



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 686 913 A5

51 Int. Cl.⁶: G 08 B 017/00
G 08 B 029/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 03479/93

73 Inhaber:
Cerberus AG, 8708 Männedorf (CH)

22 Anmeldungsdatum: 22.11.1993

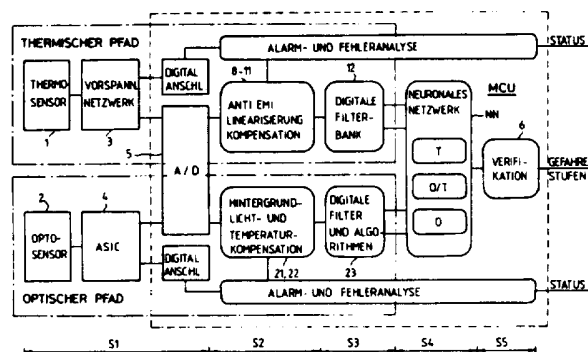
24 Patent erteilt: 31.07.1996

45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.07.1996

72 Erfinder:
Werner, Jürg, Zwillikon (CH)
Schlegel, Max, Männedorf (CH)

54 Anordnung zur Früherkennung von Bränden.

57 Die Anordnung enthält mehrere mit einer Zentrale verbundene Melder, von denen einige mit mindestens zwei Sensoren (1, 2,) zur Überwachung von verschiedenen Brandkenngrossen ausgerüstet sind. Vorzugsweise ist der eine Sensor (1) ein thermischer und der andere (2) ein optischer Sensor. Ausserdem enthält die Anordnung Mittel zur Verarbeitung der Signale der Sensoren. Diese Mittel sind dezentral in den Meldern angeordnet und sie enthalten einen Microcontroller (MCU) zur Aufbereitung der Sensorsignale und zur Signalverarbeitung zum Zweck der Gewinnung von Gefahrensignalen. Die Gewinnung der Gefahrensignale erfolgt in einem neuronalen Netzwerk (NN).



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Früherkennung von Bränden, mit einer Mehrzahl von mit einer Zentrale verbundenen Meldern, von denen einige mit mindestens zwei Sensoren zur Überwachung von verschiedenen Brandkenngrößen ausgerüstet sind, und mit Mitteln zur Verarbeitung der Signale der Sensoren.

Da bei Meldern mit Mehrfachsensoren die einzelnen Sensoren verschiedene Parameter überwachen, kann das Antwortverhalten der Melder besser ausgeglichen und dadurch die Fehleralarmrate pro Detektionspunkt deutlich reduziert werden. Ausserdem steigt durch die mit der Mehrfachüberwachung verbundene Redundanz die Zuverlässigkeit und führt zu einem Ausgleich zwischen den bei Einfachdetektoren auftretenden schwachen und starken Punkten.

Durch die Erfindung soll nun die Fehleralarmrate pro Detektionspunkt weiter reduziert und gleichzeitig eine möglichst frühzeitige Detektionsfähigkeit erhalten werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die genannten Mittel zur Verarbeitung der Signale der Sensoren dezentral in den Meldern angeordnet sind und einen Microcontroller zur Aufbereitung der Sensorsignale und zur Signalverarbeitung zum Zweck der Gewinnung von Gefahrensignalen aufweisen, und dass die Gewinnung der Gefahrensignale in einem neuronalen Netzwerk erfolgt.

Bei der erfindungsgemässen Anordnung ist also die Signalverarbeitung von der Zentrale in die Melder verlagert und dezentralisiert, wodurch die Beschränkung der Kommunikationsbandbreite der üblichen Verbindungen zwischen Zentrale und Meldern ohne Einfluss ist. Ausserdem ist die Beobachtungslänge der Signale keinen Einschränkungen unterworfen und die Möglichkeit einer Überlastung der Zentrale ist praktisch ausgeschlossen. Die hohe Redundanz des Systems hat ausserdem den Vorteil, dass bei Ausfall oder Störung des Hauptprozessors in der Zentrale die Melder selbst Alarm auslösen können.

Die Verwendung des neuronalen Netzwerks hat den Vorteil, dass die Zuverlässigkeit der Melderfunktion ganz allgemein verbessert wird, indem eine breite Palette von Möglichkeiten der Verknüpfung der verschiedenen Signalsignaturen, das sind die Erkennungsmuster, besteht und in dem neuronalen Netzwerk auch optimal genutzt werden kann.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnungen näher erläutert; dabei zeigt:

Fig. 1 ein Übersichtsdiagramm der Signalverarbeitung im Melder,

Fig. 2a, b ein Schema der beiden Signalpfade der Signalverarbeitung; und

Fig. 3 ein Diagramm des neuronalen Netzwerks der Signalverarbeitung.

Fig. 1 zeigt eine Übersicht der Signalverarbeitung im Melder, die in fünf Stufen S1 bis S5 aufgeteilt werden kann. Die erste Stufe S1 besteht aus der

Sensor-Hardware und enthält im wesentlichen einen durch einen NTC-Sensor gebildeten Thermosensor 1, einen durch einen Lichtpulssender und einen Lichtpulsempfänger gebildeten optischen Sensor 2, ein Vorspannungsnetzwerk 3 für den Thermosensor 1 und einen ASIC 4. Zur Sensor-Hardware gehört ausserdem noch ein A/D-Wandler 5 eines Microcontrollers MCU.

Die MCU weist in bekannter Weise eine ROM-Maske auf, die das Betriebssystem und die Sensorsoftware des Melders enthält und damit sämtliche Abläufe auf der Funktionsebene, also die Sensorsteuerung, die Signalverarbeitung sowie die Adressierung und die Kommunikation mit der Zentrale kontrolliert. Der ASIC 5 beinhaltet alle Verstärker und Filter für das Signal des Lichtimpulsempfängers, einen Einchip-Temperatursensor, die Ansteuerelektronik für den Lichtpulssender, einen Quarzoszillator und das Aufstart-/Power-Management sowie die Linienüberwachung für die MCU. Zwischen der MCU und dem ASIC 4 bestehen ein bidirektionaler, serieller Datenbus und diverse Kontrollleitungen.

In der an den A/D-Wandler 5 anschliessenden zweiten Stufe S2 werden die Signale aufbereitet, wobei durch verschiedene Kompensationen versucht wird, ein möglichst genaues Abbild der realen Messgrößen zu erhalten. In der dritten Stufe S3 werden Signalsignaturen oder Kriterien extrahiert, die dann in der vierten Stufe S4 in einem neuronalen Netzwerk NN zu einem skalaren Gefahrensignal kondensiert und einer Gefahrenstufe zugeordnet werden. In der fünften Stufe S5 wird schliesslich in einer Verifizierungsstufe 6 der Entscheid über die definitive Gefahrenstufe gefällt und zusammen mit dem Funktionszustand oder Status an das Kommunikationsinterface der MCU weitergeleitet.

Gemäss Fig. 1 werden die ersten drei Stufen S1 bis S3 vom Signal des thermischen Sensors 1 und vom Signal des optischen Sensors 2 getrennt durchlaufen, was in der Figur durch zwei Signalpfade, einen «thermischen» und einen «optischen» Pfad, symbolisiert ist, die dann in der vierten Stufe S4, also im neuronalen Netzwerk zusammengeführt sind. Der Signalfluss der beiden Pfade durch die Stufen S1 bis S3 ist in den Fig. 2a und 2b, und das neuronale Netzwerk NN ist in Fig. 3 im Detail dargestellt.

Nachfolgend soll nun zuerst der thermische und dann der optische Signalpfad näher beschrieben werden: Der NTC-Temperatursensor 1 wird über das Vorspannungsnetzwerk 3 gepulst betrieben und die NTC-Spannung wird dem A/D-Wandler 5 zugeleitet. Die NTC-Temperaturdaten werden nachfolgend in einer Stufe 7 analysiert, wobei Unterbrechungen und Kurzschluss erkannt werden. In der Stufe 7 wird ausserdem zur Erhöhung der Messgenauigkeit der Einfluss von kleinen Treiberspannungsänderungen auf den Messwert kompensiert. Allfällige Störspitzen werden im nachfolgenden «anti-EMI»-Algorithmus 8 entfernt. Dieser begrenzt die Signaländerung von einer Messung zur nächsten auf bestimmte, im Datenspeicher der MCU gespeicherte Werte. Normale Brandsignale passieren diesen Algorithmus unverändert.

Anschliessend wird in einer Linearisierungsstufe 9 das Ausgangssignal des A/D-Wandlers mittels einer Interpolationstabelle gemäss der Charakteristik des NTC-Sensors in einen Temperaturwert umgerechnet. Dann wird in einem Block 10 die Wärmeableitung durch Anschlussdrähte und Kunststoffwandung und in einem Block 11 die Wärmekapazität des NTC-Sensors 1 kompensiert. Die Ausgangssignale der Blöcke 10 und 11 durchlaufen dann eine digitale Filterbank 12 und werden schliesslich in einer Stufe 13 mit Parametern verknüpft. Am Ausgang der Stufe 13 und damit am Ende des thermischen Pfads stehen dann mehrere, vom NTC-Signal und damit von der Temperatur abhängige Signatursignale oder Kriterien S1 bis Sm zur Verfügung.

Im optischen Signalpfad treibt ein Pulsgenerator 14, der alle 3 s einen knapp 100 µs langen Strompuls erzeugt, eine den Lichtimpulssender bildende Infrarot-Leuchtdiode 15, die einen Lichtpuls in den optischen Streuraum sendet. Das von allfällig vorhandenem Rauch gestreute Licht wird von einer Linse gesammelt und auf eine Empfänger-Photodiode 15' geleitet. Der resultierende Photostrom wird synchron zum Sendepuls von einem Integrator 16 integriert. Der nachfolgende, immer noch differentielle Spannungsverstärker 17 bietet mehrere wählbare Verstärkungseinstellungen an. Damit wird der Melder-Grobabgleich vorgenommen. Ein sogenanntes AMB-Filter 18 eliminiert Gleichstromanteile und niederfrequente Störungen aus dem Signal. Hochfrequente Störungen wurden bereits vom Integrator 17 beseitigt. Am Ausgang des AMB-Filters 18 erscheint ein einziges unipolares Signal, das von einem Spannungsverstärker 19 weiter verstärkt wird.

Das Ausgangssignal des Verstärkers 19 wird im A/D-Wandler 5 in digitale Daten umgewandelt, womit die softwaremässige Signalverarbeitung beginnt (Fig. 1, Stufe S2). Durch Differenzbildung in einer Stufe 20 zwischen einer Hell- und einer Dunkel-messung wird jetzt der effektive Signalhub bestimmt. Dieser gelangt in einen Block 21 und kann dort dank der Verfügbarkeit der ASIC-Temperatur so korrigiert werden, dass eine weitgehende Kompensation der Temperaturabgänge der optoelektronischen Bauteile erfolgt. Als letzte und praktisch stufenlose Anpassung der Signale an eine Sollgrösse dient der softwaremässige Feinabgleich, der ebenfalls im Block 21 erfolgt. Im nächsten Block 22 beseitigt eine Nachführung diejenigen Signalanteile, die durch sehr langsame Umwelteinflüsse (beispielsweise Verstaubung) verursacht sind, und die mit der Zeit ein Scheinrauchsignal erzeugen und damit die Empfindlichkeit verändern würden.

Das Resultat aus den bisherigen Verarbeitungsschritten ist eine Grösse, die den effektiven, gefilterten, abgeglichenen, temperaturkompensierten und nachgeführten Rauchwert darstellt und die unmittelbare Referenz für die Ermittlung der Gefahrenstufe bildet. Als letztes Glied (Block 23) in der optischen Signalverarbeitung wirken von verschiedenen Parametersätzen gesteuerte Algorithmen, die das zeitliche Verhalten der den Rauchwert darstellenden Grösse beurteilen. Am Ende des optischen Signal-

verarbeitungspfad stehen dann die Signatursignale Sm + 1 bis Sn zur Verfügung.

Die Signatursignale S1 bis Sn des thermischen und des optischen Pfades bilden die Eingangsebene L0 eines geschichteten, neuronalen Netzwerks NN, das in Fig. 3 dargestellt ist. Aus der Darstellung des neuronalen Netzwerks NN in Fig. 1 ist ersichtlich, dass diese Eingangsgrössen entweder vom Temperatursignal (T) abhängig sind, oder vom optischen Signal (O) oder von beiden. Das Netzwerk weist neben der Eingangsebene L0 noch weitere Ebenen L1 bis L5 mit sogenannten Neuronen oder Knoten auf. In diesen werden die mit Parametern gewichteten Eingangsgrössen einer Addition und einer Maximum- und/oder Minimumverknüpfung unterworfen. Die Addition erfolgt in den mit A und die Maximum- und/oder Minimumverknüpfung in den mit M bezeichneten Neuronen.

Dabei ist die Maximumverknüpfung die nichtlineare Netzwerkfunktion:

$$y_i = \max (w_1 * x_1, w_2 * x_2, \dots, w_n * x_n),$$

[xi = Eingangswert, yi = Ausgangswert]

die nach dem Prinzip «alles gehört dem Stärksten» arbeitet.

Die Addition ist das Skalarprodukt:

$$y_i = \sum w_i * x_i, [x_i = \text{Eingangswert}, y_i = \text{Ausgangswert}].$$

Zwischen den Neuronen sind grundsätzlich alle Verbindungen möglich. In einer Lernphase während der Entwicklung des Melders kann das Netzwerk in eine Lernumgebung eingebunden werden. Dabei werden sich durch den Lerneffekt des Netzwerks bestimmte Verbindungen als bevorzugt erweisen und sich verstärken und andere werden gleichsam verkümmern. Alternativ kann das Netzwerk auch ohne Lernphase konstruiert werden. In beiden Fällen werden aus Sicherheitsgründen im Betrieb die Gewichte des Netzwerks eingefroren.

Zwischen der Eingangs- und der Ausgangsebene L0 bzw. L5 des neuronalen Netzwerks NN erfolgt eine Konzentration der jeweiligen Eingangsgrössen auf eine einzige Ausgangsgrösse, die ein skalares Gefahrensignal darstellt. Das Gefahrensignal wird in einer Quantisierungsstufe 24 einer von mehreren, beispielsweise von mindestens drei, Gefahrenstufen zugeordnet, und dieses einer der Gefahrenstufen zugeordnete Signal ist das Ausgangssignal GS des neuronalen Netzwerks NN.

Schliesslich erfolgt in der dem neuronalen Netzwerk nachgeordneten Verifizierungsstufe 6 die Verifizierung der definitiven Gefahrenstufe. Das entsprechende Ausgangssignal GSdef wird zusammen mit dem Funktionszustand (Fig. 1, «Status») über das Kommunikationsinterface der MCU der Zentrale mitgeteilt.

Abschliessend sollen noch einige besonders vorteilhafte Eigenschaften und Zusatzfunktionen des beschriebenen Rauchmelders erwähnt werden:

– Die Messung der aktuellen ASIC-Temperatur mit Hilfe eines Einchip-Temperatursensors wurde bereits erwähnt. Diese Messung, die periodisch er-

folgt, liefert einen Temperaturwert, mit dem die Temperaturgänge der optoelektronischen Bauteile softwaremässig kompensiert werden, so dass auch bei extremen Temperaturen zuverlässige Rauchdichtemessungen vorgenommen werden können.

– Die Funktionsweise der Signalnachführung wurde ebenfalls bereits erwähnt. Das Rauchdichtesignal wird von sehr niederfrequenten Anteilen befreit, um Einflüsse der Umwelt auszufiltern, die signifikant langsamer sind als Brandphänomene (beispielsweise Verstaubung). Damit wird eine sehr gute Langzeitkonstanz der Rauchempfindlichkeit erreicht.

– Regelmässig wird automatisch ein Selbsttest auf gewisse Fehler durchgeführt, der den Melder einer detaillierten Diagnose unterzieht.

Wenn auch die beiden Hauptmerkmale des beschriebenen Melders, die Verlagerung der Signalverarbeitung von der Zentrale in die Melder und die Verwendung eines neuronalen Netzwerks bei der Signalverarbeitung, für Melder mit Mehrfachsensoren besonders vorteilhaft ist, so sollen diese Mehrfachsensoren nicht als einschränkend verstanden werden.

Selbstverständlich können auch Melder mit nur einem Sensor in der beschriebenen Art ausgebildet sein. Ausserdem sei noch erwähnt, dass das neuronale Netzwerk NN einen ganz speziellen, einer Fuzzy-Logic verwandten Typus darstellt und daher auch durch eine Fuzzy-Logic ersetzt werden könnte. Aus diesem Grund ist daher in der vorliegenden Beschreibung der Begriff «neuronales Netzwerk» so zu verstehen, dass er eine Fuzzy-Logic einschliesst.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Früherkennung von Bränden, mit einer Mehrzahl von mit einer Zentrale verbundenen Meldern, von denen einige mit mindestens zwei Sensoren zur Überwachung von verschiedenen Brandkenngrössen ausgerüstet sind, und mit Mitteln zur Verarbeitung der Signale der Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel zur Verarbeitung der Signale der Sensoren (1, 2) dezentral in den Meldern angeordnet sind und einen Microcontroller (MCU) zur Aufbereitung der Sensorsignale und zur Signalverarbeitung zum Zweck der Gewinnung von Gefahrensignalen aufweisen, und dass die Gewinnung der Gefahrensignale in einem neuronalen Netzwerk (NN) erfolgt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalverarbeitung für jeden der beiden Sensoren (1, 2) einen getrennten Pfad aufweist, und dass die beiden Pfade am Eingang des neuronalen Netzwerks (NN) zusammengeführt sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das neuronale Netzwerk (NN) mehrere Ebenen (L1 bis L5) mit Knoten (A, M) aufweist, in denen die mit Parametern gewichteten Eingangsgrössen einer Addition und Maximum- und/oder Minimumverknüpfung unterworfen werden.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Microcontroller (MCU) eine Maske mit dem Betriebssystem und der Sensorsoftware

des Melders und einen Datenspeicher aufweist, und dass dem Microcontroller ein ASIC (4) zugeordnet ist, der Verstärker und Filter für das Signal des Empfängers eines optischen Sensors (2), einen Temperaturfühler, die Ansteuerelektronik für den Sender des optischen Sensors und einen Quarzoszillator enthält.

5. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein thermischer Pfad eine erste Stufe (S1) mit einem Vorspannungsnetzwerk (3) für den Betrieb eines thermischen Sensors (1) und mit einem A/D-Wandler (5), eine zweite Stufe (S2) zur Aufbereitung der Signale und für eventuelle Kompensationen und eine dritte Stufe (S3) zur Gewinnung von Signalsignaturen enthält, welche Eingangsgrössen für das neuronale Netzwerk (NN) bilden.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Stufe (S2) einen Block (7) zur Analyse der Ausgangssignale des A/D-Wandlers (5) auf mögliche Fehler und/oder zur Kompensation des Einflusses von Änderungen der Treiber Spannung auf den Messwert und/oder einen Block (8) zur Entfernung von Störspitzen, einen Block (9) zur Umrechnung des Messwerts in einen Temperaturwert und/oder einen Block (10 bzw. 11) zur Kompensation der Wärmeableitung und/oder der Wärmekapazität aufweist.

7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Block (8) zur Entfernung von Störspitzen eine Begrenzung der Signaländerung von einer Messung zur anderen auf bestimmte Werte erfolgt.

8. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Stufe (S3) Mittel zur Verknüpfung der Ausgangssignale der genannten Elemente enthält, so dass am Ende des thermischen Pfades verschiedene aus den Temperatursignalen abgeleitete Signatursignale zur Verfügung stehen.

9. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein optischer Pfad eine erste Stufe (S1) mit einem Pulsgenerator (14) zum Treiben eines Senders (15) und mit einem Integrator (16) für das Signal eines Empfängers (15') eines optischen Sensors (2), sowie mit einem A/D-Wandler (5), eine zweite Stufe (S2) zur Durchführung von eventuellen Kompensationen, und eine dritte Stufe (S3) zur Gewinnung von Signalsignaturen enthält, welche Eingangsgrössen für das neuronale Netzwerk (NN) bilden.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass dem Integrator (16) ein Spannungsverstärker (17) für den Grobabgleich und diesem ein Filter (18) zur selektiven Detektion des empfangenen Lichtpulses unter Unterdrückung von Störsignalen nachgeschaltet ist.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Filter (18) vor, nach und während eines Lichtpulses eine Verrechnung der Signalimpulsweite erfolgt.

12. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Stufe (S2) einen Block (20) zur Bestimmung des Signalhubs, einen Block (21) zur Kompensation der Temperaturabgänge der opto-elektronischen Bauteile und/oder

zum Feinabgleich, und/oder einen Block (22) zur Kompensation des Hintergrundsignals und zur Beseitigung von sich aus langsamen Umwelteinflüssen zusammensetzenden Signalanteilen aufweist, so dass das Ausgangssignal der zweiten Stufe einen abgeglichenen, temperaturkompensierten und nachgeführten Rauchwert darstellt.

5

13. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Stufe (S3) einen Block (23) zur Beurteilung des zeitlichen Verhaltens des von der zweiten Stufe (S2) gelieferten Rauchwerts mittels einer Filterung enthält, und dass das so gefilterte Rauchwertsignal ein Signatursignal des optischen Pfades bildet.

10

14. Anordnung nach den Ansprüchen 5 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass in den Knoten (A, M) des neuronalen Netzwerks (NN) eine Konzentration der Eingangsgrößen erfolgt, und dass an der Ausgangsebene (L5) des Netzwerks ein skalares Gefahrensignal erhältlich und in einer Quantisierungsstufe (24) einer von mehreren Gefahrenstufen zugeordnet ist.

15

20

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass dem neuronalen Netzwerk (NN) eine Verifizierungsstufe (6) zur Verifizierung der definitiven Gefahrenstufe nachgeordnet ist.

25

16. Anordnung zur Früherkennung von Bränden, mit einer Mehrzahl von mit einer Zentrale verbundenen Meldern, von denen einige mit mindestens zwei Sensoren zur Überwachung von verschiedenen Brandkenngößen ausgerüstet sind, und mit Mitteln zur Verarbeitung der Signale der Sensoren, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Mittel zur Verarbeitung der Signale der Sensoren (1, 2) dezentral in den Meldern angeordnet sind und einen Microcontroller (MCU) zur Aufbereitung der Sensorsignale und zur Signalverarbeitung zum Zweck der Gewinnung von Gefahrensignalen aufweisen, und dass die Gewinnung der Gefahrensignale mit Hilfe einer Fuzzy-Logic erfolgt.

30

35

40

45

50

55

60

65

5

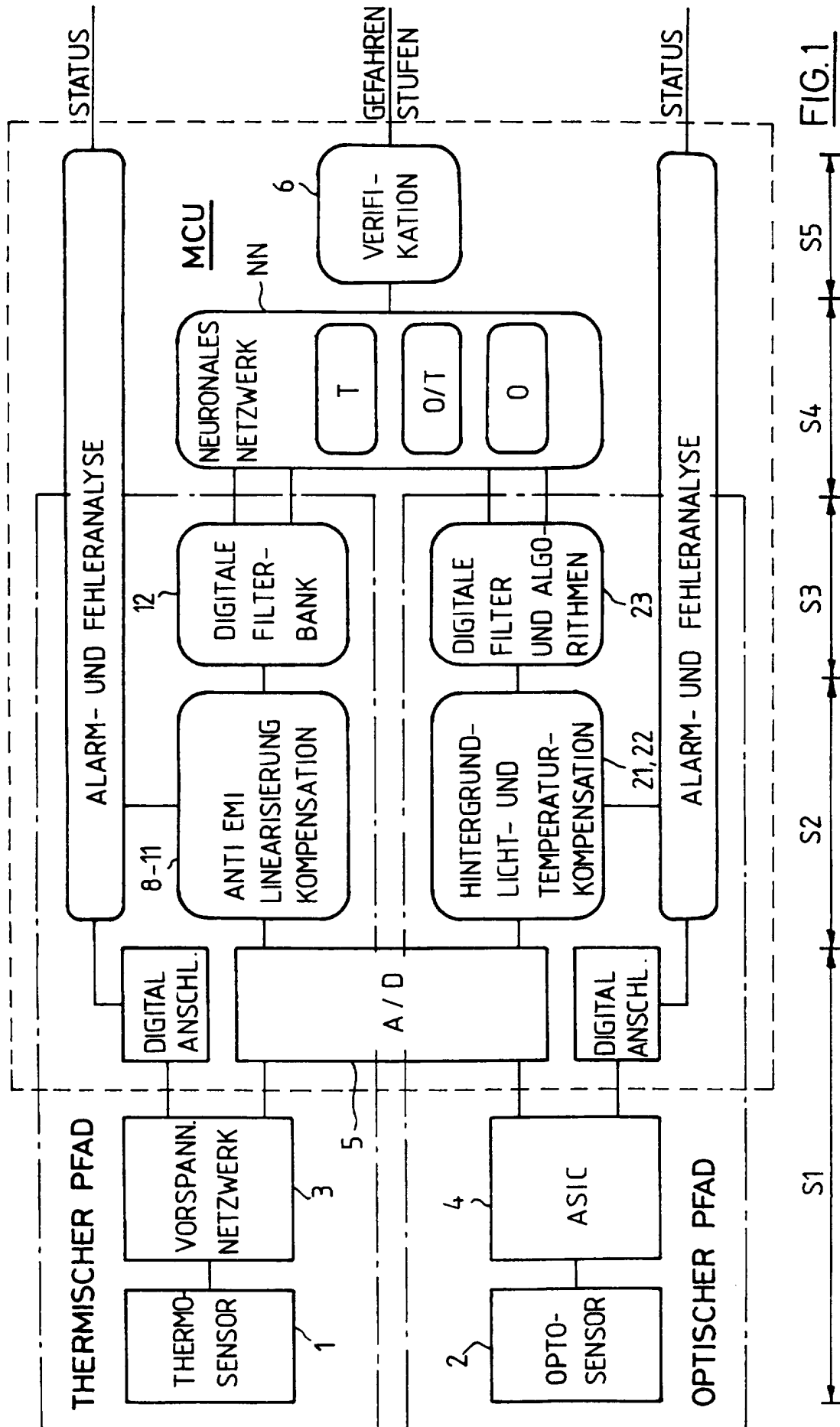


FIG.1

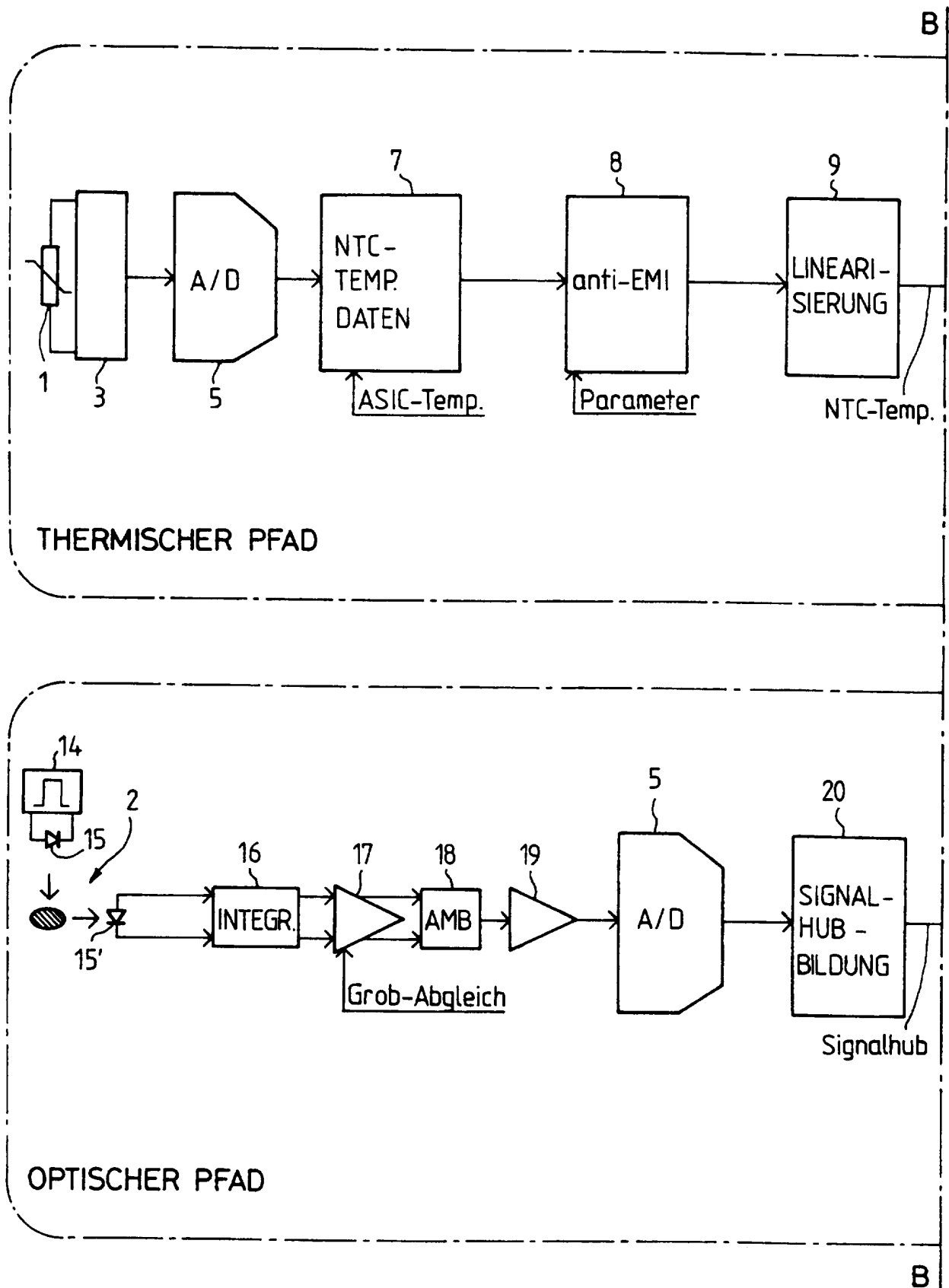


FIG. 2a

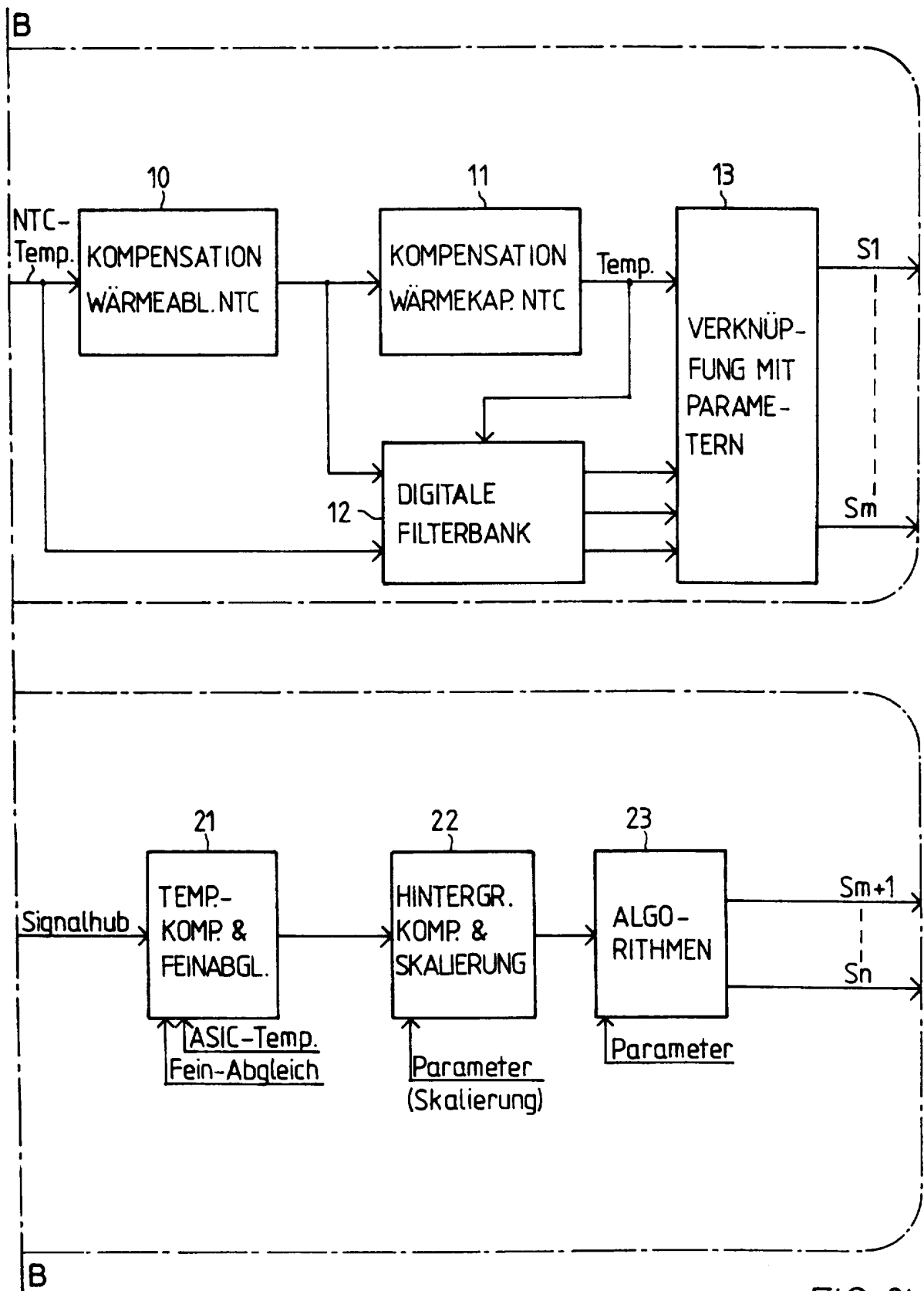


FIG. 2b

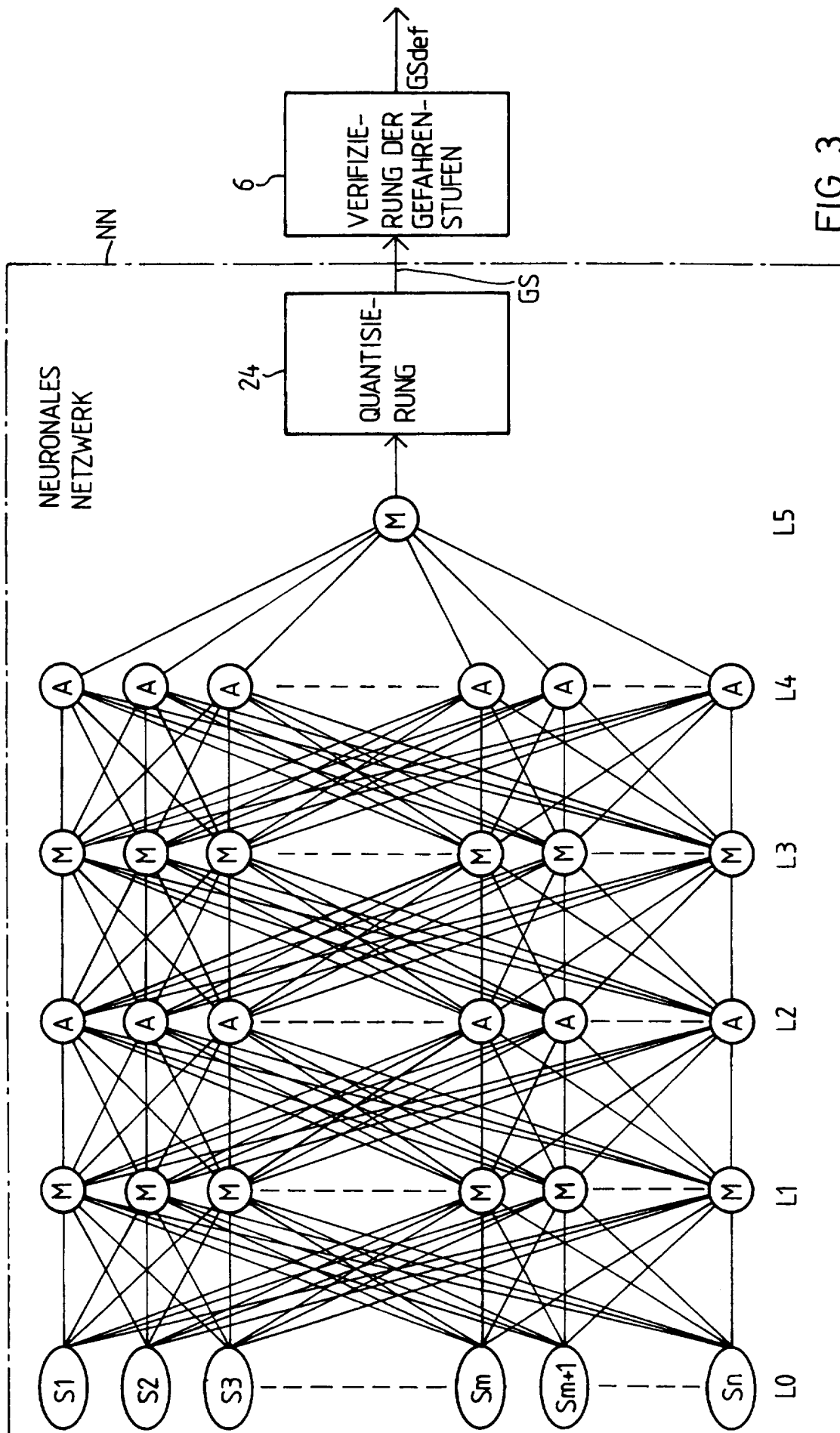


FIG. 3