

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Mai 2001 (03.05.2001)

PCT

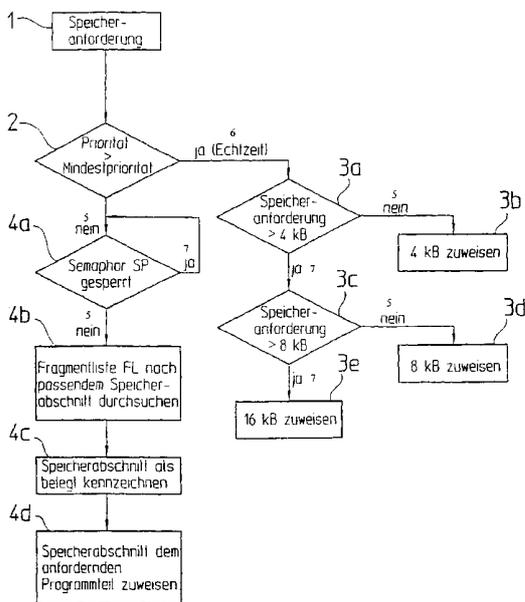
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/31454 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G06F 12/02, 9/46
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH [DE/DE]; Postfach 12 60, 83292 Traunreut (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/10492
- (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 25. Oktober 2000 (25.10.2000)
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜHLBAUER, Gerhard [DE/DE]; Böhmerwaldstrasse 33, 83395 Freilassing (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (30) Angaben zur Priorität: 199 51 716.9 27. Oktober 1999 (27.10.1999) DE
- Veröffentlicht: — Mit internationalem Recherchenbericht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DYNAMIC MEMORY MANAGEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DYNAMISCHEN SPEICHERVERWALTUNG



(57) Abstract: According to the inventive method for dynamic memory management, two different procedures are executed, depending on the priority given to the program part which requests the memory space. If the program part making the request has real time priority, according to a first procedure, a memory block which has previously been occupied is allocated from at least one memory pool to the program part making the request. If the program part making the request has no real time priority, according to a second procedure, an empty memory block which corresponds to a size requested by the program part is selected from a fragment list and a memory block which corresponds to the request is reserved for and allocated to the program part.

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur dynamischen Speicherverwaltung werden zwei unterschiedliche Methoden abhängig von der Priorität des Speicherplatz anfordernden Programmteils ausgeführt. Weist das anfordernde Programmteil Echtzeit-Priorität auf, wird nach einer ersten Methode aus mindestens einem Speicherpool ein bereits vorher belegter Speicherabschnitt dem anfordernden Programmteil zugewiesen. Weist das anfordernde Programmteil keine Echtzeit-Priorität auf, wird nach einem zweiten Verfahren ein freier Speicherabschnitt aus einer Fragmentliste, der mindestens eine vom Programmteil angeforderte Größe aufweist, ausgewählt und daraus ein einer Anforderung entsprechender Speicherabschnitt für den Programmteil belegt und diesem zugewiesen.

- 1 MEMORY REQUEST
- 2 PRIORITY > LOWEST PRIORITY
- 3a MEMORY REQUEST > 4 kB
- 3b ALLOCATE 4 kB
- 3c MEMORY REQUEST > 8 kB
- 3d ALLOCATE 8 kB
- 3e ALLOCATE 16 kB
- 4a SEMAPHORE SP LOCKED
- 4b SEARCH FRAGMENT LIST FL FOR SUITABLE MEMORY BLOCK
- 4c MARK MEMORY BLOCK AS OCCUPIED
- 4d ALLOCATE MEMORY BLOCK TO REQUESTING PROGRAM PART
- 5 NO
- 6 YES (REAL TIME)
- 7 YES

WO 01/31454 A1



— *Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Verfahren zur dynamischen Speicherverwaltung

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dynamischen Speicherverwaltung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der US 5,367,637 ist bekannt, bei einem Echtzeit-Computersystem für  
5 eine Speichervergabe zwei verschiedene Verfahren anzuwenden. Zusätzlich  
zu dem im Echtzeit-Computersystem vorhandenen Verfahren wird eine zu-  
sätzliche Ebene zwischen dem Anwendungsprogramm und dem Echtzeit-  
Computersystem vorgesehen, um eine sich selbst optimierende und effi-  
zientere Methode Speicher bereitzustellen zu realisieren. In der zusätzlichen  
10 Ebene wird eine schnelle Speichervergabe mittels eines Speicher-Pools re-  
alisiert, ohne aber zu garantieren, dass immer Speicher aus einem Speicher-  
Pool zugewiesen werden kann. Bei dem im Computersystem bereits vor-  
handenen Verfahren wird eine langsamere Methode angewendet, bei der  
garantiert ist, dass immer Speicher zugewiesen werden kann. In der zusätz-  
15 lichen Ebene wird ein Pool aus Speicherblöcken angelegt, aus dem bei Be-  
darf ein Speicherblock entnommen werden kann. Falls kein Speicherblock  
mehr im Pool vorhanden ist, wird das bereits vorhandene Verfahren zur  
Speicherbelegung benutzt. Dabei muss der insgesamt vorhandene Speicher  
nach einem Speicherblock abgesucht werden, der belegt und zur Verfügung  
20 gestellt werden kann. Die Anzahl der für den Pool belegten Speicherblöcke  
wird bei jeder Initialisierung des Computersystems abhängig von der Anzahl  
der Anforderungen an Speicherblöcken gewählt.

Dabei ist von Nachteil, dass so lange, wie Speicherblöcke im Pool vorhan-  
25 den sind, bei einer Speichieranforderung mindestens ein Speicherblock aus  
dem Pool entnommen wird. Sobald kein Speicherblock mehr im Pool ist,  
muss der vorhandene physikalische Speicher nach einem freien Speicher-  
block durchsucht werden, was relativ lange dauern kann. Dies geschieht  
unabhängig davon, ob für einen Programmteil, der in Echtzeit abgearbeitet  
30 werden muss oder für einen nicht so zeitkritischen Programmteil Speicher  
benötigt wird.

Aus der US 5,930,141 ist ein Verfahren für einen Speicherzugriff bekannt, das keinen nachteiligen Einfluss auf die Abarbeitung eines NC-Programms haben soll. Es steht ein erster und ein zweiter Speicher zur Verfügung, wobei die Zugriffszeit auf den zweiten Speicher länger ist als auf den ersten Speicher. Das NC-Programm ist im ersten Speicher gespeichert. NC-Programmblöcke werden in solche, deren Abarbeitung warten kann und solche, deren Abarbeitung nicht warten kann, unterteilt. Sobald während der Abarbeitung des NC-Programms ein Zugriff auf den zweiten Speicher erfolgen soll, wird überprüft, ob die nächst auszuführende Anweisung des nächsten Programmblöcks des NC-Programms aus einem Programmblock stammt, der warten kann. Dann wird der Zugriff auf den Speicher vor der Anweisung im nächsten Programmblock ausgeführt. Wenn die Anweisung im nächsten Programmblock des NC-Programms nicht warten kann, wird der nächste Programmblock unmittelbar anschließend ausgeführt, ohne dass vorher ein Zugriff auf den Speicher erfolgt.

Dabei ist von Nachteil, dass hier lediglich ein Speicherzugriff auf einen langsameren Speicher erfolgt, aber keine Zuweisung von Speicher. Ein weiterer Nachteil ist, dass ein Programmblock nur eine Anweisung enthält. Dadurch muss jeder einzelnen Anweisung eine Kennung hinzugefügt werden, ob die Anweisung warten darf oder nicht und diese Kennung muss während der Abarbeitung des Programms überprüft werden. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass ein Speicherzugriff, unabhängig wie wichtig dieser ist, eventuell nicht ausgeführt wird und dadurch eine nicht unerhebliche Verzögerung entstehen kann.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren für eine dynamische Speicherverwaltung anzugeben, bei dem für Programmteile, die in Echtzeit abgearbeitet werden müssen, möglichst schnell, zumindest innerhalb einer definierten maximalen Zeitdauer, Speicherplatz zur Verfügung gestellt wird, ohne dass dabei unnötig viel Speicherplatz in einem Speicherpool reserviert werden muss. Ausserdem soll dieses Verfahren nicht zu wesentlichen Verzögerungen bei der Abarbeitung des Programms führen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

5 Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den jeweils abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass unterschieden wird zwischen Programmteilen, die in Echtzeit abgearbeitet werden müssen und denen daher auch besonders schnell Speicherplatz zugewiesen werden muss und Programmteilen, die nicht in Echtzeit abgearbeitet werden müssen und denen daher nicht so schnell Speicherplatz zugewiesen werden muss. Dafür wird erfindungsgemäß die Priorität des Programmteils ausgewertet, von dem die Speicheranforderung kommt. Dadurch müssen nur für Programmteile, die in Echtzeit abgearbeitet werden müssen und die daher eine Mindestpriorität aufweisen, Speicherabschnitte in einem Pool bevorratet werden, was den für eine Speicheranforderung im Pool zu bevorratenden Speicherplatz verringert. Für Programmteile, die eine Speicheranforderung senden und die eine niedrigere Priorität haben, so dass sie nicht in Echtzeit abgearbeitet werden, wird der freie Speicher nach einem passenden Speicherbereich durchsucht. Weiterhin vorteilhaft ist, dass nicht jeder einzelnen Programmanweisung eine eigene Priorität zugewiesen wird, sondern ganzen Programmteilen, die aus mehreren Programmanweisungen bestehen. Da einzelne Programmanweisungen meist ohnehin keine vollständige Funktion ausführen, muss ohnehin meist mehreren unmittelbar aufeinander folgenden Programmanweisungen die gleiche Priorität zugewiesen werden. Indem Programmteilen eine Priorität zugewiesen wird, muss wesentlich seltener überprüft werden, welche Priorität gerade vorliegt. Dadurch wird die Programmabarbeitung beschleunigt.

30 Die Erfindung wird im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Die Figuren zeigen:

Fig. 1: eine mögliche Vorgehensweise zur erfindungsgemäßen Speicherzuweisung bei Echtzeit und Nicht-Echtzeit Priorität eines anfordernden Programmteils und

5 Fig. 2: eine erste und zweite Verfahrensweise zur Speicherbelegung.

Liegt, wie in Fig. 1 dargestellt, bei der Abarbeitung eines NC-Programms einer NC-Steuerung eine Anforderung 1 von Arbeitsspeicher des Prozessors durch ein NC-Programmteil vor, wird in Schritt 2 unterschieden, welche Pri-  
10 rität das den Speicher anfordernde Programmteil aufweist. Dadurch kann für Programmteile, die Echtzeit-Priorität haben, eine besonders schnelle Zuweisung von Arbeitsspeicher realisiert werden, ohne dass unnötig viel Arbeitsspeicher belegt werden muss. Entspricht die Priorität mindestens einer Mindestpriorität, so arbeitet das Programmteil in Echtzeit und muss auch den  
15 angeforderten Speicher gemäß einer ersten Verfahrensweise 3 in Echtzeit zugewiesen bekommen. Dies geschieht dadurch, dass in den Schritten 3a und 3c ermittelt wird, wieviel Speicher angefordert wurde und dann wird aus einem vorher belegten bzw. für Echtzeitanwendungen reservierten Speicher-Pool SP1 (Figur 2) in Schritt 3b ein 4 kByte großer Speicherabschnitt zugewiesen, bzw. ein 8 kByte großer in Schritt 3d aus Speicher-Pool SP2 bzw.  
20 ein 16 kByte großer in Schritt 3e aus Speicher-Pool SP3. Sollte ein noch größerer Speicherabschnitt angefordert worden sein, wird eine Fehlermeldung ausgegeben, da davon ausgegangen wird, dass keine größeren Speicherabschnitte als 16 kByte benötigt werden. Um die gesetzten Echtzeitbedingungen zu erfüllen, wird keine nicht-echtzeitfähige Methode zur Speicherzuweisung benutzt, da diese zu langsam wäre. Weiterhin ist dafür sicherzustellen, dass die Speicher-Pools SP1 – SP3 immer ausreichend Speicherabschnitte vorrätig haben.

30 Ist die Priorität eines Speicher anfordernden Programmteils kleiner einer Mindestpriorität, arbeitet das Programmteil nicht in Echtzeit und die Speicherzuweisung wird gemäß einer zweiten Verfahrensweise 4 nicht in Echtzeit abgearbeitet. Dafür wird in Schritt 4a zunächst überprüft, ob durch einen Semaphor Sp der Zugriff auf eine Fragmentliste FL, in die alle belegten und

nicht belegten Speicherbereiche eingetragen sind, gesperrt ist. Ist dies nicht der Fall, wird die Fragmentliste FL nach einem zur Speicheranforderung passenden Speicherabschnitt durchsucht, ansonsten wird gewartet, bis die Fragmentliste FL für einen Zugriff freigegeben wird. Während einem Zugriff  
5 wird die Fragmentliste FL mittels des Semaphoren Sp für weitere Zugriffe gesperrt. Wurde ein passender Speicherabschnitt gefunden, wird dieser in Schritt 4c in der Fragmentliste FL als durch den anfordernden Programmteil belegt gekennzeichnet und im Schritt 4d dem anfordernden Programmteil zugewiesen. Anschließend wird mittels des Semaphoren Sp die Fragment-  
10 liste FL wieder für einen Zugriff freigegeben.

In Fig. 2 ist eine mögliche Realisierung der erfindungsgemäßen Speicher-  
verwaltung dargestellt. Für den Fall, dass das Programmteil, das Speicher  
anfordert, in Echtzeit arbeitet, wird gemäß einer ersten Verfahrensweise 3  
15 aus einem Speicher-Pool SP1 ein vorher für diesen Pool SP1 reservierter  
Speicherabschnitt, der mindestens so groß ist wie der angeforderte Speicher, dem Programmteil zugewiesen. Beim Zuweisen und Freigeben ist kein Belegen der Semaphore SP nötig, da ein belegtes Element und damit auch seine Verwaltungsinformation der Fragmentliste FL nicht von anderer Seite  
20 verändert werden kann.

Vorteilhafterweise sind mehrere Speicher-Pools SP1 – SP3 vorgesehen, die jeweils Speicherabschnitte gleicher Größe beinhalten. Beispielsweise sind in einem ersten Speicher-Pool SP1 Speicherabschnitte mit einer ersten Größe  
25 von 4kByte, in einem zweiten Speicher-Pool SP2 Speicherabschnitte mit einer zweiten Größe von 8 kByte und in einem dritten Speicher-Pool SP3 Speicherabschnitte mit einer dritten Größe von 16 kByte reserviert werden. Die Größe wird also immer verdoppelt. Die Größen der Speicherabschnitte in den Speicher-Pools SP1 – SP3 werden derart gewählt, dass einerseits  
30 nicht unnötig viel Speicherplatz verschwendet wird, indem beispielsweise für eine Anforderung über 3 kByte ein 16 kByte Speicherabschnitt zugewiesen werden muss, weil kleinere Speicherabschnitte nicht zur Verfügung stehen. Andererseits wird die Größe der Speicherabschnitte so gewählt, damit für eine Speicheranforderung nicht mehrere Speicherblöcke zugewiesen wer-

den müssen, wenn beispielsweise 10 kByte angefordert werden und dann ein Block mit 64 kByte zugewiesen werden muss, weil 16 kByte Speicherabschnitte nicht zur Verfügung stehen.

5 Jeder Speicher-Pool SP1 – SP3 enthält Informationen über die aktuelle Speicherkapazität, insbesondere weist er einen bestimmten Füllstand auf, der angibt, wieviele Speicherabschnitte im Speicher-Pool SP1 – SP3 reserviert sind. Weiterhin ist jedem Speicher-Pool SP1 – SP3 ein Mindestfüllstand MinP und ein Maximalfüllstand MaxP zugeordnet. Durch den Mindestfüllstand MinP wird angegeben, ab welchem Füllstand ein Wartungsthread WT  
10 aktiviert wird, um neue Speicherabschnitte für den jeweiligen Speicher-Pool SP1 – SP3 zu belegen. Durch den Maximalfüllstand MaxP wird angegeben, ab welchem Füllstand ein Wartungsthread WT aktiviert wird, damit überflüssige Speicherabschnitte aus dem Speicher-Pool SP1 – SP3 entfernt und  
15 damit Speicher für andere Zwecke freigegeben wird. Weiterhin ist jedem Speicher-Pool SP1 – SP3 ein Verweis auf den ersten Speicherabschnitt in der Liste der im jeweiligen Speicher-Pool SP1 – SP3 vorhandenen Speicherabschnitte vorgesehen. Jeder Speicherabschnitt beinhaltet einen Verweis auf den nächstfolgenden Speicherabschnitt des Speicher-Pools SP1 – SP3, so  
20 dass die Speicherabschnitte jedes Speicher-Pools SP1 – SP3 als verkettete Liste aufeinander verweisen, wie dies in Fig. 2 dargestellt wird.

Stellt der Wartungsthread WT fest, dass der Mindestfüllstand MinP um einen Mindestwert, beispielsweise mindestens 50%, unterschritten wurde, wird der  
25 Mindestfüllstand MinP um den Wert erhöht, um den dieser Mindestwert des Mindestfüllstands MinP unterschritten wurde. Der Maximalfüllstand MaxP wird als ein bestimmtes Vielfaches, beispielsweise das Doppelte, des Mindestfüllstands MinP definiert und entsprechend an den neuen Wert für den Mindestfüllstand MinP angepasst.

30 Aufgrund der von Programmteilen eingehenden Anforderungen an Speicher kann ermittelt werden, welche Größe der Speicherabschnitte wie häufig benötigt wird. Aufgrund der Vorgaben moderner Computersysteme ist es außerdem vorteilhaft mindestens 4 kByte in einem Block zu adressieren. Die

Anforderungen an Speicher werden daher abhängig von der Größe des benötigten Speicherabschnitts in Gruppen eingeteilt, die sich in der Größe um ganzzahlige Vielfache von 4 kByte unterscheiden.

5 Abhängig von der relativen Häufigkeit der Anforderungen in diesen Gruppen kann dann die Anzahl der Speicher-Pools SP1 – SP3, der Mindestfüllstand und der Maximalfüllstand in jedem Speicher-Pool SP1 – SP3 und die Größe der Speicherabschnitte in den Speicher-Pools SP1 – SP3 festgelegt werden. Die derart ermittelten Werte können für jeden Speicher-Pool SP1 – SP3 in  
10 einem nicht-flüchtigen Speicher abgelegt und beim nächsten Start des Programms berücksichtigt werden. Derart werden Kenngrößen für die Speicher-  
verwaltung adaptiv eingestellt und optimieren sich selbst. Zusätzlich kann für jeden Speicher-Pool SP1 – SP3 ein nicht-flüchtiger Speicher vorgesehen  
15 sein, in dem das absolute Minimum des Füllstands des jeweiligen Speicher-  
Pools SP1 – SP3 gespeichert wird. Durch Auslesen dieses Speichers können auch Minimalfüllstände der Speicher-Pools SP1 – SP3 erkannt werden,  
die während Echtzeitbearbeitungen auftreten, während denen der Wartungsthread WT keinen Zugriff auf den Füllstand der Speicher-Pools SP1 –  
20 SP3 hat.

Der Wartungsthread WT erhält vorteilhaft eine Priorität, die unmittelbar unterhalb des Schwellwerts für Echtzeitbearbeitung liegt. Dadurch wird sichergestellt, dass unmittelbar nach Beendigung von Programmteilen, die in  
Echtzeit abgearbeitet werden, überprüft wird, ob die Anzahl Speicherabschnitte in den Speicherpools SP1 – SP3 noch oberhalb des Mindestfüll-  
25 stands MinP liegt und evtl. während der Programmabarbeitung in Echtzeit  
auch immer lag.

Für den Fall, dass das Programmteil, welches Speicher anfordert, nicht in  
30 Echtzeit arbeitet, weil die Priorität des Programmteil kleiner als die Mindest-  
priorität für Echtzeit ist, wird eine zweite Verfahrensweise angewendet, um Speicher zuzuweisen. Es wird vom Wartungsthread WT zunächst ein  
Semaphor Sp überprüft. Dieser Semaphor Sp gibt an, ob eine Fragmentliste FL für Speicher gerade benutzt wird. In einer derartigen Fragmentliste FL

sind zu jedem Speicherbereich des physikalischen Speichers zumindest dessen Größe, Startadresse und sein Belegungszustand (frei bzw. belegt) gespeichert.

- 5 Wird die Fragmentliste FL gerade benutzt, muss der Wartungsthread so lange warten, bis die Fragmentliste FL wieder frei ist, was an dem Semaphor SP erkannt wird. Dann sucht der Wartungsthread WT aus der Fragmentliste FL einen freien Speicherbereich, der mindestens die angeforderte Größe aufweist. Die benötigte Größe Speicher wird für den anfordernden Programmteil belegt und dem anfordernden Programmteil zugewiesen.
- 10

Eine Alternative für die Zuweisung von Speicherbereichen in Echtzeit gemäß einer ersten Vorgehensweise besteht darin, dass nur ein einziger Speicher-Pool vorgesehen ist, der Speicherabschnitte einer Mindestgröße von beispielsweise 4kByte beinhaltet. Weiterhin ist ein Speichermanager vorgesehen, der logische in physikalische Adressen und umgekehrt umcodiert.

15

Wenn bei einer Speicheranforderung in Echtzeit aus dem Speicher-Pool so viele Speicherabschnitte entnommen und durch den Speichermanager mit unmittelbar aufeinander folgenden Adressen versehen, bis die angeforderte Speichergröße mindestens erreicht ist und der derart zusammengesetzte Speicherbereich dem anfordernden Programmteil zugewiesen.

20

Werden also beispielsweise 10 kByte Speicher von einem Programmteil mit einer Mindestpriorität für Echtzeit angefordert, werden aus einem Speicher-Pool mit 4 kByte großen Speicherabschnitten die ersten drei Speicherabschnitte der verketteten Liste ausgewählt. Diese Speicherabschnitte können im zur Verfügung stehenden physikalischen Speicher beliebig angeordnet sein, insbesondere nicht unmittelbar aufeinander folgend. Durch den Speichermanager erfolgt eine Umcodierung von logischen Adressen in physikalische Adressen und umgekehrt bei diesen drei Speicherabschnitten derart,

25

30 dass die logischen Adressen der drei Speicherabschnitte unmittelbar aufeinander folgen. Dadurch wird ein zusammenhängender Adressraum für den angeforderten Speicherbereich zusammengesetzt und kann dem anfordernden

den Programm als ein zusammenhängender Speicherbereich zugewiesen werden.

5 Dies weist den Vorteil auf, dass beliebig große Speicherbereiche zugewiesen werden können und man nicht auf die in den Speicher-Pools vorhandenen Größen der Speicherabschnitte beschränkt ist.

10 Für die Rückgabe von Speicher, den das Programm nicht mehr benötigt bestehen zwei Realisierungsmöglichkeiten. Es können die nicht mehr benötigten Speicherbereiche wieder in die Speicher-Pools SP1 – SP3 zurückgestellt werden. Dafür wird in der Fragmentliste FL überprüft, welche Größe der vom Programm zurückgegebene Speicherbereich aufweist. Anschließend wird dieser Speicherabschnitt in der Fragmentliste FL als reserviert gekennzeichnet und in die verkettete Liste des passenden Speicher-Pools eingehängt.  
15 Sollte der Füllstand des Speicher-Pools dann die Maximalgröße MaxP überschreiten, werden Speicherabschnitte durch den Wartungsthread WT aus der verketteten Liste entfernt und in der Fragmentliste FL als frei gekennzeichnet.

20 Alternativ dazu können Speicherbereiche, die vom Programm nicht mehr benötigt werden in eine separate Liste eingetragen werden. Die in dieser Liste eingetragenen Speicherbereich kennzeichnet der Wartungsthread dann unmittelbar in der Fragmentliste FL als frei. Dadurch muss nicht festgestellt werden, welche Länge die nicht mehr benötigten Speicherbereiche  
25 aufweisen und die Eintragung in einen Speicher-Pool entfällt, was zu einer schnelleren Freigabe führt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass derart auch Speicherbereiche freigegeben werden können, für deren Größe kein Speicher-Pool existiert.

## Patentansprüche

=====

1. Verfahren zur dynamischen Speicherverwaltung bei dem einem anfor-  
dernden Programmteil nach einer ersten Verfahrensweise (3) ein Spei-  
cherbereich zugewiesen wird oder bei dem einem anfordernden Pro-  
grammteil nach einer zweiten Verfahrensweise (4) ein Speicherbereich  
5 zugewiesen wird, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund einer dem  
anfordernden Programmteil zugewiesenen Priorität entschieden wird, ob  
in einer ersten Verfahrensweise (3) ein Speicherbereich in Echtzeit zu-  
gewiesen wird oder ob in einer zweiten Verfahrensweise (4) ein Spei-  
cherbereich nicht in Echtzeit zugewiesen wird.  
10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Speicher-  
Pools (SP1-SP3) mit Speicherabschnitten unterschiedlicher Größe zur  
Verfügung gestellt werden, und dass bei der ersten Verfahrensweise (3)  
einer dieser vorher belegten Speicherabschnitte abhängig von der  
15 Größe des angeforderten Speicherbereichs ausgewählt und dem anfor-  
dernden Programmteil zugewiesen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der  
ersten Verfahrensweise mehrere vorher belegte Speicherabschnitte aus  
20 einem Speicher-Pool entnommen werden, die physikalischen Adress-  
räume dieser Speicherabschnitte zu einem kontinuierlichen logischen  
Adressraum umcodiert und der derart gebildete Speicherbereich einem  
anfordernden Programmteil zugewiesen wird.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass bei der zweiten Verfahrensweise ein freier Spei-  
cherbereich, der mindestens eine vom Programmteil angeforderte  
Größe aufweist, aus einer Fragmentliste (FL), in die alle belegten und  
freien Speicherbereiche eingetragen sind, gesucht und ausgewählt und  
30 dem anfordernden Programmteil zugewiesen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wartungsthread (WT) abhängig vom Füllstand der Speicherpools (SP1 – SP3) diese mit freien Speicherabschnitten auffüllt, wobei die freien Speicherabschnitte nach der zweiten Verfahrensweise ermittelt werden, oder der Wartungsthread (WT) die Speicherpools (SP1 – SP3) entleert, indem Speicherabschnitte der Speicherpools (SP1 – SP3) freigegeben werden.  
5
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Priorität des Wartungsthreads (WT) unmittelbar unterhalb der Mindestpriorität für Echtzeitverarbeitung liegt.  
10
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Speicherpool (SP1 – SP3) eine bestimmte Anzahl Speicherabschnitte reserviert werden, wenn der Mindestfüllstand (MinP) unterschritten wurde und ein Speicherpool (SP1 – SP3) bis zu einem Maximalfüllstand (MaxP) entleert wird, wenn der Maximalfüllstand (MaxP) überschritten wurde.  
15
8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Mindestfüllstand (MinP) für einen Speicherpool (SP1 - SP3) um den Wert erhöht wird, um den der Mindestfüllstand (MinP) während der Programmabarbeitung in Echtzeit unterschritten wurde oder einen dazu proportionalen Wert und dass der Maximalfüllstand (MaxP) dann neu auf ein bestimmtes Vielfaches des Mindestfüllstands (MinP) festgelegt wird.  
20  
25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der Fragmentliste (FL) für jeden Speicherbereich zumindest dessen Größe, dessen Startadresse und dessen Belegungszustand gespeichert ist, wobei sich unterschiedliche Speicherabschnitte unterscheiden durch ihren Belegungszustand und durch den Programmteil, durch den sie belegt werden.  
30

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zugriff auf die Fragmentliste (FL) durch ein Semaphor (Sp) gesteuert wird, indem der Zugriff gesperrt oder frei ist.
- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund von Speicher-Anforderungen relative Häufigkeiten ermittelt werden zumindest für die Größe der angeforderten Speicherabschnitte, die Mindestfüllstände und Maximalfüllstände der Speicherpools (SP1 – SP3), dass diese dazu benutzt werden, um für die
- 10 Anzahl der Speicherpools (SP1 – SP3), die Größe der Speicherabschnitte, die Mindestfüllstände und Maximalfüllstände der Speicherpools (SP1 – SP3) Erwartungswerte zu ermitteln und dass diese Erwartungswerte gespeichert und bei einem Neustart zur Speicherverwaltung benutzt werden.
- 15 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei nicht mehr von einem Programmteil benötigten Speicherbereichen deren Größe ermittelt wird und diese Speicherbereiche in einen Speicherpool (SP1 – SP3) gleicher Größe eingefügt werden oder dass nicht mehr benötigte Speicherbereiche in eine Liste eingefügt werden und der Wartungsthread (WT) die Speicherbereiche dieser Liste als frei kennzeichnet.
- 20 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das absolute Minimum des Füllstandes eines Speicher-Pools (SP1 – SP3) während der Abarbeitung einer oder mehrerer Programmteile in Echtzeit gespeichert, anschließend vom Wartungsthread (WT) ausgelesen und bei der Überprüfung, ob der Mindestfüllstand (MinP) unterschritten wurde, als Füllstand berücksichtigt
- 25 wird.
- 30

FIG. 1

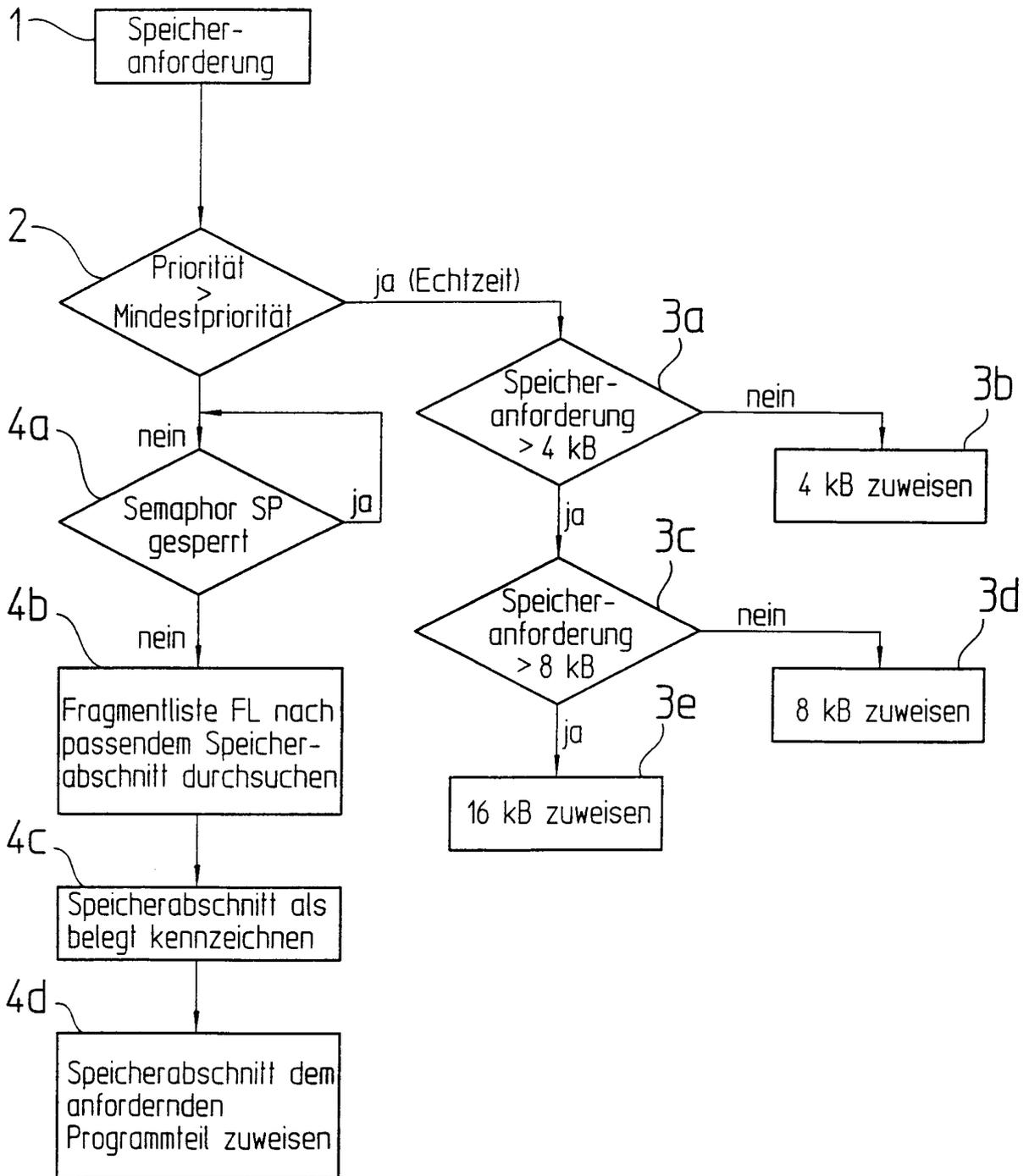
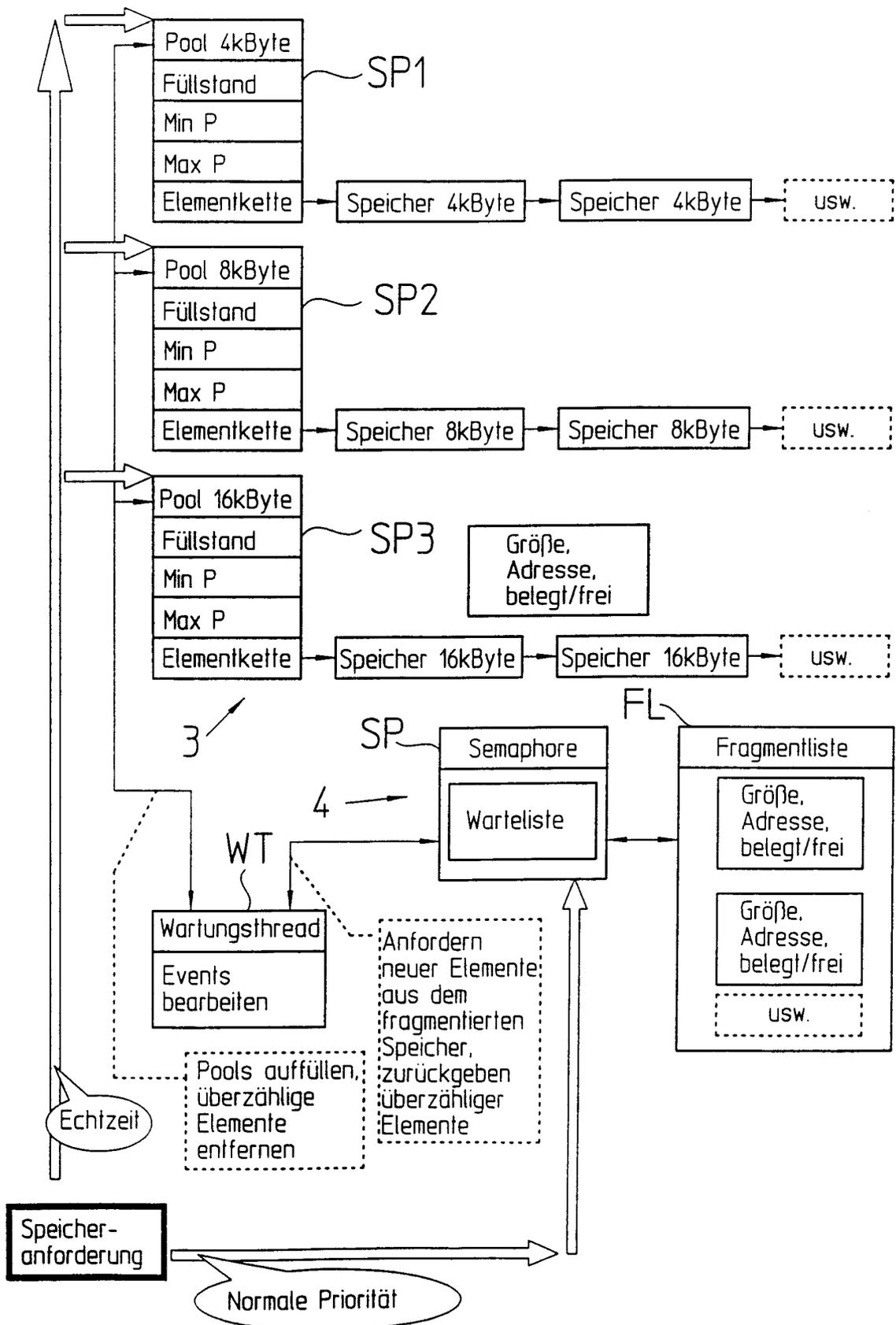


FIG. 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/10492

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G06F12/02 G06F9/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	WO 00 05652 A (SUN MICROSYSTEMS INC) 3 February 2000 (2000-02-03) page 6, line 5 -page 15, line 4 ---	1, 2, 4-9
A	EP 0 844 564 A (NORTHERN TELECOM LTD) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document ---	1-3, 12
A	US 5 367 637 A (WEI SHUANG N) 22 November 1994 (1994-11-22) cited in the application column 2, line 5 - line 29 ---	1-13
A	US 5 579 508 A (KANEKO SHIGENORI ET AL) 26 November 1996 (1996-11-26) column 2, line 5 - line 57 column 5, line 1 - line 33 ---	1-13
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 February 2001

Date of mailing of the international search report

27/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Nielsen, O

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. .ional Application No  
PCT/EP 00/10492

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 784 698 A (MENDELSON NOAH R ET AL) 21 July 1998 (1998-07-21) column 2, line 44 -column 3, line 6 column 6, line 31 -column 7, line 15 -----	1-13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/10492

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0005652	A	03-02-2000	NONE	
EP 0844564	A	27-05-1998	US 5950231 A	07-09-1999
US 5367637	A	22-11-1994	NONE	
US 5579508	A	26-11-1996	JP 1972606 C JP 6105440 B	27-09-1995 21-12-1994
US 5784698	A	21-07-1998	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. Nationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/10492

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 G06F12/02 G06F9/46

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	WO 00 05652 A (SUN MICROSYSTEMS INC) 3. Februar 2000 (2000-02-03) Seite 6, Zeile 5 - Seite 15, Zeile 4 ---	1, 2, 4-9
A	EP 0 844 564 A (NORTHERN TELECOM LTD) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument ---	1-3, 12
A	US 5 367 637 A (WEI SHUANG N) 22. November 1994 (1994-11-22) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 5 - Zeile 29 ---	1-13
A	US 5 579 508 A (KANEKO SHIGENORI ET AL) 26. November 1996 (1996-11-26) Spalte 2, Zeile 5 - Zeile 57 Spalte 5, Zeile 1 - Zeile 33 ---	1-13
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Februar 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/02/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Nielsen, O

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/10492

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 784 698 A (MENDELSONN NOAH R ET AL) 21. Juli 1998 (1998-07-21) Spalte 2, Zeile 44 -Spalte 3, Zeile 6 Spalte 6, Zeile 31 -Spalte 7, Zeile 15 -----	1-13

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/10492

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0005652	A	03-02-2000	KEINE	
EP 0844564	A	27-05-1998	US 5950231 A	07-09-1999
US 5367637	A	22-11-1994	KEINE	
US 5579508	A	26-11-1996	JP 1972606 C JP 6105440 B	27-09-1995 21-12-1994
US 5784698	A	21-07-1998	KEINE	