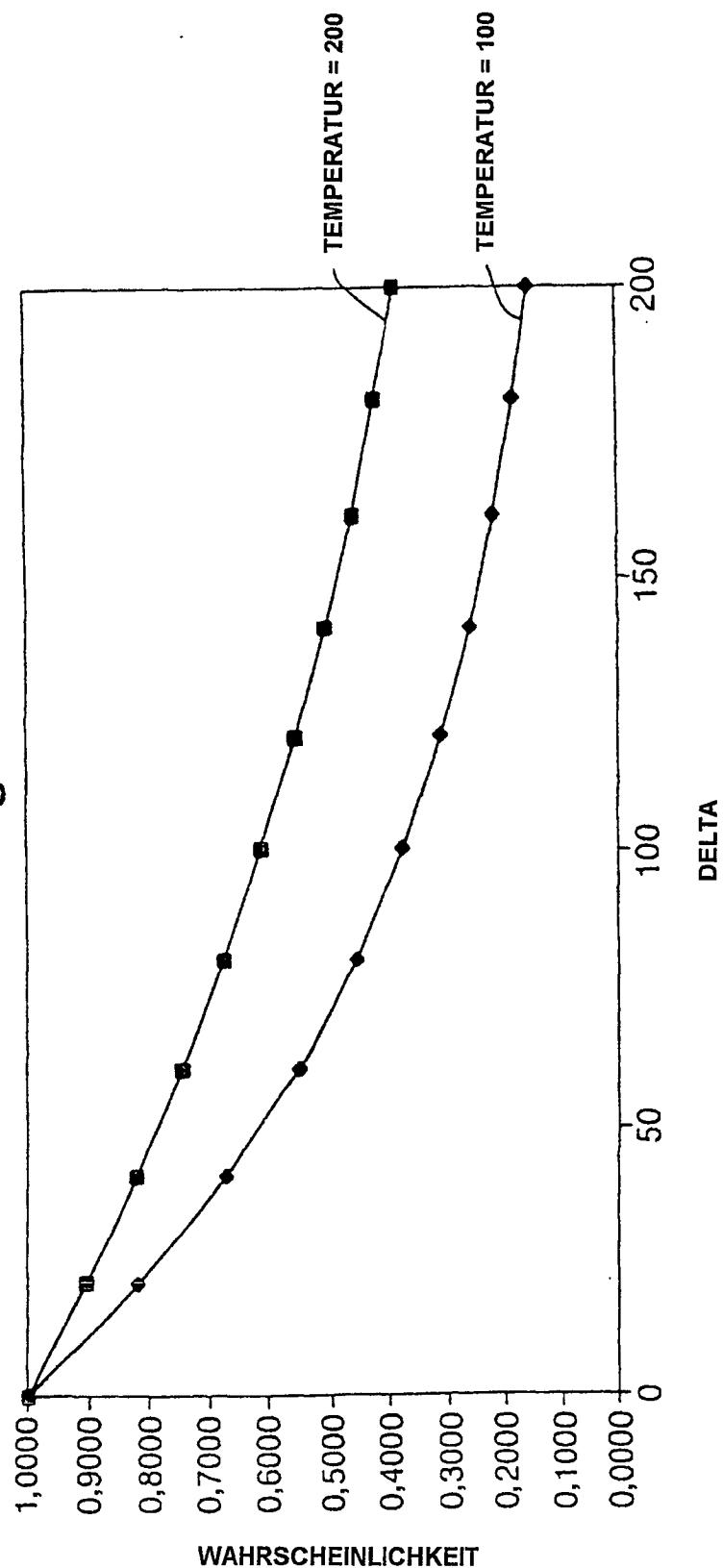
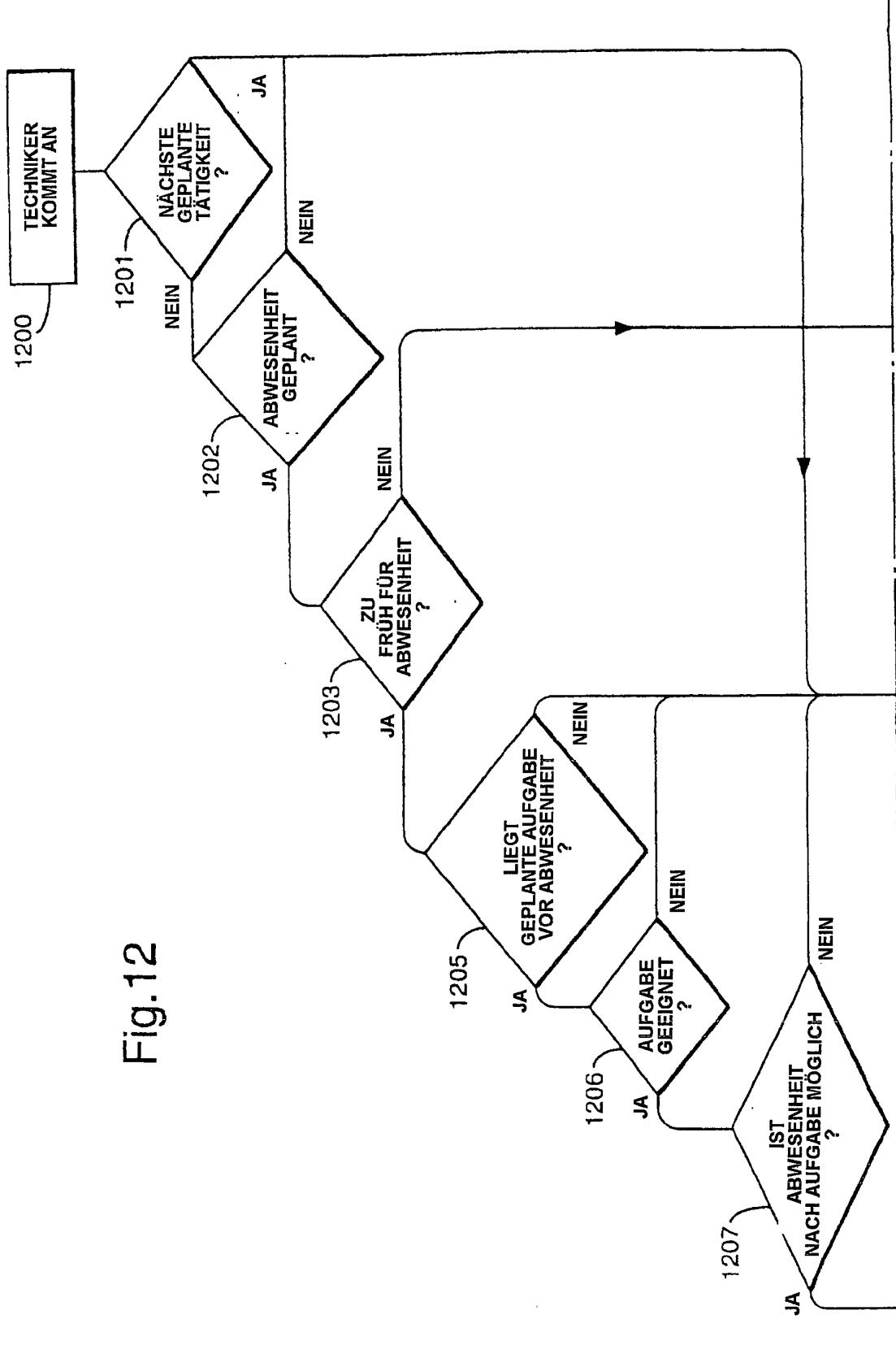


Fig. 12



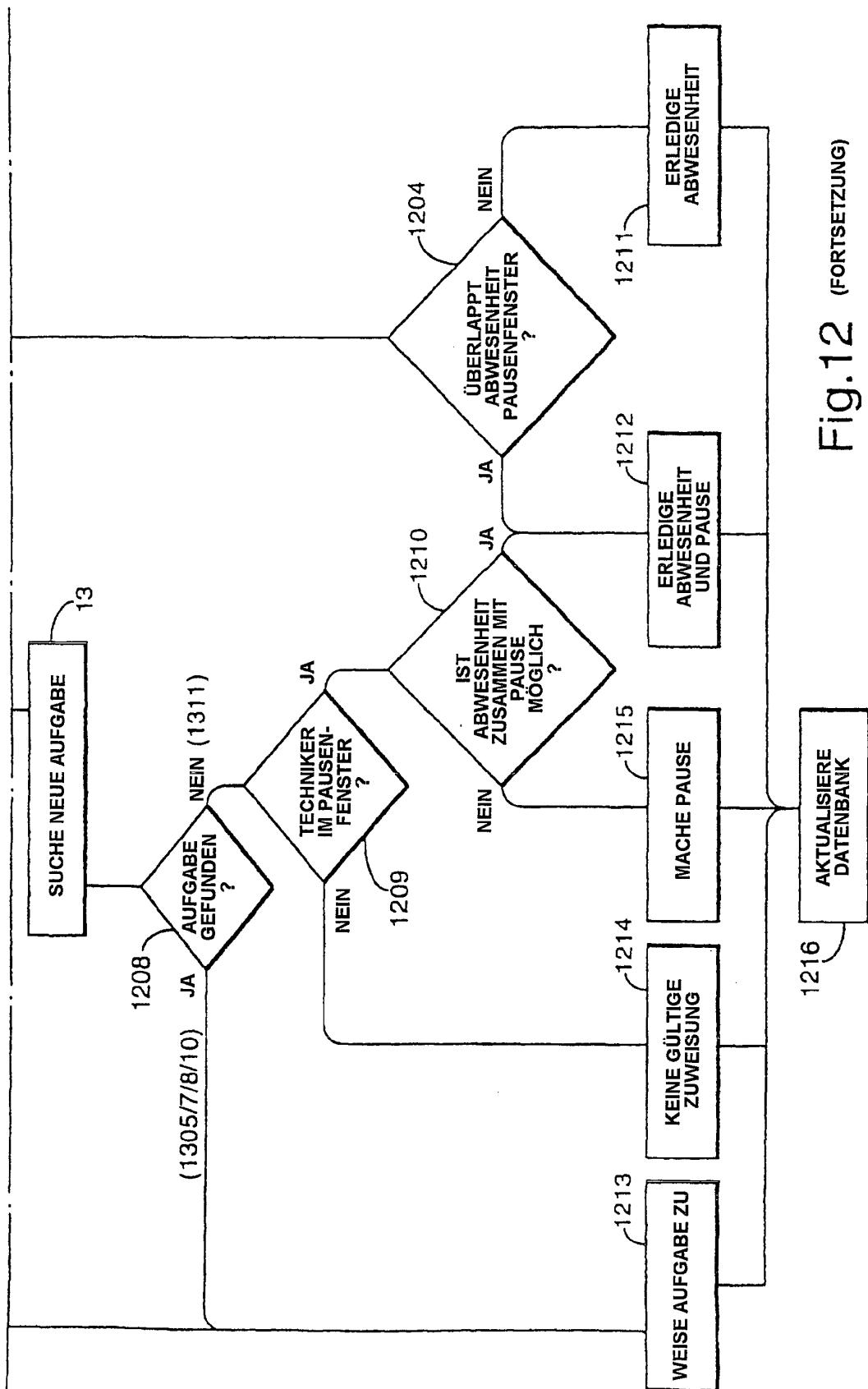


Fig.12 (FORTSETZUNG)

Fig.13

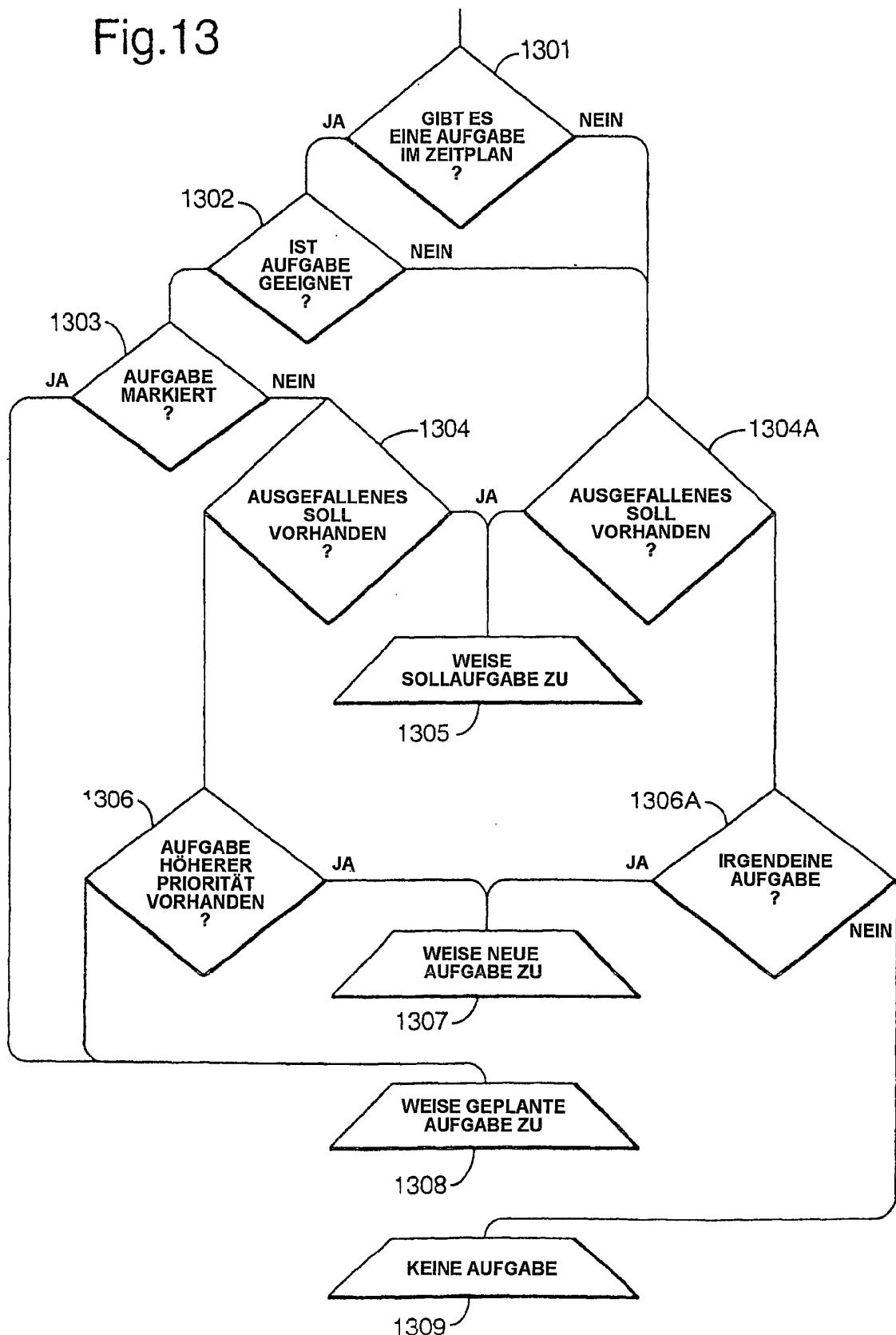
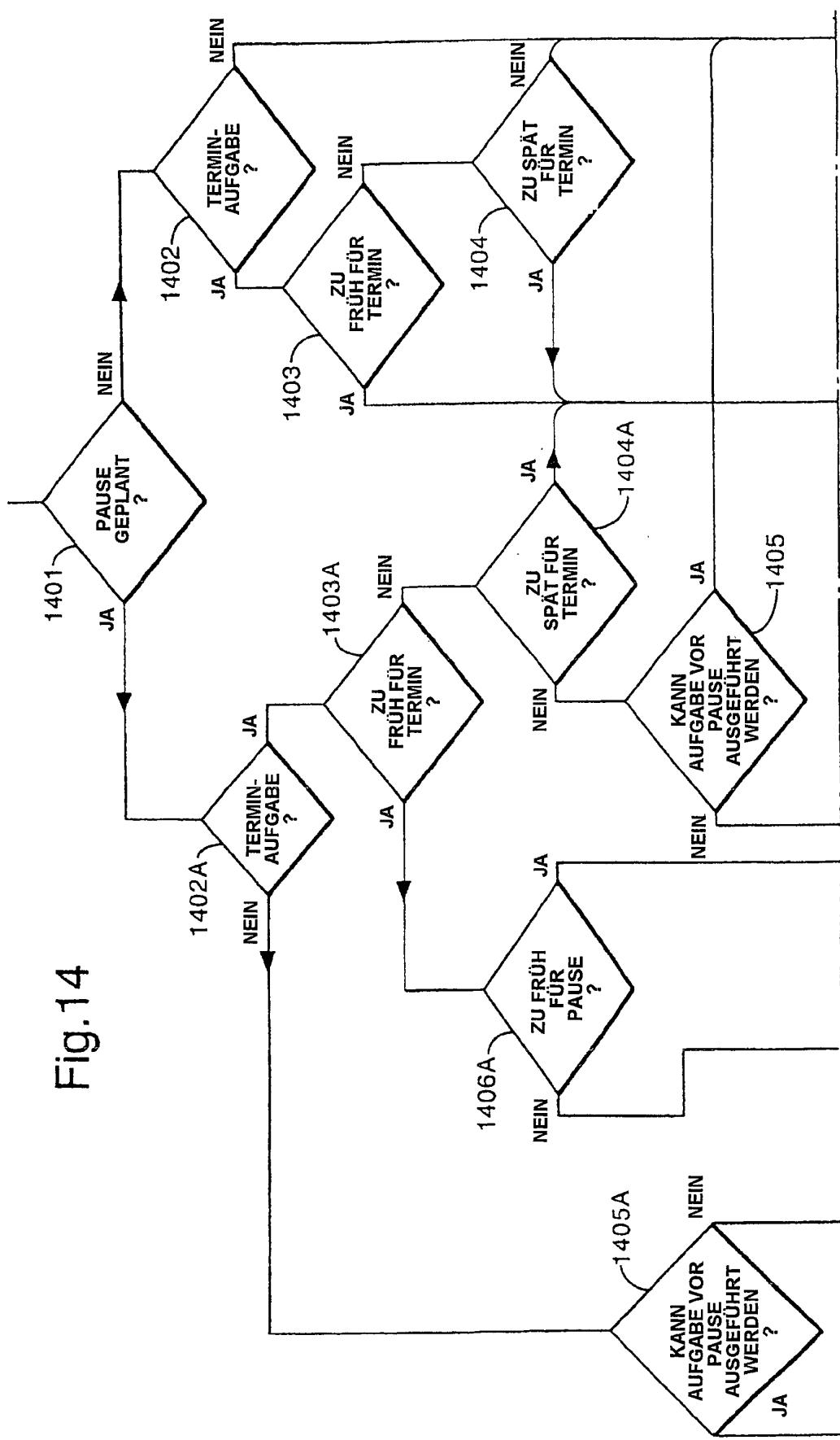


Fig. 14



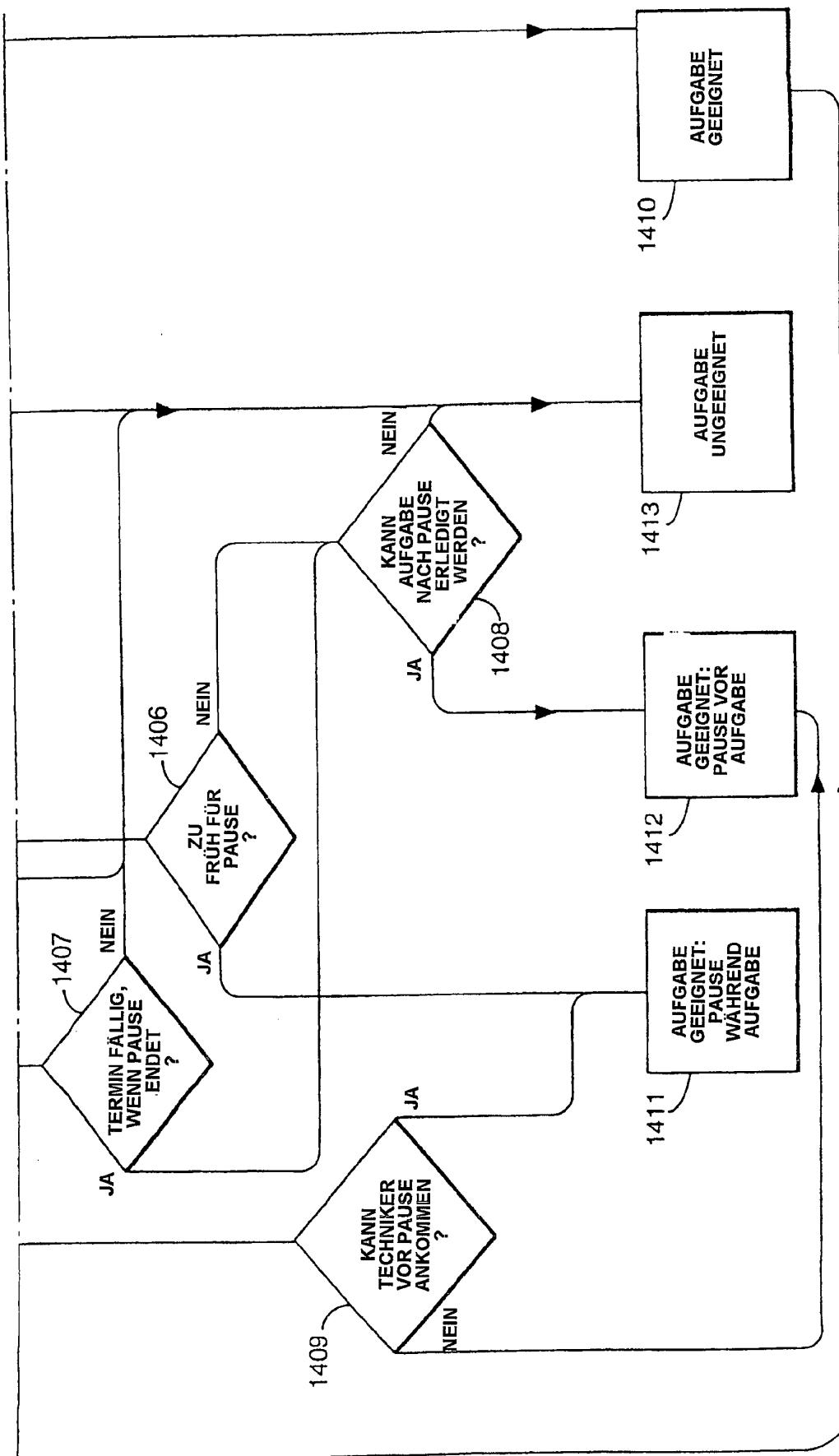


Fig. 14 (FORTSETZUNG)

Fig.15.

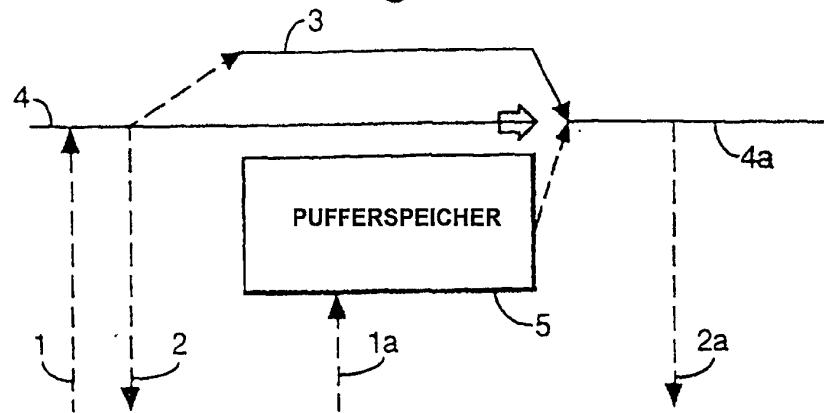


Fig.16

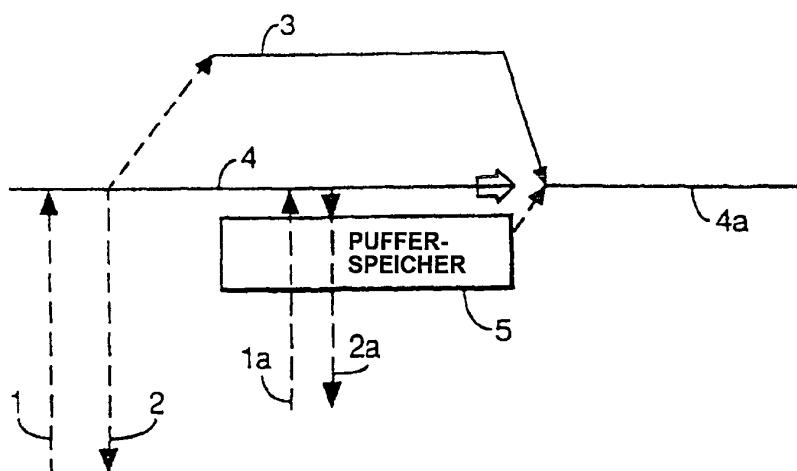


Fig.17

