

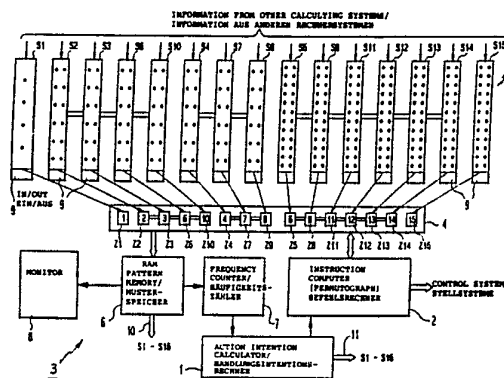
(51) Internationale Patentklassifikation 5 : G06F 15/80	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/11575 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. Oktober 1990 (04.10.90)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP90/00488 (22) Internationales Anmeldedatum: 27. März 1990 (27.03.90) (30) Prioritätsdaten: P 39 10 036.7 28. März 1989 (28.03.89) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: MITTERAUER, Bernhard [AT/AT]; Viehhausen 59, A-5071 Wals bei Salzburg (AT). (74) Anwalt: HAFT, BERNGRUBER, CZYBULKA; Hans- Sachs-Str. 5, Postfach 14 02 46, D-8000 München 5 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (euro- + päisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (euro- päisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäi- sches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäi- sches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäi- sches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäi- sches Patent), US.	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	

(54) Title: CALCULATING SYSTEM FOR SIMULATING THE CEREBRAL CORTEX

(54) Bezeichnung: RECHENSYSTEM ZUR SIMULATION DER GROSSHIRNRINDE

(57) Abstract

A relation calculator (3) for simulating the cerebral cortex of a biological brain has a tritocounter (4) consisting of several tritocells (Zi) each of which is associated with a tritogram (Ti). Each cell (Zi) is connected to a calculator group (Si) which has a number of calculator sites associated with the valency of the tritogram. When data are supplied to and calculated by a calculator group (Si), an activity switch (9) switches on this calculator group, which sends a signal to the associated tritocell (Zi). The tritograms of the tritocells (Zi) just activated are entered in a pattern memory (6) at given time-intervals. A frequency counter (7) counts the most frequently occurring tritogram patterns. These can be supplied to an action intention calculator (1) which modifies them, for example, to produce an action program. The organization of the relation calculator can also be used for a perception calculator (54) which also has a tritogrammically organized sensor system (51).



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Relationsrechner (3) zur Simulation der Großhirnrinde eines biologischen Gehirnes. Der Relationsrechner (3) weist einen Tritozähler (4) aus mehreren Tritozellen (Zi) auf, denen jeweils ein Tritogramm (Ti) zugeordnet ist. Jeder dieser Zellen (Zi) ist mit einer Rechnergruppe (Si) verbunden, die eine der Wertigkeit des Tritogramms zugeordnete Anzahl von Rechnerplätzen aufweist. Wenn einer Rechnergruppe (Si) Informationen geliefert und diese berechnet werden, so wird ein Aktivitätsschalter (9) dieser Rechnergruppe eingeschaltet, der ein Signal an die zugeordnete Tritozelle (Zi) liefert. In bestimmten Zeitintervallen werden die Tritogramme der gerade aktivierten Tritozellen (Zi) in einem Musterspeicher (6) abgelegt. In einem Häufigkeitszähler (7) werden die am häufigst auftretenden Tritogramm-Muster gezählt. Diese können einem Handlungsintensionsrechner (1) zur Modifikation etwaiger Handlungsprogramme zugeführt werden. Die Organisation des Relationsrechners kann auch für einen Perzeptionsrechner (54) mit einem ebenfalls tritogrammatisch organisierten Sensorsystem (51) verwendet werden.

BENENNUNGEN VON "DE"

Bis auf weiteres hat jede Benennung von "DE" in einer internationalen Anmeldung, deren internationaler Anmeldetag vor dem 3. Oktober 1990 liegt, Wirkung im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit Ausnahme des Gebietes der früheren DDR.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MR	Mauritanien
BB	Barbados	FR	Frankreich	MW	Malawi
BE	Belgien	GA	Gabon	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BJ	Benin	IT	Italien	SD	Sudan
BR	Brasilien	JP	Japan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CG	Kongo	LJ	Liechtenstein	TD	Tschad
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

-1-

Rechensystem zur Simulation der Großhirnrinde.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Rechensystem zur Simulation der Großhirnrinde mit der radialen Glia, d.h. einen Relationsrechner gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

In der DE-PS 34 29 078 des Anmelders ist ein Rechensystem zur Simulation der Formatio reticularis angegeben, mit dem z.B. ein Robotsystem bestimmte intendierte, durch Programme vorgegebene Handlungen mit einer Redundanz potentieller Befehlsausübung ausführt. Dies bedeutet, daß die intendierten Handlungen durch Rahmenprogramme vorgegeben sind, die jedoch durch eingehende, z.B. durch Umweltinformationen abgeleitete Daten neu bewertet und auch ausgetauscht werden können, wobei jedoch das Ziel der intendierten Handlung im Auge behalten wird. Wie der Weg bis zu diesem Ziel verläuft, wird durch die Struktur des gesamten Rechensystemes und durch die verwendete Logik systemintern bestimmt.

Ein wesentlicher Teil eines solchen Gesamtrechensystems ist der Relationsrechner. In diesen Relationsrechner werden die aus den Umweltinformationen errechneten Daten sowie die intendierten Handlungen eingegeben, wobei gleichzeitig Rückkopplungen aus dem Befehlsrechner vorliegen. In dem Relationsrechner werden diese Eingangsdaten entsprechend gewichtet und schließlich an den Befehlsrechner weitergegeben. Dieser Relationsrechner entspricht somit in einem Robotsystem der Großhirnrinde des biologischen Gehirnes; vgl. W.L. Kilmer et al. in International Journal of Man-Machine Studies, 1969, Band 1, Seiten 279 bis 309, insbesondere Figur 10 auf Seite 306 mit zugehöriger Beschreibung. Der Relationsrechner, welcher aus einer Vielzahl von klassischen Rechnern zur Verarbeitung diverser Umweltinformationen, deduktiver motorischer Programme sowie induktiver Planung besteht, ist in dem bisherigen Stand der Technik nur hinsichtlich der Funktion angegeben, nicht

-2-

jedoch hinsichtlich der Rechnerstruktur.

Pasko Rakic hat in Science, Band 241, 1988, Seiten 170 bis 176, eine experimentell fundierte Theorie über den Aufbau der Großhirnrinde vorgelegt. Die Großhirnrinde besteht hiernach aus einer Vielzahl (ontogenetischer) Säulen, in welchen sich jeweils eine bestimmte Zahl von Neuronen befindet. Der Aufbau dieser Säulen geht von einer Schicht glialer Zellen, der radialen Glia aus, die nicht mehr zur Großhirnrinde, sondern zur ventrikulären Zone gehörig ist. Jede in der Ventrikelschicht angeordnete Glia-Zelle ist über radiale Glia-Fasern mit einer Säule der Großhirnrinde verbunden, wobei eine ein-eindeutige Zuordnung zwischen den Glia-Zellen der Ventrikelzone und den Säulen der Großhirnrinde besteht. Der Aufbau eines bestimmten Großhirnrindenareals erfolgt unter der Führung der Glia-Zellen. Die für die einzelnen Säulen notwendigen Neuronen wandern entlang der radialen Glia-Fasern bzw. Fortsätze der Glia-Zellen zu den Säulen der Großhirnrinde und dort exakt zum entsprechenden Bestimmungsort innerhalb der Säule. Die endgültige Zahl derartiger Säulen eines jeden Areals kann durch afferente Information modifiziert werden. Die Zytoarchitektonik der Großhirnrinde wird, wie in der Praxis beobachtet, hierdurch in funktionsspezifische Areale aufgeteilt.

Es ist des weiteren festgestellt worden, daß die Großhirnrinde sich durch Zunahme der Anzahl von radialen Glia-Zellen vergrößert. Vor allem ist bemerkenswert, daß die Vergrößerung der Oberfläche der Großhirnrinde im Laufe der Evolution nicht mit einer wesentlichen Zunahme der Rindendicke einhergeht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diese aus der Biologie gewonnenen Erkenntnisse umzusetzen in eine Angabe

-3-

für eine Rechnerstruktur, mit der die Funktion der Großhirnrinde mit den daran teilnehmenden anderen Hirnteilen simuliert werden kann.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Demgemäß entsprechen den Säulen der Großhirnrinde Rechnergruppen und den glialen Zellen der Schicht der Ventrikel Zellen eines Tritozählers, denen jeweils ein bestimmtes Tritogramm zugeordnet ist. Die Zellen innerhalb eines Tritozählers sind kenogrammatisch organisiert und entsprechend ihrer Deuteroäquivalenz angeordnet. Hinsichtlich der Kenogrammatik, der Tritogramme und der Deuteroäquivalenz vgl. die DE-OS 37 07 998, G.G. Thomas, Introduction to Kenogrammatics, Proceedings of the 13th Winter School on Abstract Analysis Section of Topology, Serie II, Nr. 11, 1985, und G. Günther, Logik, Zeitemanation und Evolution, Geisteswissenschaftliche Hefte 136, Obladen, Westdeutscher Verlag 1967, Seiten 7 bis 47.

Den kenogrammatisch organisierten und deuterographisch geordneten Zellen eines Tritozählers sind somit ein-eindeutig ebenfalls in Gruppen geordnete Rechnergruppen zugeordnet. Entsprechend der Deuteroäquivalenz der Tritogramme ergibt sich eine qualitative Funktionsäquivalenz der jeweils zusammengehörigen Bausteine.

Die einzelnen Rechnergruppen erhalten jeweils gruppenspezifische Daten, so z.B. die Daten eines Perzeptionsrechners, der visuelle oder taktile Umweltinformationen liefert, die Daten eines Handlungsintensionsrechners, der auszuführende

-4-

Programme liefert, oder Rückmeldedaten etwa von einem Befehlsrechner etc. Wird in einer bestimmten Rechnergruppe des Relationsrechners gerechnet, wobei es irrelevant ist, wieviele einzelne Rechner aktiv sind, so wird ein der Rechnergruppe zugeordneter Aktivitätsschalter eingeschaltet, der über eine Leitung an die zugehörige Tritozelle lediglich die Information liefert, z.B. die Information EIN, daß in der zugehörigen Rechnergruppe gerechnet wird. Die Zellen der jeweils eingeschalteten Tritozähler werden in bestimmten Zeitabständen abgefragt, wobei dann jeweils das Tritogramm der eingeschalteten Zellen als sogenanntes qualitatives Muster an einen Speicher, z.B. einen RAM-Baustein weitergeleitet wird. Die qualitativen Muster der augenblicklichen Rechengvorgänge werden hierdurch laufend im Relationsrechner gespeichert, wobei das augenblickliche Qualitätsmuster jederzeit z.B. über einen Monitor einem Beobachter zugänglich gemacht werden kann. Da die Tritogramme Wertqualitäten entsprechen, diese Wertqualitäten auch dem Handlungsintensionsprogramm zugrundeliegen, kann durch einen Vergleich der beiden Qualitäts- bzw. Programm-Muster festgestellt werden, ob das Handlungsprogramm z.B. nach einer bestimmten Umwelterfahrung, die sich in einem neuen Qualitätsmuster der Tritogramme äußert, umgestellt werden muß, um das angestrebte Ziel zu erreichen.

Die dargelegte Rechnerstruktur bzw. Rechnerarchitektur ist eine Simulation des Zusammenwirkens glialer Gehirnstrukturen mit neuronalen Gehirnstrukturen. Es handelt sich daher nicht nur um einen sogenannten neuronalen Rechner, sondern um ein glia-neuronales Rechnersystem. Die Struktur dieses Rechnersystems nach der Kenogrammatik zeigt auch bei einer Zunahme der Tritozellen im Laufe einer Rechnerfortentwicklung eine entsprechende Vergrößerung der Anzahl der zugeordneten Rechnergruppen, ohne daß die Ausdehnung der einzelnen Rechnergruppen wesentlich größer wird, was der im

-5-

Laufe der Evolution beobachteten Tatsache entspricht, daß bei einer Vergrößerung der Gehirnkapazität die Rindendicke nicht wesentlich ansteigt.

Der Grundaufbau des Relationsrechners ist auch übertragbar auf Untersysteme des Rechners. Insbesondere kann für eine Simulation angenommen werden, daß die für den Relationsrechner notwendigen Perzeptionsrechner, die Umweltinformationen anhand der Signale von Sensoren liefern, jeweils nach dem gleichen Bauprinzip aufgebaut, d.h. isomorph sind. Dies bedeutet, daß der Relationsrechner ebenso als Perzeptionsrechner mit einem Sensorsystem organisiert werden kann. Das Sensorsystem besteht dann aus einzelnen Sensoreinheiten, die jeweils einem Tritogramm zugeordnet sind und eine den Symbolen bzw. Kenoogrammen des zugeordneten Tritogrammes entsprechende Anzahl von Einzelsensoren aufweisen. Diese Sensoreinheiten werden, ähnlich wie die erwähnten, den Säulen in der Hirnrinde entsprechenden Rechnergruppen, in deutero-äquivalenten Sensorgruppen zusammengefaßt. Die Wertbesetzungen der einzelnen Tritogramme, denen bei den obigen Rechnergruppen jeweils eine bestimmte Anzahl von Einzelrechnern entsprach, wird bei dem Sensorsystem als Code für einen entsprechenden Sensor verwendet. Die möglichen und zulässigen Werte der einzelnen Plätze innerhalb eines Tritogrammes entsprechen dann einer bestimmten Informationsqualität, z.B. bei einem Berührungs-Sensorsystem einer zunehmenden Berührungsintensität. Wird der Anschaulichkeit halber mit einem vierwertigen Rechnersystem gearbeitet, so gibt es, wie bei den Rechnergruppen, 256 verschiedene, allen Tritogrammen zugeordnete Wertbesetzungen. Diese sensor-spezifische Information bleibt auf dem Weg zu den Rechnern im Perzeptionsrechner erhalten, da diese ebenfalls säulenartig tritogrammatisch organisiert sind. Die Leitungen von den einzelnen Sensoren zu den entsprechenden

-6-

Rechnern im Perzeptionsrechner sind sozusagen nach qualitativen Kriterien gelegt, entsprechend der Entdeckung in der Hirnforschung von sogenannten etikettierten Leitungen (labeled lines): Demnach kennzeichnet der Informationspfad, längs dem ein Impulszug zu dem Gehirn gelangt, gleichzeitig gewisse Qualitäten der Sinnesreizung. Zusätzlich wird durch diese Kennung auch eine Dekodierung gewisser Sinnesqualitäten möglich: vgl. etwa G. Werner: Static and dynamic components of object representations in the central nervous system, in: Architectonics of the Cerebral Cortex, Raven Press, New York, 1978, Seiten 335 bis 356, insbesondere Seite 336. Eine derartige Weiterleitung der Informationsqualität ist aufgrund der trito- und kenogrammatischen Ordnung des Rechnersystems einschließlich des Sensorsystems möglich. Die Unterteilung des Sensorsystems in deutero-äquivalente Gruppen entspricht somit einer Unterteilung in unterschiedliche Informationsqualitäten, welche zwar durch Sinnesreize ausgelöst, jedoch von Spezialrechnern im Perzeptionsrechner errechnet werden. Dies entspricht der erforschten Tatsache, daß für bestimmte Wahrnehmungseigenschaften in der Hirnrinde spezielle Neuronen vorgesehen sind, die entsprechende Merkmale errechnen. Ebenso gibt es dann im Relationsrechner spezielle Rechnersysteme, welche derartige Aufgaben lösen.

Die Erfindung ist in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1 eine schematische teilweise perspektivische Darstellung eines Teiles einer Großhirnrinde sowie damit zusammenhängender Glia-Zellen in der Ventrikelzone im biologischen Gehirn (nach P. Rakic);

-7-

- Fig. 2 ein Blockschaltdiagramm eines einen Handlungsintensionsrechner, einen Befehlsrechner sowie einen Relationsrechner gemäß der Erfindung enthaltenden Rechensystem;
- Fig. 3 ein Schaubild der Verbindung zwischen einem Teil des Relationsrechners gemäß der Erfindung und dem schematisch als Permutographen dargestellten Befehlsrechner des Rechensystems gemäß Fig. 2;
- Fig. 4 ein Schaubild zur Erläuterung der Entwicklung einer Tritostruktur, die der Rechnerarchitektur eines Relationsrechners gemäß der Erfindung zugrunde liegt;
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Sensorsystems eines entsprechend dem Relationsrechner organisierten Perzeptionsrechners;
- Fig. 6 eine tritogrammatisch geordnete Rechnergruppe des Perzeptionsrechners;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Permutographenrechners als Mustererkennungsrechner in dem Perzeptionsrechner und
- Fig. 8 ein Diagramm eines Wahrnehmungsvorganges als Mustererkennung mit einem nach Art des Relationsrechners organisierten Perzeptionsrechner.
- Fig. 1 stellt schematisch einige Glia-Zellen GC in der ventrikulären Zone VZ dar, die über radial verlaufende Glia-Fasern RG mit Säulen C im Bereich der Hirnrinde CP verbunden sind. Während der Entwicklung des Gehirns wandern Neuronen längs der als Führungen dienenden Glia-

-8-

Fasern RG, sogenannte wandernde Neuronen MN (migrating neurons) in Richtung auf die zugeordneten Säulen C, wandern dort an bereits abgelagerten Neuronen im Bereich zwischen E40 und E100 vorbei und werden dann in Richtung auf den Randbereich MZ abgelagert. Somit ist jeder Glia-Zelle GC eine bestimmte Säule C zugeordnet. Die Neuronen in den Säulen C erhalten Informationen über Verbindungen zum Zwischenhirn TR und über Verbindungen zu anderen Bereichen der Hirnrinde CC. Die Darstellung und Erläuterung dieser Figur ist dem oben genannten Aufsatz von P. Rakic entlehnt.

Um aus dieser Struktur das in Fig. 2 gezeigte Rechensystem zu entwickeln, wird davon ausgegangen, daß die Glia-Zellen kenogrammatisch organisiert sind und jeder Glia-Zelle ein bestimmtes Tritogramm entspricht. Das zugrundeliegende Gesetz der Kenogrammatik ist ein Gesetz des qualitativen Zählens. In der Tabelle 1 sind 15 Tritogramme für $n=4$ unterschiedliche Symbole aufgelistet, wobei die nicht in Klammern geschriebenen Ziffern lediglich die Bedeutung der Symbole haben, während die in Klammern geschriebenen Ziffern natürliche Zahlen bedeuten. Bei vier Symbolen spricht man hierbei von qualitativem Zählen bis 4.

Tabelle 1: ($n=4$) Qualitatives Zählen bis 4:

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)

In der folgenden Tabelle 2 ist für die Anzahl von jeweils n Symbolen die Anzahl der möglichen Tritogramme aufgeführt.

führt, wobei diese Anzahl der Folge der Bell-Zahlen $B(n)$ entspricht.

Tabelle 2: Folge der Tritogramme (Bell-Zahlen, $B(n)$)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B(n)$	1	2	5	15	52	203	877	4140	21147	115975

Für das einfachere Verständnis soll im folgenden lediglich mit vier Symbolen gearbeitet werden, d.h. mit entsprechend 15 Tritogrammen gemäß Tabelle 1. Diese 15 Tritogramme können entsprechend der Symbolstellung mit Werten besetzt werden. Die Berechnung der Wertbesetzung erfolgt nach der Formel $n!/(n-r)!$, wobei r die Anzahl der verschiedenen Kenogramme auf den n Plätzen bedeutet. Die Tritogramme fassen die Vielzahl möglicher Wertbesetzungen qualitativ kenogrammatistisch zusammen. Tritogramme zählen daher nicht die Anzahl von ihnen entsprechenden Wertmengen, sondern Wertqualitäten. Das in der Tabelle 1 in der ersten Spalte gezeigte Tritogramm T1: 1 1 1 1 bedeutet, daß an allen Plätzen der möglichen Wertbesetzungen jeweils gleiche Werte stehen, bei $n=4$ demnach einer der Werte 1 bis 4. Die möglichen Wertbesetzungen sind dann (1) (1) (1) (1), (2) (2) (2) (2), (3) (3) (3) (3) und (4) (4) (4) (4). Das in der zweiten Spalte der Tabelle 1 aufgeführte Tritogramm T2: 1 1 1 2 bedeutet demnach bei vier Werten jeweils eine Folge von drei gleichen Werten und einem davon verschiedenen Wert. Dementsprechend lassen sich 12 verschiedene Wertbesetzungen aufstellen, angefangen von (1) (1) (1) (2), (1) (1) (1) (3), bis schließlich (4) (4) (4) (3), demnach insgesamt 12 Wertbesetzungen. Auf ähnliche Weise können die Wertbesetzungen und deren Anzahl für alle in Tabelle 1 aufgeführten Tritogramme T1 bis T15 bestimmt werden. 12 Wertbesetzungen haben noch die Tritogramme T3, T4,

-10-

T6, T7, T9 und T10, während die übrigen Tritogramme T5, T8 sowie T11 bis T15 jeweils 24 Wertbesetzungen haben. Für $n=4$ Symbole gibt es demnach 256 Wertbesetzungen.

Für die Darstellung gemäß Fig. 1 bedeutet diese Erläuterung, daß jeweils der Säule, die einer bestimmten Glia-Zelle zugeordnet ist, eine Anzahl von Neuronen zugeordnet wird, die gleich der Anzahl der Wertbesetzungen ist, die dem Tritogramm der jeweiligen Glia-Zelle entspricht.

Wie oben erläutert, können Tritogramme jeweils zu Kenographen zusammengefügt werden, wobei die Struktur des Kenographen von der Deuteroäquivalenz der Tritogramme bestimmt wird. Jedes Tritogramm läßt sich als Deuterogramm darstellen, wobei für diese Darstellung nur die Verteilung der unterschiedlichen Symbole relevant ist. Wie in Tabelle 3 dargestellt, gibt es im Falle von 15 Tritogrammen mit $n=4$ hier jeweils wiederum nur durch Ziffern dargestellten Symbolen fünf verschiedene Deuterogramme D1 bis D5, wobei D1 und D5 nur je einmal, D2 viermal, D3 dreimal und D4 sechsmal auftreten.

TABELLE 3

Standard-tritograms	Standard-deuterograms
1 1 1 1 T 1	1 1 1 1 D1
1 1 1 2 T 2	1 1 1 2 D2
1 1 2 1 T 3	1 1 1 2 D2
1 1 2 2 T 4	1 1 2 2 D3
1 1 2 3 T 5	1 1 2 3 D4
1 2 1 1 T 6	1 1 1 2 D2
1 2 1 2 T 7	1 1 2 2 D3
1 2 1 3 T 8	1 1 2 3 D4
1 2 2 1 T 9	1 1 2 2 D3
1 2 2 2 T10	1 1 1 2 D2
1 2 2 3 T11	1 1 2 3 D4
1 2 3 1 T12	1 1 2 3 D4
1 2 3 2 T13	1 1 2 3 D4
1 2 3 3 T14	1 1 2 3 D4
1 2 3 4 T15	1 2 3 4 D5

-11-

Demnach können 15 Tritogramme in ihrer deuteroäquivalenten Struktur jeweils als zusammenhängende Kenographen darstellen, wie dieses bereits in der oben genannten DE-OS 37 07 998 erläutert ist. Entsprechend Tabelle 3 können dann die Tritogramme T2, T3, T6 und T10, ferner T4, T7, T9 sowie T5, T8, T11, T12, T13, T14 jeweils gruppenartig zusammengefaßt werden, wohingegen die Tritogramme T1 und T15 solitär bleiben. Diese Gruppenzusammenfassung kann als qualitative Funktionsäquivalenz aufgefaßt werden.

Diese Überlegungen werden nun auf das Rechensystem gemäß Fig. 2 angewandt. Dieses Rechensystem weist einen Handlungsintensionsrechner 1, einen als Permutographen aufgebauten Befehlsrechner 2 sowie einen Relationsrechner 3 auf, deren Funktion in der DE-PS 34 29 078 erläutert ist, auf die Bezug genommen wird.

Der hier in Rede stehende Relationsrechner 3 weist einen Tritozähler 4 mit fünfzehn Zellen Z1 bis Z15 auf, als Säulen S1 bis S15 dargestellte Rechnergruppen 5, in denen jeweils ein Rechnerplatz durch einen kleinen Kreis dargestellt ist, einen mit dem Tritozähler 4 verbundenen Musterspeicher 6, einen mit diesem verbundenen Häufigkeitszähler 7 sowie einen mit dem Musterspeicher verbundenen Monitor 8.

Jeder Zelle Z1 bis Z15 des Tritozählers ist ein Tritogramm zugeordnet, wobei die Zellen mit deuteroäquivalenten Tritogrammen benachbart angeordnet sind, was durch die Doppelstriche angedeutet ist. Man sieht, daß die Zellen Z1 und Z15 mit den hier nur eckigen Kästen angedeuteten Tritogrammen T1 und T15 singulär und die übrigen Zellen entsprechend der obigen Tabelle 3 geordnet sind. So bilden die Zellen Z2, Z3, Z6 und Z10 eine Gruppe, ebenso die Zellen Z4, Z7 und Z9 sowie die Zellen Z5, Z8, Z11, Z12, Z13 und Z14. Der Tritozähler 4 ist demnach ein technisches

Äquivalent zu der Anordnung der Glia-Zellen GC in Fig. 1. Der Tritozähler ist eine Zählvorrichtung auf der Basis von Tritogrammen, wobei Tritogramme wiederum eine bestimmte Wertquantität auf eine entsprechende Wertqualität zählen bzw. reduzieren.

Jeder Zelle Zi des Tritozählers 4 mit ihrem Tritogramm ist genau eine Rechnergruppe Si zugeordnet, die entsprechend der oben erläuterten Wertbesetzung jeweils eine dem Tritogramm der Zelle entsprechende Anzahl von Rechnerplätzen aufweist. Dementsprechend hat die Rechnergruppe S1 vier Rechnerplätze, die Rechnergruppen S2, S3, S6, S10, S4, S7 und S9 haben jeweils zwölf Rechnerplätze, während die übrigen Rechnergruppen S5, S8 sowie S11 bis S15 jeweils vierundzwanzig Rechnerplätze aufweisen. Diese Rechnerplätze stehen jeweils qualitätsgleichen klassischen Rechnern zur Verfügung, die entsprechend ihren Aufgaben von anderen Rechensystemen gelieferte Daten und Informationen behandeln, wie weiter unten erläutert.

Durch die eindeutige Zuordnung zwischen den Zellen Zi und den Rechnergruppen Si entstehen innerhalb eines durch eine Vielzahl von aneinanderliegenden Säulen gebildeten Säulenraumes Teilräume aus bestimmten Säulen, die qualitativ zusammengehören. Auch diese Zusammengehörigkeit ist durch Doppelstriche angedeutet. Diese Zusammengehörigkeit entspricht einer aufgabenspezifischen Unterteilung der Rechnerfunktion entsprechend einer bestimmten aufgabenspezifischen Unterteilung innerhalb eines Großhirnrindenareals.

Die in einer Rechnergruppe Si zur Verfügung stehenden Rechnerplätze müssen nicht alle mit einem Rechner besetzt sein, da die Installierung der erforderlichen Rechnerkapazität abhängig von den jeweiligen Aufgaben ist, die der Relationsrechner zu erfüllen hat. Es können sogar bereits installierte Rechner wieder außer Betrieb genommen werden,

-13-

was dem tatsächlich beobachteten biologischen Untergang von Neuronen in der Großhirnrinde entsprechen würde.

Wird in einer bestimmten Rechnergruppe S_i des Relationsrechners 3 gerechnet, so wird ein mit dieser Rechnergruppe verbundener Aktivitätsschalter 9 eingeschaltet, der ein Signal an die jeweilig zugeordnete Zelle Z_i in dem Tritozähler 4 liefert. In bestimmten, z.B. durch einen Taktgeber vorgegebenen Zeitintervallen werden die Tritogramme derjenigen Zellen Z_i ausgelesen, die jeweils ein EIN-Signal von einem Aktivitätsschalter erhalten, und in dem Musterspeicher 6, z.B. einem RAM-Baustein, abgespeichert. Dieses abgespeicherte Muster kann jederzeit über den Monitor 8 zugänglich gemacht werden.

Die in dem Musterspeicher 6 abgespeicherten Tritogramm-Muster werden über Leitungen 10 den Rechnergruppen S_1 bis S_{15} gemeldet. Eine solche Leitung 10 ist z.B. eine Feed-Forward-Leitung, d.h. sie übermittelt Daten, wenn eine bestimmte Umweltinformation auf ein zur Zeit im Rechnersystem bestehendes Qualitätsmuster trifft, entspricht also einer Bestätigung im Sinne einer Emotion, oder sie ist eine Feedback-Leitung, die lediglich zum Rückmelden des Qualitätsmusters dient. Für eine Simulation von Rechenprozessen im Gehirn ist im wesentlichen nur die Feed-Forward-Leitung notwendig.

Außerdem werden die jeweilig auftretenden Tritogramm-Muster gezählt und die am häufigst auftretenden Muster in dem Häufigkeitszähler 7 abgelegt und dem Handlungsintensionsrechner 1 übermittelt. Der Handlungsintensionsrechner 1 kann dann aus diesen Mustern, die ja aus einem intendierten Handlungsprogramm resultieren, gegebenenfalls sein Programm modifizieren. Modifikationen werden über Leitungen 11 direkt den Rechnergruppen S_1 bis S_{15} oder dem Befehlsrechner 2 mitgeteilt.

Grundsätzlich kann jedes beliebige Rechnersystem nach der Architektur des Relationsrechners aufgebaut werden. Im folgenden soll der spezielle Fall eines Robotsystems nach dem Modell der DE-PS 34 29 078 dargelegt werden.

Entsprechend der architektonischen Anordnung gemäß der Deuteroäquivalenz sind die Rechnergruppen S1 bis S15 mit Rechnern besetzt, welche qualitativ klar unterschiedliche Rechenaufgaben zu leisten haben. In Fig. 3 werden nach dem Vorbild der biologischen Großhirnrinde die wesentlichen Rechenbereiche eines Relationsrechners für ein Robotsystem angegeben:

In der Rechnergruppe S1 werden im Sinne der Aufmerksamkeit bzw. Notfallsituationen die bei der Umweltbeobachtung abgetasteten Funktionen des Robotsystems berechnet.

Die Rechnergruppen S2, S3, S6 und S10 verrechnen die Umweltinformationen in bezug auf die Sensorik, z.B. hinsichtlich Sehen, Hören, Berühren und Riechen.

Die Rechnergruppen S4, S7 und S9 berechnen als Deduktionsrechner die Deduktion fixer Programme zur Ausführung motorischer Abläufe nach verschiedenen, in diesem Falle drei Programmen.

In den Rechnergruppen S5, S8, S11, S12, S13 und S14 befinden sich lernfähige, d.h. induktive Rechner zum Errechnen von Planungs- und Wichtungsprogrammen nach Plänen 1 bis 6. In diesen Rechnergruppen werden auch die von der Sensorik wahrgenommenen Daten mit den handlungsintendierten Plänen verrechnet.

In der Rechnergruppe S15 sind Rechner vorgesehen, die die Gebots- und Verbotslogik des Robotsystems festlegen.

-15-

In der genannten DE-OS 37 07 998 wurde gezeigt, wie Tritogramme in Permutationen bzw. Permutationen in Tritogramme umgewandelt werden können. Hierbei ist die Umwandlung von Permutationen in Tritogramme eindeutig, wohingegen die umgekehrte Wandlung auch mehrdeutig sein kann, d.h. daß einem Tritogramm mehrere Permutationen zugeordnet sind. Diese Zuordnung bedingt auch die funktionale Verbindung zwischen Relationsrechner und dem als Permutograph ausgebildeten Befehlsrechner, wie dieses in Fig. 3 gezeigt ist. Dort ist der Befehlsrechner aus 24 jeweils als Kreise dargestellten Knoten 1 bis 24 dargestellt, die untereinander nach einem ganz bestimmten Schema verbunden sind, vgl. hierzu die genannte Offenlegungsschrift. Mit den Zellen Z1 bis Z15 des Tritozählers 4 sind nun jeweils Wandler 12 verbunden, die die in den Zellen vorliegenden Tritogramme in Permutationen umwandeln. Je nachdem, welche Permutation hierbei errechnet wird, wird eine Verbindung zu dem dieser Permutation zugeordneten Knoten hergestellt. Die Umwandlung des Tritogramms T15 der Zelle Z15 führt z.B. zu der Permutation 1 2 3 4, die dem Knotenrechner 1 zugeordnet ist. Eine solche eindeutige Wandlung von Tritogramme in Permutationen trifft auch auf die Zellen Z4, Z7, Z9, Z5, Z8, Z11, Z12, Z13 und Z14 zu, so daß die zugehörigen Zellen des Tritozählers mit den entsprechenden Knoten 8, 17, 24, 7, 15, 3, 22, 6 und 2 des Befehlsrechners 2 verbunden werden.

Die Tritogramme der Zellen Z2 und Z3 führen jeweils auf zwei Permutationen, die den Knotenrechnern 13 und 9 bzw. 20 und 12 zugeordnet sind.

Schließlich kann das Tritogramm der Zelle Z1 in sechs Permutationen umgewandelt werden, die den Knotenrechnern 23, 19, 18, 14, 11 bzw. 10 zugeordnet sind. Die Zelle Z1 ist demnach mit den sechs entsprechenden Knotenrechnern verbunden.

-16-

Die Zellen des Tritozählers 4, von denen Leitungen zu zwei oder mehreren Knotenrechnern des Befehlsrechners führen, sind demnach Rechnern innerhalb der Rechnergruppen S1 bis S15 zugeordnet, die in erster Linie die aktuelle Umweltinformation bearbeiten und die Sicherheit des Robotsystems in seinem Arbeitsfeld garantieren sollen. Der mit der Rechnergruppe S1 verbundenen Zelle Z1 ist sogar sechs Leitungen zu sechs verschiedenen Knotenrechnern zugeordnet. Da es in dieser Rechnergruppe um die aktuelle Umweltbeobachtung geht, muß der Befehlsrechner redundant, d.h. gegebenenfalls über mehrere Knotenrechner über etwaige Notfälle informiert werden können. Die Rechnergruppe S1 ist sozusagen eine "Notfallssäule", welche ihre Information direkt von den Computern der Umweltsensoren erhält.

Ebenfalls aus Gründen der Sicherheit sind die Rechnergruppen S2, S3, S6 und S10, die sensorische Detail-Berechnungen ausführen, mehreren Knotenrechnern im Befehlsrechner 2 zugeordnet.

Für die Ausführung motorischer Programme, für die Langzeitplanung und algorithmische Codierung genügt jeweils die Zuordnung zu einem Knotenrechner innerhalb des Befehlsrechners.

Die technische Realisierung des Relationsrechners erfolgte nach dem Vorbild der biologischen Großhirnrinde unter Einbeziehung der Kenogrammatik mitsamt der Tritogramme. Die Einbeziehung der Kenogrammatik hat noch eine überraschende Folge. Wie oben erwähnt, wächst bei der Entwicklung des Gehirnes im wesentlichen nur die Fläche der Großhirnrinde und der zugehörigen Teile, nicht jedoch deren Dicke. In Fig. 4 ist der formell-strukturelle Aufbau von Tritogrammen, eine sogenannte Tritostruktur gezeigt, die sich aus dem Tritogrammsymbol 1 entwickelt (nach G.Günther, aa0,

Seite 24). Wie bereits aus Tabelle 2 ersichtlich, erhöht sich bei einer Steigerung der Anzahl der Symbole n die Anzahl der Tritogramme entsprechend der Folge der Bell-Zahlen, d.h. daß der Aufbau der Tritogramme in horizontaler Richtung ungleich stärker anwächst als in vertikaler Richtung. Bei drei verschiedenen, in dem Diagramm der Fig. 4 als Ziffern verwendeten Symbolen weist die horizontale Reihe bereits zwei Tritogramme mehr als die Anzahl der Symbole auf, bei vier verschiedenen Symbolen sind es 15 Tritogramme, bei in der Figur noch gezeigten 5 Symbolen entsprechend 52 Tritogramme. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, klappt das Verhältnis von tritogrammatiscnem Symbolzuwachs und vollständiger Strukturierung rasch auseinander. Dies entspricht jedoch gerade der im Laufe der Evolution gemachten Beobachtung der Vergrößerung der Hirnrinde.

In Fig. 5 ist schematisch ein Sensorsystem 51 zur Simulation der taktilen, d.h. auf Berührung ansprechenden Sensorik dargestellt. Der Anschaulichkeit halber wird wiederum von einem vierwertigen Rechnersystem ausgegangen. Wie oben ausgeführt, sind bei einem solchen Rechnersystem 15 Tritogramme möglich. Entsprechend diesen 15 Tritogrammen werden 15 Sensoreinheiten Se_1 bis Se_{15} vorgesehen, die jeweils entsprechend der Anzahl der Symbole in jedem Tritogramm vier Einzelsensoren 52 aufweisen. Die Sensoreinheiten Se_1 bis Se_{15} sind entsprechend der Deutero-Äquivalenz, wie oben zu den Rechnergruppen S_1 bis S_{15} ausgeführt, zu Sensorgruppen G_1 , G_2 , G_3 , G_4 und G_5 zusammengefaßt, so daß die Gruppe G_1 eine Sensoreinheit Se_1 , die Gruppe G_2 vier Sensoreinheiten, die Gruppe G_3 drei Sensoreinheiten, die Gruppe G_4 sechs Sensoreinheiten und die Gruppe G_5 wiederum nur eine Sensoreinheit aufweisen. Wie aus dieser Figur ersichtlich, entspricht

-18-

jeder Sensor einem Platz in einem zugeordneten Tritogramm. Während die 15 säulenförmigen Rechnergruppen des oben beschriebenen Relationsrechners nach der jeweiligen Anzahl der Standardwertebesetzungen der Tritogramme aufgebaut wurden, wird bei dem isotopen Sensorsystem das exakte Wertebesetzungsmuster als Code für den entsprechenden Sensor ausgenutzt. Die Werte 1 bis 4 entsprechen bei der taktilen Sensorik einer zunehmenden Berührungsintensität einer bestimmten Berührungsqualität, z.B. Druck, Frequenz etc. Es gibt somit auf dem gesamten Sensorsystem bei der angenommenen Wertigkeit 4 für jede Wertbesetzung aus den 256 Möglichkeiten einen exakt passenden Einzelsensor. Die Ausgangssignale der Einzelsensoren werden über Leitungen 53, die ebenfalls gruppenförmig entsprechend den Sensorgruppen G1 bis G5 zusammengefaßt sind, einem Perzeptionsrechner 54 zugeführt, der wie der oben beschriebene Relationsrechner organisiert ist. Demnach umfaßt die Recheneinheit des Perzeptionsrechners 54 gemäß Fig. 6 wiederum 15 Rechnergruppen S1 bis S15, die mit Einzelrechnern belegt und untereinander entsprechend der Deutero-Äquivalenz so geordnet sind, daß sich, wie oben in den Fig. 2 und 3 zum Relationsrechner erläutert, fünf Säulengruppen S1, S2 - S3 - S6 - S10, S4 - S7 - S9, S5 - S8 - S11 - S12 - S13 - S14 und S15 ergeben. Diese fünf Säulengruppen werden fünf Wahrnehmungsqualitäten zugeordnet, welche von speziellen Rechnern berechnet werden:

Die lediglich einer Rechnergruppe umfassende erste Säule S1 ist ein An/Aus-Schaltungsmodul 61, in dem die zeitliche Informationseinwirkung auf das gesamte Sensorsystem im Sinne der Dauer eines Berührungsreizes registriert wird.

Die zweite Säulengruppe (S2 - S3 - S6 - S10) bildet einen Logikrechner 62. Für die technische Ausstattung dieser

-19-

vier Rechnergruppen eignet sich das in der nicht veröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 39 33 649.2 angegebene Rechnersystem (Stufenpyramiden-Rechnersystem), so daß in jeder Säule zumindest ein Stufenpyramiden-Rechner untergebracht ist. Je zwei Stufenpyramiden-Rechner vergleichen Plätze und Wertbesetzung und errechnen daraus die logischen Funktionen. Selbstverständlich können in dieser Säulengruppe 62 auch herkömmliche Rechner installiert werden.

Die dritte Säulengruppe (S4 - S7 - S9) bildet einen Intensitäts- bzw. Frequenzdekodierer 63. Jede der drei Säulen S4, S7 bzw. S9 hat vier, den vier Einzelsensoren entsprechende Plätze, für welche jeweils drei Codierungen, d.h. Standardwertebesetzungen der Tritogramme möglich sind. Dabei führen zu jeweils zwei benachbarten Plätzen einer Säule zwei Leitungen, welchen zwei unterschiedliche Frequenzbereiche aus dem jeweiligen Sensor entsprechen. Durch die Vergleichsmöglichkeit von Frequenzbereichen mittels eines Komparators (siehe auch Fig. 8), kann der Perzeptionsrechner Berührungsfrequenzen unterscheiden. Die Häufigkeitsverteilung des Auftretens eines bestimmten Frequenzbereiches wird durch einen Frequenzbereichszähler registriert und für weitere Komparationen in einem Speicher bereitgestellt.

Die Säulengruppe (S5- S8 - S11 - S12 - S13 - S14) bildet einen Mustererkennungsrechner (64), der näher in Fig.7 dargestellt ist. Die Säulengruppen S5, S8, S11, S12, S13 und S14 des Perzeptionsrechners werden als vierwertiger Permutographenrechner 65 mit 24 Knotenrechnern K1 bis K24 vernetzt. Dabei entspricht jedem Einzelsensor 52 des isotopen Sensorsystems 51 ein Knoten K im Permutographenrechner 65. Die in Fig. 5 angedeutete Numerierung der 24 Codierungseinheiten der Säulen S5, S8, S11, S12, S13 und S14 entspricht den 24 Permutationsadressen des Befehlsrechners, die aus den Tritogrammen entwickelt

-20-

werden, die den einzelnen Sensoreinheiten Se5, Se8, Se11, Se12, Se13 und Se14 zugeordnet sind: Für die Sensoreinheit Se5 lautet das zugeordnete Tritogramm T5 (1 1 2 3, siehe oben), d.h. es ist zusammengesetzt aus zunächst zwei gleichen kenogrammatistischen Symbolen und anschließend zwei unterschiedlichen kenogrammatistischen Symbolen. Da jedes kenogrammatistische Symbol bei der Umwandlung in eine Permutation als ein Zahlenwert zwischen 1 und 4 erscheinen kann, ergeben sich somit 24 mögliche Permutationen, die jeweils in Blöcken zu sechs geordnet sind, nämlich: 1 1 2 3, 1 1 2 4, 1 1 3 2, 1 1 3 4, 1 1 4 2 und 1 1 4 3 als erste Sechsergruppe, 2 2 1 3, 2 2 1 4, ... bis 2 2 4 3 als zweite Sechsergruppe, 3 3 1 2 bis 3 3 4 3 als dritte Sechsergruppe und 4 4 1 2 bis 4 4 3 2 als vierte Sechsergruppe. Dieser jeweils sechs Standardwertebesetzung können jeweils einem Einzelsensor 52 in der Sensorgruppe Se5 als Standardwertebesetzungen zugeordnet werden. In gleicher Weise werden die Codierungen bzw. Permutationsadressen für die anderen Sensoreinheiten aus den Tritogrammen errechnet. Da alle die infrage kommenden Tritogramme 24 mögliche Standardwertebesetzungen aufweisen, ist der Aufbau des Mustererkennungsrechners als Permutographenrechner mit 24 Knotenrechnern naheliegend.

Die letzte Säulengruppe S15 bildet einen Mustererzeugungsrechner 66, in dem Wahrnehmungsmuster in allen möglichen zur Verfügung gestellten Kontexturen erzeugt werden. Auch dieser Rechner wird bevorzugt als vierwertiger Permutographenrechner ausgebildet. Dieser Permutographenrechner ist entsprechend demjenigen in dem deutschen Patent 33 28 610 (US-PS 4 783 741) an eine Vorrichtung angeschlossen, welche ein getaktetes intentionales Handlungsprogramm vorschreibt. Die Rechnergruppe S15 hat entsprechend dem Tritogramm T15 24 Standardwertebesetzungen, so daß diese 24 Standardwertebesetzungen auch als

-21-

Permutationen, d.h. Adressen für die einzelnen Knotenrechner des Permutographenrechners aufgefaßt werden können. Bei dem nach Art eines Relationsrechners organisierten Perzeptionsrechner muß, wie bei dem Rechnersystem gemäß der US-PS 4 829 451 ein Kontexturrechner angeschlossen sein, dem wiederum ein intendiertes Kontexturprogramm entsprechend der Vorgabe von Wirklichkeitsbereichen vorgeschaltet ist. Auf diese Weise kann der Perzeptionsrechner in einer bestimmten Arbeitsperiode in unterschiedlichen Kontexturen arbeiten. Über diesen Kontexturrechner wird dem als Permutographen organisierten Mustererzeugungsrechner 66 laufend mitgeteilt, in welchen Kontexturen das intentionale Handlungsprogramm realisiert werden soll. Die Änderung einer Kontextur und die damit zusammenhängende Umorganisation der angeschlossenen Rechner ist in der genannten Patentschrift erwähnt.

Von dem als Permutographenrechner aufgebauten Mustererzeugungsrechner 66 der Rechnergruppe S15 werden parallel die gesuchten Wahrnehmungsmuster auf den Mustererkennungsrechner 64 in Form des Permutographenrechners 65 übertragen. Dieser Permutographenrechner 65 setzt nun der isotopen Sensoreinheit das jeweilige gesuchte Wahrnehmungsmuster auf. Je nachdem, ob die einzelnen Sensoren 52 berührt werden, entspricht das Berührungsmuster mehr oder weniger dem gesuchten Muster.

Der technische Vorgang der Mustererkennung läuft entsprechend Fig. 8 folgendermaßen ab:

Ein bestimmtes vom Perzeptionsrechner 54 gesuchtes Muster P1 wird mit dem über das Sensorsystem 51 tatsächlich empfundenen Muster P2 in einem Komparator 71 verglichen. Dieses Vergleichsergebnis wird einer Speicherlogik 72 zugeführt, in der bereits erlernte Muster abgelegt sind.

-22-

In der Speicherlogik 72 erfolgt einerseits ein Vergleich mit bereits erlernten Mustern in einem weiteren Komparator 73, andererseits wird in einem Optimator 74 ein nur teilweise im Komparator 71 erkanntes Muster gegebenenfalls zu einem mehr vollständigen bzw. einem vollkommenen Muster ergänzt. In der Speicherlogik 72 werden prinzipiell zwei Entscheidungen getroffen:

1. Das vom Perzeptionsrechner 54 gesuchte Muster P1 wird erkannt: Dann wird dieses Muster an einen Monitor 75 weitergeleitet.
2. Wird das gesuchte Muster P1 nicht erkannt, so erhält der oben erwähnte Kontexturrechner 76 den Befehl, die Kontextur zu ändern. Dieser Befehl wird dann dem Perzeptionsrechner 54 weitergeleitet, so daß der Wahrnehmungsprozeß neu beginnt.

Gleichzeitig mit der Übertragung des gesuchten Musters von dem Mustererzeugungsrechner 66 auf den Permutographenrechner 65 wird das augenblickliche Berührungsmuster direkt von dem Sensorsystem dem Permutographenrechner 65 rückgemeldet. Deckt sich dieses rückgemeldete Berührungsmuster nicht mit den Sensoren der Sensoreinheit Sel5, welche für den als Permutographenrechner organisierten Mustererzeugungsrechner 66 zuständig sind, dann schaltet dieser Mustererzeugungsrechner 66 auf eine dem tatsächlichen Berührungsmuster eher entsprechende Kontextur um.

Die Mustererkennung wird daher zweifach gesteuert, und zwar einmal über das Mustergedächtnis in der Speicherlogik 72 und zum zweiten direkt über das Berührungsmuster an der Sensorik 51. Die Erzeugung von Wahrnehmungsmustern im Mustererzeugungsrechner 66 ist somit auch von den

(im Befehlsrechner ablaufenden) intendierten Handlungsprogrammen abhängig. Dieses entspricht den Ergebnissen der Hirnforschung, gemäß denen die Wahrnehmung meistens aktionsorientiert ist; vgl. a.a.O. Werner, Seite 347. Geht man davon aus, wie in dem obigen deutschen Patent 33 28 610 ausgeführt, daß die Aktionen durch Hamilton-Kreise in dem als Permutographenrechner organisierten Befehlsrechner dargestellt werden können, so besteht eine Beziehung zwischen diesen Hamilton-Kreisen und den in den Mustererzeugungs- und Mustererkennungsrechnern erzeugten Mustern. Auch dieses wird durch die Hirnforschung bestätigt, wonach der periphere Sinnesreiz abhängig von dem Verhaltenskontext ist; vgl. a.a.O. Werner, Seite 347.

Hierbei ist jedoch wichtig, daß der Perzeptionsrechner nicht in Kontexten (entsprechend Werner), sondern in logisch streng definierten und durch die Hardware festgelegte Kontexturen arbeitet. Mit dem Begriff der Kontextur kann stets exakt festgelegt werden, welche Sensoren des gesamten Sensorsystems zu einem bestimmten Zeitpunkt zusammenarbeiten und welche nicht. Die laufenden Vergleiche zwischen dem intendierten Berührungsmuster, in diesem Falle dem gesuchten Muster P1 und dem tatsächlich wahrgenommenen Muster werden für jede Wahrnehmungsperiode, ähnlich wie oben bei dem Relationsrechner, in einem Häufigkeitszähler registriert und gespeichert. Gleichzeitig erfolgt ein Vergleich mit den für diese Periode geltenden Kontexturprogramm, welches gemäß der wahrgenommenen Erfahrung laufend optimiert wird. Auf diese Weise lernt etwa ein Robot, sich in einer bestimmten Umgebung immer besser zurecht zu finden und zu "empfinden": Das System macht sich somit selbst sensibler. Die in einer bestimmten Umwelt immer wieder wahrgenommenen Muster werden im Mustererkennungsrechner 64, 65 regelmäßig

durchlaufen und dem Sensorsystem 51 als zu erwartendes Wahrnehmungsmuster aufgesetzt. Die Vernetzung zwischen den einzelnen Rechnern des Mustererzeugungsrechners 66 entspricht hierbei ebenfalls den Befunden der Hirnforschung, insbesondere der synaptischen Interaktion in der Hirnrinde und der festgestellten Dendritenbündelung. Ähnlich wie biologische Systeme müssen auch für einen Robot die Sensorsysteme paarig, d.h. symmetrisch angelegt sein. Wie die Hirnrinde sind daher jeweils für eine Sensorqualität zwei Perzeptionsrechner erforderlich. Die beiden Rechenergebnisse werden laufend verglichen, um ein eindeutiges Wahrnehmungsprogramm für unmittelbare motorische Aktivitäten zur Verfügung zu haben. Da sowohl die Perzeptionsrechner wie auch der Befehlsrechner in der Negativsprache arbeiten bzw. dementsprechend organisiert sind, ist das in dem deutschen Patent 36 09 925 beschriebene Zweiröhren-Rechnersystem ein geeignetes System, um laufend einen Vergleich, z.B. einen Links-Rechts-Vergleich der Perzeptionsmuster aus zwei entsprechenden Perzeptionsrechnern durchführen zu können. Das Ausgangssignal dieses Zweiröhren-Rechnersystems wird dann laufend dem Befehlsrechner im Sinne der Realisierbarkeit der Handlungsintentionen rückgemeldet.

Patentansprüche

1. Rechensystem zur Simulation der Großhirnrinde mit der radialen Glia (Relationsrechner), bestehend aus einer Vielzahl von Rechnern, denen Daten betreffend Umweltinformationen, Handlungsintentionen oder dergleichen zuführbar sind, die nach Vorgabe eines von einem Handlungsintensionsrechner gelieferten Handlungsprogramms bearbeitet und einem Befehlsrechner zugeführt werden, wobei die Rechner permutographisch und gegebenenfalls kenogrammatisch organisiert sind, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
 - eine aus mehreren Zellen (Z_i) bestehende, nach der Kenogrammatik organisierte Zählvorrichtung (Tritozähler 4), wobei jeder Zelle (Z_i) ein Tritogramm (T_i) zugeordnet ist und die Zellen (Z_i) jeweils in deuteräquivalenten Bereichen zusammengefaßt sind;
 - jeder Zelle (Z_i) der Zählvorrichtung (4) ist eine Rechnergruppe (S_i) mit einer Anzahl von Rechnerplätzen zugeordnet, die der Anzahl der Wertbesetzungen des Tritogramms der zugeordneten Zelle entspricht;
 - jede Rechnergruppe weist einen Aktivitätsschalter (9) auf, der eine Verbindung zu der zugehörigen Zelle (Z_i) in der Zählvorrichtung (4) herstellt, wenn die Rechner

in der zugeordneten Rechnergruppe (Si) rechnen;
mit den einzelnen Zellen (Zi) der Zählvorrichtung ist ein Musterspeicher (6) verbunden, in dem in bestimmten Zeitintervallen die Tritogramme sämtlicher von den Aktivitätsschaltern (9) angesteuerten Zellen (Zi) eingeschrieben werden.

2. Rechensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang (10) des Musterspeichers (6) auf die Eingänge der Rechnergruppen (Si) zurückgeführt ist.
3. Rechensystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Musterspeicher (6) ein Häufigkeitszähler (7) verbunden ist, in dem die innerhalb bestimmter Zeitbereiche auftretenden Tritogramm-Muster gezählt und nach ihrer Häufigkeitsverteilung abgelegt werden.
4. Rechensystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Häufigkeitszähler (7) mit dem Handlungsintensionsrechner (1) verbunden ist, in dem ein Vergleich zwischen dem gerade anliegenden Tritogramm-Muster und etwaigen Handlungsprogrammen erfolgt.
5. Rechensystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Musterspeicher (6) ein Monitor (8) zur Anzeige des jeweiligen in der Zählvorrichtung (4) vorliegenden Tritogramm-Musters verbunden ist.
6. Rechensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diejenigen Rechnergruppen (S2, S3, S6, S10; S4, S7, S9; S5, S8, S11, S12, S13, S14) ebenfalls in Bereichen zusammengefaßt sind, deren zugeordneten Zellen (Z2, Z3, Z6, Z10; Z4, Z7, Z9; Z5, Z8, Z11, Z12, Z13, Z14) in deuteräquivalente Bereiche zusammengefaßt sind.

7. Rechensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jede Zelle (Z_i) in der Zählvorrichtung (4) mit einem Wandler (12) verbunden ist, der das der jeweiligen Zelle (Z_i) zugeordnete Tritogramm in Permutationen umwandelt.
8. Rechensystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zellen (Z_i) der Zählvorrichtung (4) mit Knotenrechnern (1 bis 24) eines Befehlsrechners (2) verbunden sind, wobei jedem Knotenrechner eine aus der Umwandlung von Tritogrammen zu Permutationen gewonnene Permutation zugeordnet ist.
9. Rechensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Untersysteme des Relationsrechners isomorph zu dem gesamten Rechnersystem aufgebaut sind.
10. Rechensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Relationsrechner ein Perzeptionsrechner (54) mit einem Sensorsystem (51) zugeordnet ist, dessen Aufbau dem Relationsrechner isomorph ist.
11. Rechensystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorsystem (51) aus Sensoreinheiten (Se_1 bis Se_{15}) aufgebaut ist, deren Anzahl derjenigen der möglichen Tritogramme (T_1 bis T_{15}) innerhalb des Rechensystems entspricht, daß jede Sensoreinheit einem Tritogramm zugeordnet ist und mehrere Sensoren (52) entsprechend der Anzahl der Plätze des zugeordneten Tritogrammes aufweist, daß diejenigen Sensoreinheiten (Se_1 bis Se_{15}), deren zugeordnete Tritogramme deuteräquivalent sind, jeweils zu Sensorgruppen (G_1 bis G_5) zusammengefaßt sind, wobei die möglichen und zulässigen Werte der einzelnen Plätze innerhalb eines Tritogrammes als Code den Bereich für die von den

Sensoren (52) bestimmte Informationsqualität dienen.

12. Rechensystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheiten (S₁ bis S₁₅) des Sensorsystems (51) mit Rechnergruppen (61, 62, 63, 64, 66) des Perzeptionsrechners (54) verbunden sind, die isomorph zu den Rechnergruppen (S₁ bis S₁₅) des Relationsrechners aufgebaut sind und entsprechend tritogrammatisch und deutero-äquivalent geordnet sind.
13. Rechensystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zur Simulation der Berührungssensorik eine Rechnergruppe (S₁) ein Ein/Aus-Schaltmodul (61) bildet, eine zweite Rechnergruppe (S₂, S₃, S₆, S₁₀) einen Logikrechner (62), eine dritte Rechnergruppe (S₄, S₇, S₉) einen Intensitäts- und Frequenzdekodierer (63), eine vierte Rechnergruppe (S₅, S₈, S₁₁, S₁₂, S₁₃, S₁₄) einen Mustererkennungsrechner (64) und eine fünfte Rechnergruppe (S₁₅) einen Mustererzeugungsrechner (66).

1 / 8

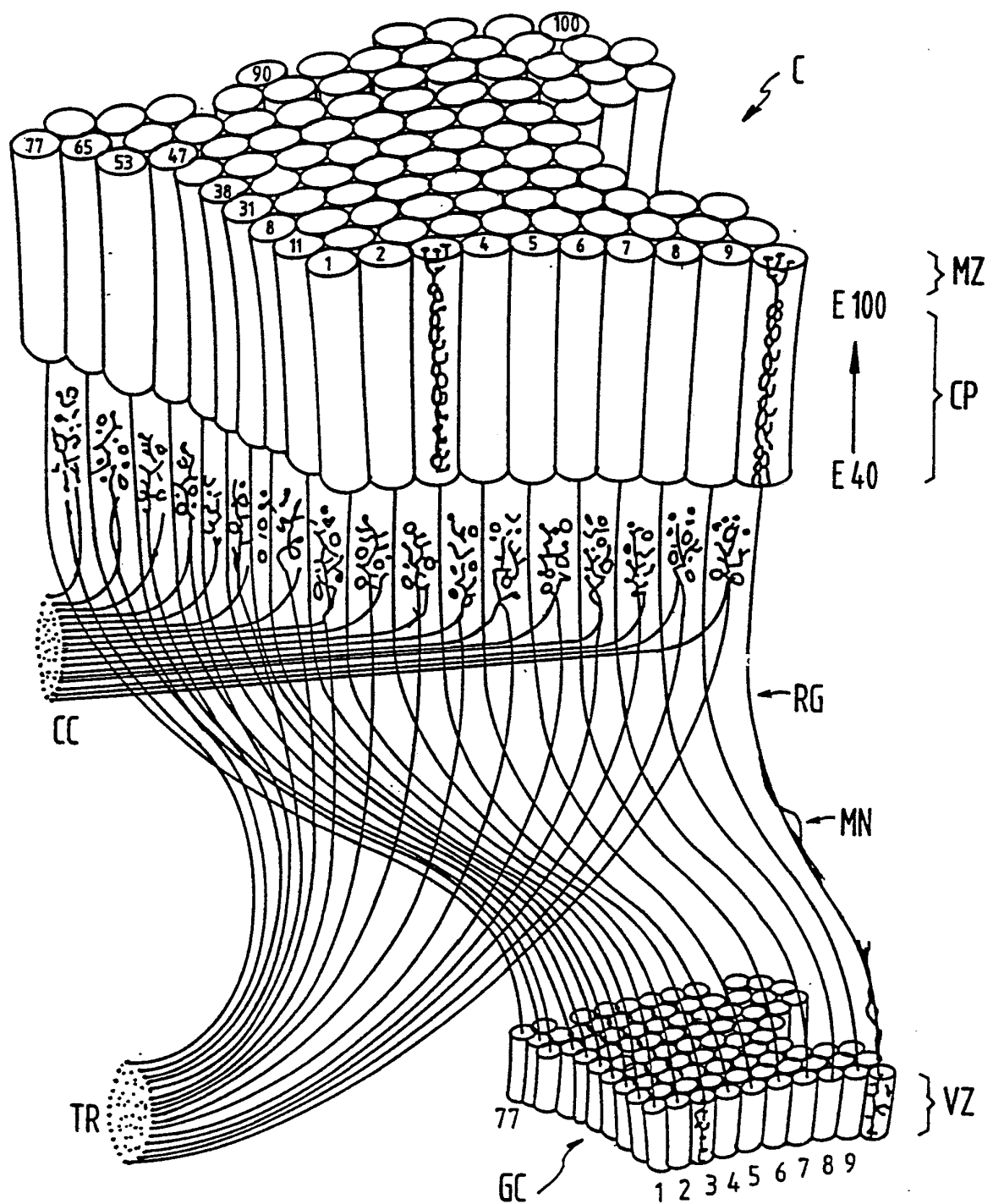


Fig. 1

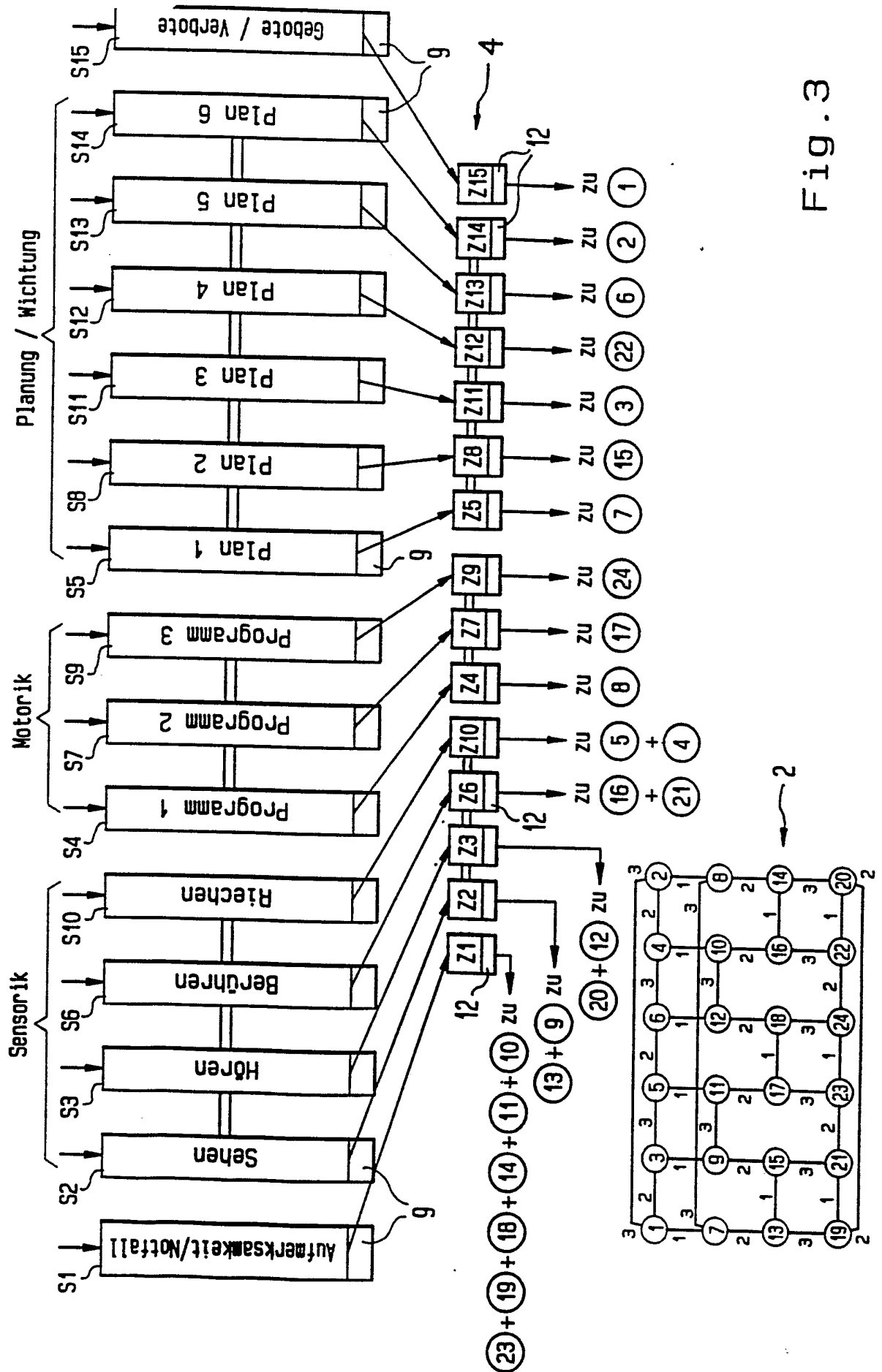


Fig. 3

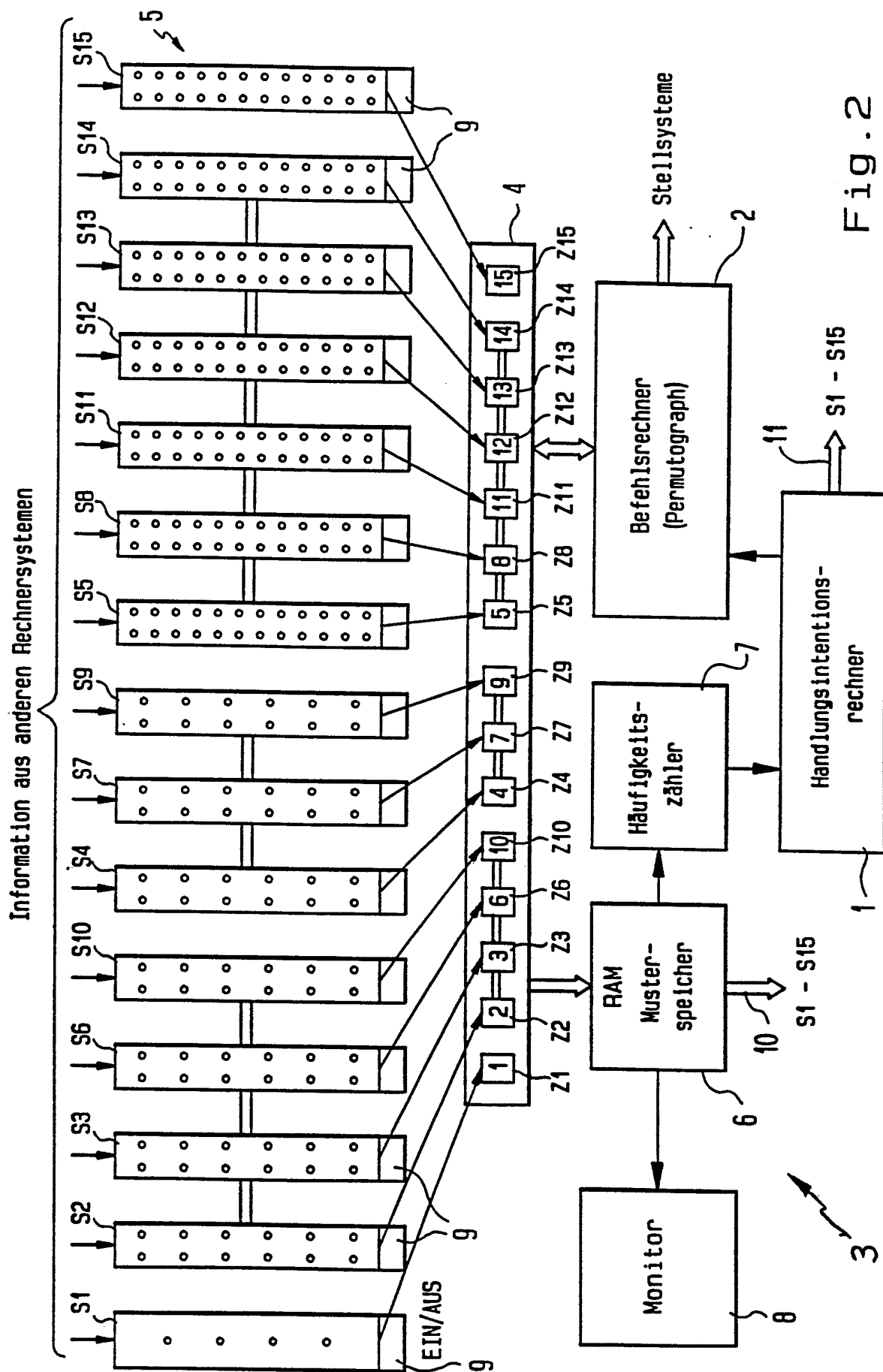


Fig. 2

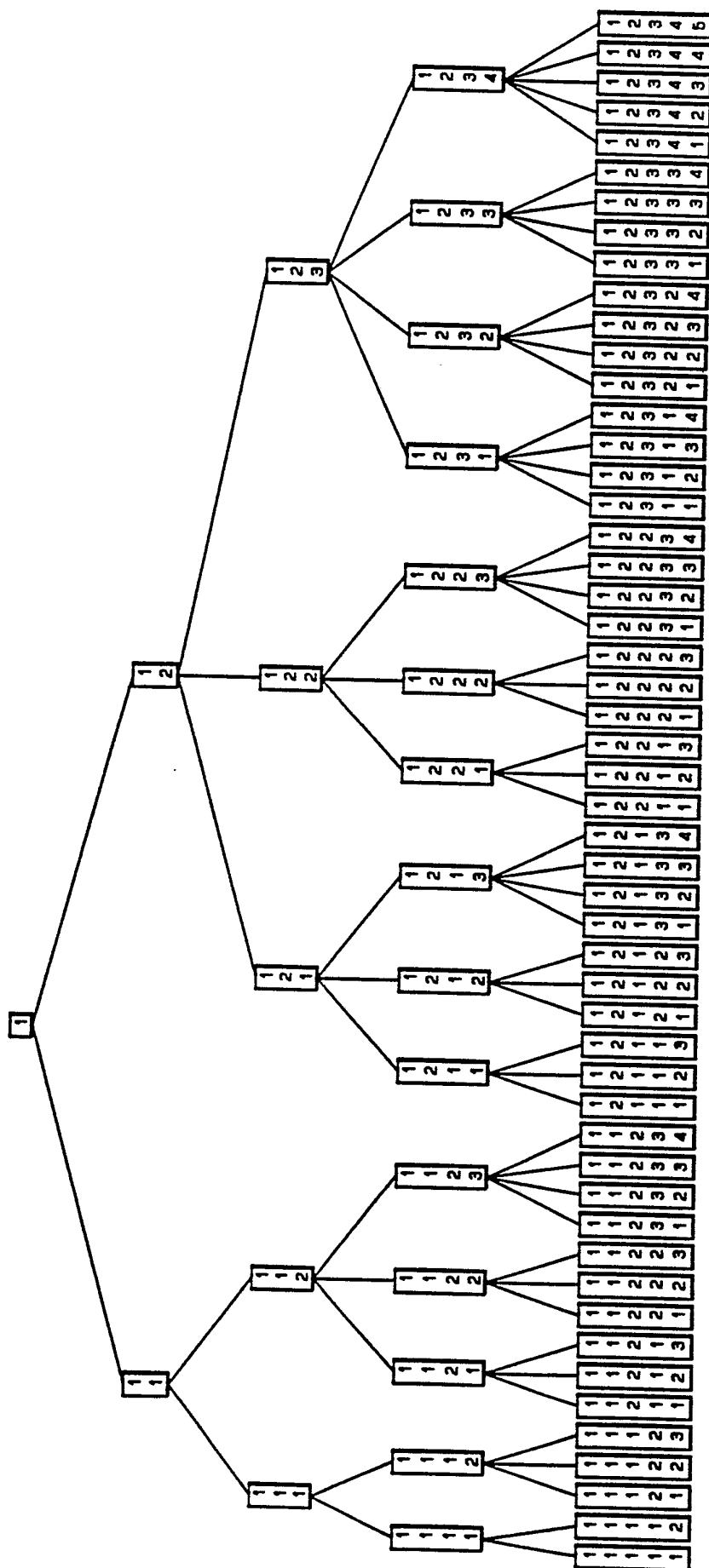
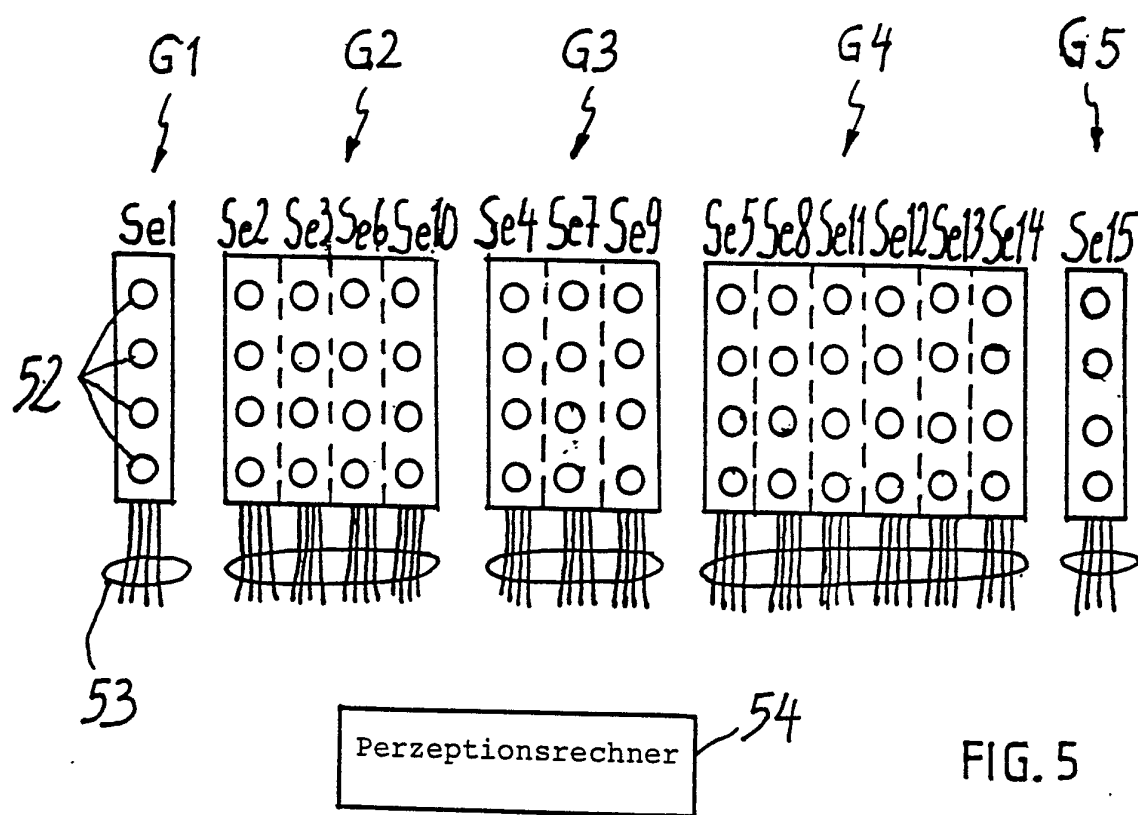


Fig. 4



ERSATZBLATT

6/8

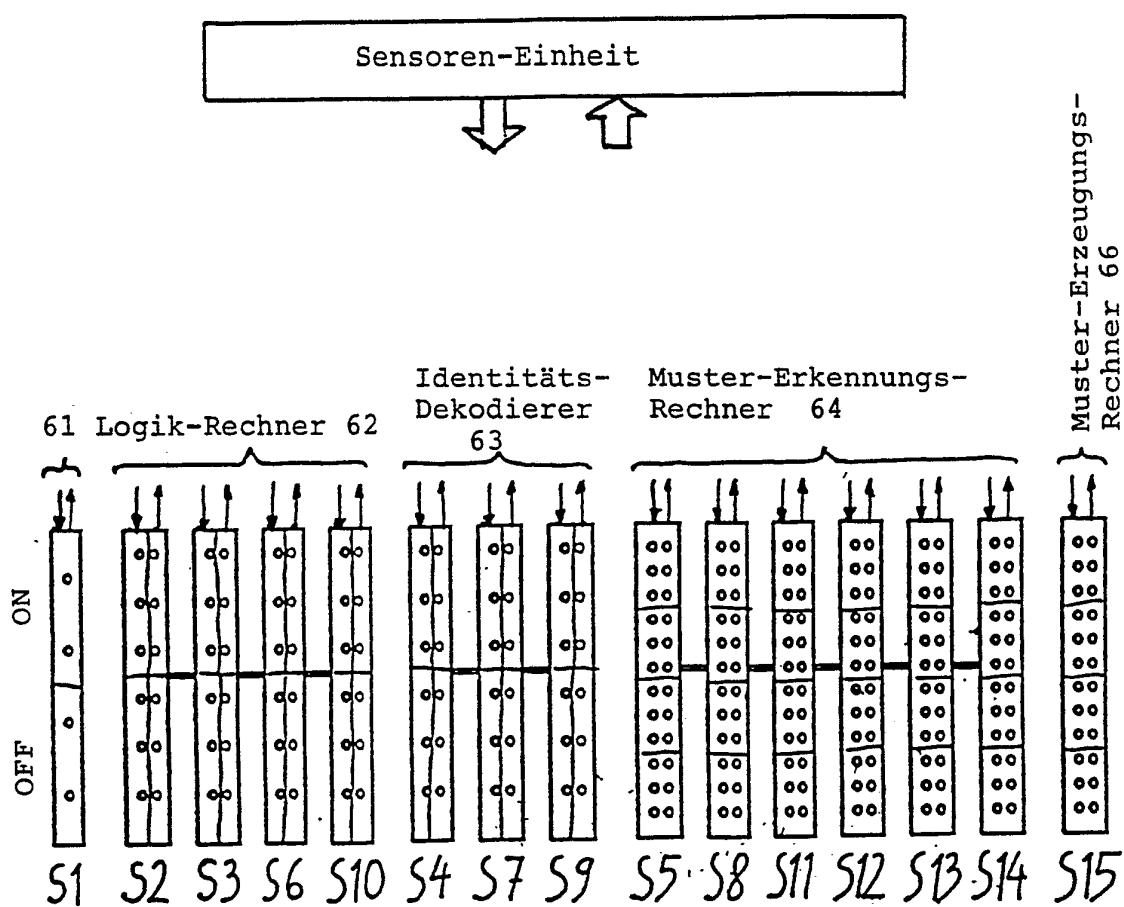


FIG. 6

ERSATZBLATT

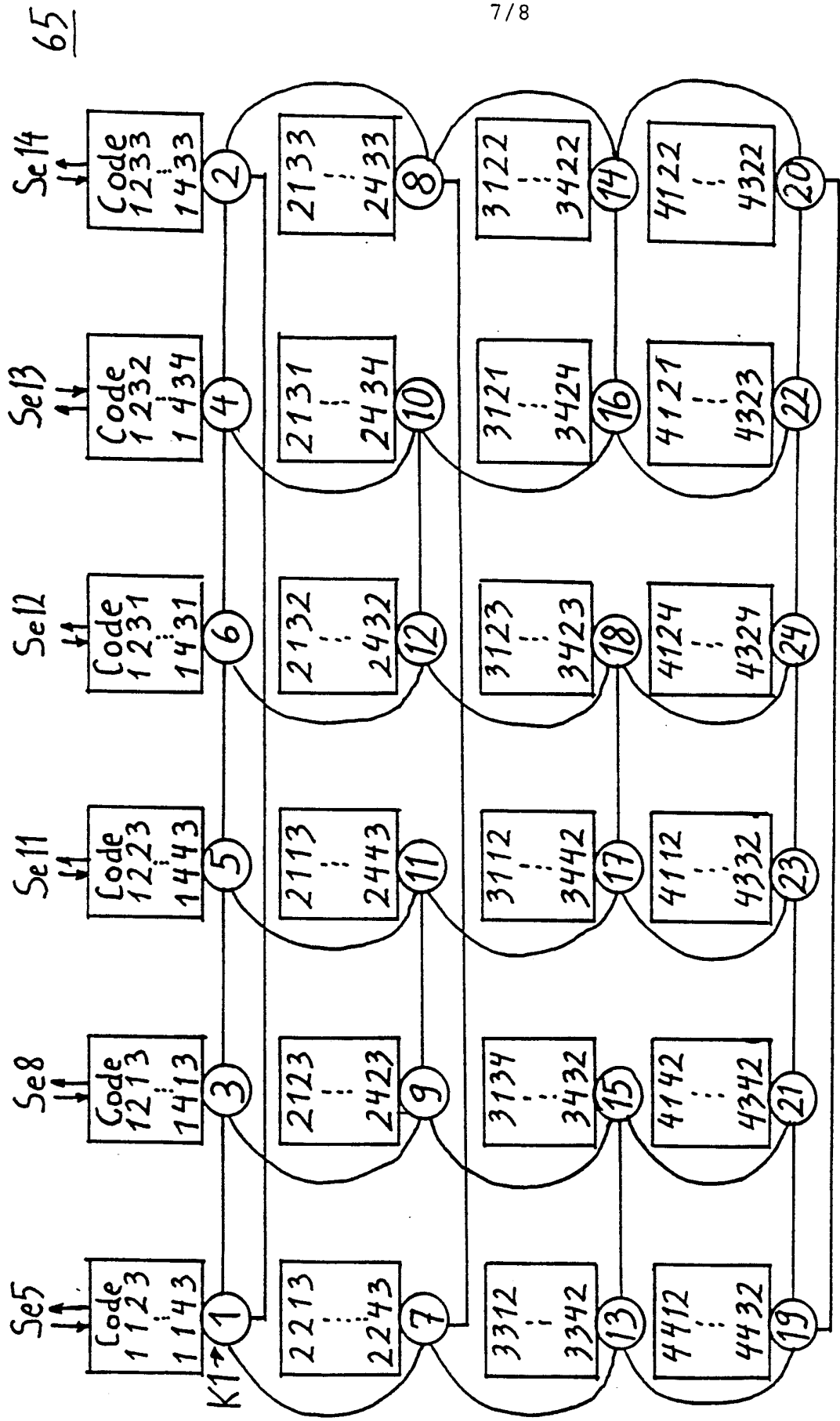


FIG.7

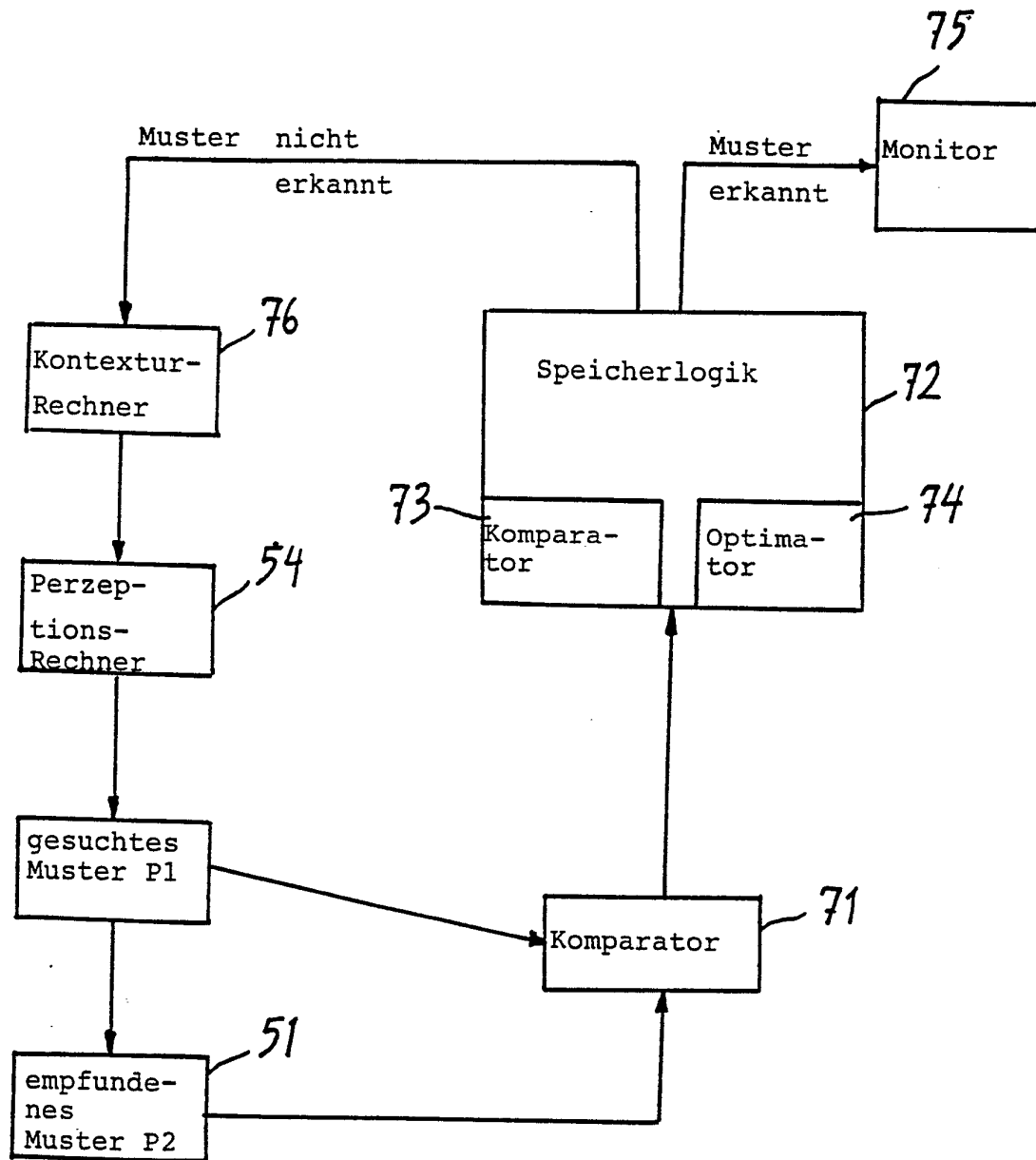


FIG. 8

ERSATZBLATT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 90/00488

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int.Cl. ⁵ G 06 F 15/80		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵	G 06 F 15/80, G 11 C 11/54	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	DE, A, 3429078 (MITTERAUER) 04 April 1985 see page 9, lines 23-31; pages 10-17; page 19, lines 28-37; page 20, lines 1-26; page 23, lines 11-32; figures 3-5,9 (cited in the application) ---	1,6-8,10-13
A	EP, A, 0235764 (MITTERAUER) 09 September 1987 see page 3, lines 12-34; pages 4-6; page 7, lines 1-25; figures 1,2,3,4,6 ---	1,6-8,10-13
A	DE, A, 3609925 (MITTERAUER) 08 October 1987 see page 4, lines 48-68; figures 6-8 ---	1,5,10,12
A	DE, A, 3707998 (MITTERAUER) 22 September 1988 see pages 6,7,8,9; figures 2-4,6-8 (cited in the application) -----	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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.</p> <p>"Z" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
20 June 1009 (20.06.90)	11 July 1990 (12.07.90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

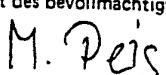
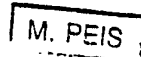
EP 9000488
SA 35483

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 03/07/90
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A- 3429078	04-04-85	US-A- 4783741	08-11-88
EP-A- 0235764	09-09-87	DE-A- 3607241	10-09-87
		JP-A- 63054637	09-03-88
		US-A- 4829451	09-05-89
DE-A- 3609925	08-10-87	None	
DE-A- 3707998	22-09-88	WO-A- 8807241	22-09-88
		JP-T- 1503013	12-10-89

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 90/00488

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Cl. ⁵ G 06 F 15/80		
II. RECHERCHIERTES SACHGEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. ⁵	G 06 F 15/80, G 11 C 11/54	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁶		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. 13
A	DE, A, 3429078 (MITTERAUER) 4. April 1985 siehe Seite 9, Zeilen 23-31; Seiten 10-17; Seite 19, Zeilen 28-37; Seite 20, Zeilen 1-26; Seite 23, Zeilen 11-32; Figuren 3-5, 9 (in der Anmeldung erwähnt)	1, 6-8, 10-13
	--	
A	EP, A, 0235764 (MITTERAUER) 9. September 1987 siehe Seite 3, Zeilen 12-34; Seiten 4-6; Seite 7, Zeilen 1-25; Figuren 1, 2, 3, 4, 6	1, 6-8, 10-13
	--	
A	DE, A, 3609925 (MITTERAUER) 8. Oktober 1987	1, 5, 10, 12
./.		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
20. Juni 1990	11. 07. 90	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
Europäisches Patentamt	 	

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>siehe Seite 4, Zeilen 48-68; Figuren 6-8</p> <p>--</p>	
	<p>DE, A, 3707998 (MITTERAUER)</p> <p>22. September 1988</p> <p>siehe Seiten 6,7,8,9; Figuren 2-4,6-8</p> <p>(in der Anmeldung erwähnt)</p> <p>-----</p>	

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9000488

SA 35483

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 03/07/90
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 3429078	04-04-85	US-A- 4783741	08-11-88
EP-A- 0235764	09-09-87	DE-A- 3607241	10-09-87
		JP-A- 63054637	09-03-88
		US-A- 4829451	09-05-89
DE-A- 3609925	08-10-87	Keine	
DE-A- 3707998	22-09-88	WO-A- 8807241	22-09-88
		JP-T- 1503013	12-10-89

EPO FORM PM73

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82