



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 693 553 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
23.08.2006 Patentblatt 2006/34

(51) Int Cl.:
F01M 1/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06001076.6**

(22) Anmeldetag: **19.01.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **18.02.2005 DE 102005007406**

(71) Anmelder:
• **Dr.Ing. h.c.F. Porsche Aktiengesellschaft
70435 Stuttgart (DE)**

• **Keller, Hubert B.
73139 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:
• **Scholl, Peter
78300 Poissy (FR)**
• **Grunwald, Oliver
68766 Hockenheim (DE)**
• **Keller, Hubert, Dr.
76139 Karlsruhe (DE)**

(54) **Verfahren zur Ansteuerung einer Motorölpumpe**

(57) Es wird ein Verfahren zur Ansteuerung einer Motorölpumpe einer Brennkraftmaschine mit zumindest einer Steuereinheit, welcher die von Sensoren erfassten Betriebsparameter zugeführt sind, wobei in der Steuereinheit ein neuronales Netz (11) zur Bestimmung der Steuergröße zur Ausgabe an die Motorölpumpe implementiert ist, vorgeschlagen. Das neuronale Netz (11) wird vor seiner Implementierung in die Steuereinheit in einer Trainingsphase während der Applikation dahingehend angelernt, dass es eine intelligente mitlernende

Struktur darstellt, die bei der Ansteuerung der Motorölpumpe während des Fahrbetriebs einen Regelkreis schließt, der über eine Rückkopplung der ausgegebenen Steuergröße und die Erfassung des Ist-Öldruckes und einen Vergleich mit einem vorgegebenen Soll-Öldruckes eine Anpassung der Steuergröße in der Art vornimmt, dass in dem neuronalen Netz jeweils die aktuell auszugebende Steuergröße laufend neu berechnet wird.

EP 1 693 553 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Einrichtung zur Regelung des Schmieröldruckes einer Brennkraftmaschine, wie sie beispielsweise aus der DE 101 41 786 A1 bekannt ist.

[0002] Bei dieser bekannten Einrichtung zur Regelung des Schmieröldruckes einer Brennkraftmaschine ist einer Ölpumpe ein Öldruckregelventil zugeordnet, dessen Ventilkörper von einer Vorderseite durch den Öldruck in eine Öffnungsrichtung beaufschlagt wird, wobei die Öffnungscharakteristik des Öldruckregelventils in Abhängigkeit verschiedener Betriebsparameter und Betriebszustände einstellbar ist. Die Öffnungscharakteristik des Ventils kann auf einfache Art und Weise dadurch geändert werden, dass über eine von der Druckseite auf die Rückseite des Kolbens führende Hydraulikleitung Öldruck auf die Kolbenrückseite aufgebracht wird. Durch eine entsprechende Steuerung des über die erhöhte Hydraulikleitung in den Gehäuseraum des Kolbenventils geführten Schmieröls können entsprechend den verschiedenen Betriebszuständen des Motors unterschiedliche Öldrücke eingestellt werden.

[0003] Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass durch eine intelligente Regelung des Öldruckes unter Einbindung einer intelligenten mitlernenden Struktur die Ansteuerung der Ölpumpe die verschiedensten Faktoren, wie die Drehzahl, der momentane Drehzahlverlauf, die Ölviskosität, die Öltemperatur, Fertigungstoleranzen innerhalb der Ölpumpe und des Motors und eine mögliche Leckage durch Verschleiß und Alterung des Motors berücksichtigt. Durch das Nutzen einer intelligenten mitlernenden Struktur ist eine hohe Regelgüte mit geringer Rechenleistung gewährleistet.

Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, als mitlernende intelligente Struktur ein neuronales Netz, wie beispielsweise ein Kohonen-Netz einzusetzen. Die Ansteuerung der Ölpumpe-Ventil-Motor-Einheit über ein neuronales Netz bietet den Vorteil eines selbstlernenden Algorithmus mit der Möglichkeit, permanent Korrekturen in den Stützstellen eines solchen Netzes vorzunehmen, den Eingangsbereich mehrdimensional zu gestalten und eine Interpolation über mehrere Stellgrößen zuzulassen, wodurch eine gewisse Glattheit in der Ansteuerung gegeben ist und keine Sprünge bei der Ansteuerung der Ölpumpe, die sich negativ auf das Verhalten auswirken, auftreten.

[0004] Die Verwendung neuronaler Netze zur Steuerung verschiedener Verfahren ist prinzipiell bereits bekannt, wie dies beispielsweise der DE 43 33 698 A1 zu entnehmen ist. Der Vorteil bei dem vorliegenden Verfahren besteht darin, diese Methodik der Verarbeitung und Bestimmung verschiedener Steuergrößen so in die Motorsteuerung und in die Ansteuerung der Motorölpumpe zu integrieren, dass sich eine technische Verbesserung des Verhaltens im Fahrbetrieb ergibt.

[0005] Das Verfahren zur Ansteuerung einer Motorölpumpe unter Einbindung einer intelligenten mitlernenden

Struktur hat ferner den Vorteil, dass die Veränderung der Parameter im laufenden Betrieb protokolliert werden kann. Das Erfassen von Zustandsänderungen ist im Sinne einer Diagnose auszuwerten und die Qualität des Regelprozesses wird verbessert.

[0006] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 die Trainingsphase zum Anlernen des Kohonen-Netzes,

Fig. 2 das im Fahrzeug implementierte Regelverfahren mit dem integrierten Kohonen-Netz.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung einer Ölpumpe mit einer intelligenten mitlernenden Struktur zur Regelung der Ölpumpe besteht im Wesentlichen aus zwei Phasen. Einer ersten Phase, in welcher die intelligente mitlernende Struktur bestimmt wird, und einer zweiten Phase, in welcher diese mitlernende Struktur in das Regelverfahren im Fahrzeug implementiert wird.

[0008] Figur 1 zeigt die erste Phase, welche auch als Vorbereitungsphase oder Trainingsphase bezeichnet werden kann.

Diese Trainingsphase für die intelligente mitlernende Struktur wird auf einem Rechner und nicht direkt am Fahrzeug durchgeführt. Hierzu werden von vordefinierten Referenzmessungen verschiedenen Eingangsgrößen 10, wie die Drehzahl n , die Drehzahldifferenz Δn , die Öltemperatur $T(\text{öl})$ und das Motormoment M_m , eingegeben. Diese verschiedenen Betriebsparameter wurden im Vorfeld beim Betrieb einer Brennkraftmaschine beispielsweise auf einem Prüfstand oder durch Messungen während verschiedenster Fahrten erfasst und als repräsentative Größen abgespeichert. Sie geben das Fahrverhalten der Brennkraftmaschine unter den verschiedensten Bedingungen an. Wie der Figur 1 zu entnehmen, werden die Eingangsgrößen 10 an ein neuronales Netz 11 geführt. In dieser in Figur 1 dargestellten Trainingsphase befindet sich das neuronale Netz 11 in einem Ausgangszustand, bevor es für den Einsatz im Fahrzeug berechnet wird.

Parallel zu der Weiterleitung der Betriebsparameter 10 an das neuronale Netz 11 sind diese Eingangsdaten an ein MLP-Netz 12 geführt, welches den Betrieb der Brennkraftmaschine simuliert, und an ein Kennfeld 13 für den Soll-Öldruck geführt.

Als neuronales Netz 11 wird bei diesem Verfahren ein Kohonen-Netz verwendet, wobei ein solches Kohonen-Netz bereits bekannt ist (vgl. "Maschinelle Intelligenz" Hubert B. Keller, ISBN 35280548911) und hier nicht im einzelnen erläutert werden soll.

[0009] Das Kohonen-Netz 11 gibt nach einer entsprechenden Bewertung und Wichtung der Eingangsgrößen 10 eine Ausgangsgröße AG aus, die an den Eingang des MLP-Netzes 12 geführt ist. Das MLP-Netz 12 simuliert

das Verhalten der Brennkraftmaschine, so dass am Ausgang dieses MLP-Netzes 12 eine Größe für den entsprechenden Ist-Öldruck zur Verfügung steht, wie er bei einem realen Betrieb einer Brennkraftmaschine mit den entsprechenden Eingangsgrößen und der von dem neuronalen Netz 11 ausgegebenen Größe für die Ansteuerung der Motorölpumpe, auftreten würde. Diese Größe des Ist-Öldruckes wird mit dem aufgrund der entsprechenden Betriebsgrößen aus dem Kennfeld 13 zu entnehmenden Soll-Öldruck verglichen. Dies ist in der Figur 1 mit der Verarbeitungsstufe 14 dargestellt. Aufgrund der in der Verarbeitungsstufe 14 ermittelten Abweichung zwischen Ist-Öldruck und Soll-Öldruck wird eine Adaption des Kohonen-Netzes 12 durchgeführt. Diese Adaption stellt im Wesentlichen ein Iterationsverfahren dar, in welchem durch die Rückkopplung der Reaktionen auf die vorher ausgegebene Ausgangsgröße AG das Kohonen-Netzes 12 lernt, auf Veränderungen im Betrieb der Brennkraftmaschine zu reagieren. Nach der Trainingsphase ist das neuronale Netz eine intelligente mitlernende Struktur, dessen Stützstellen nicht einmal festgelegt und dann durch Beaufschlagen eines Kennfeldes dieses adaptieren, sondern das neuronale Netz selber lernt und gibt jeweils direkt die optimale Steuergröße aus. Diese Lern- oder Trainingsphase ist die Grundlage für die spätere Implementierung dieses neuronalen Netzes 12 in die Steuerung der Motorölpumpe.

[0010] In Figur 2 ist dargestellt, wie die Ansteuerung der Motorölpumpe unter Nutzung des neuronalen Netzes 11 arbeitet. Die Eingangsgrößen 20 entsprechen im Wesentlichen den Eingangsgrößen 10 aus Figur 1. Nur werden diese Eingangsgrößen 20 hier nicht von einem Rechner, sondern direkt von den nicht dargestellten Sensoren der Brennkraftmaschine gemessen und beispielsweise über einen Datenbus 21 dem Verfahren zur Ansteuerung der Motorölpumpe zur Verfügung gestellt. Zur Vorbereitung werden die vom Datenbus 21 gelieferten Daten in einer Vorbereitungseinheit 22 aufbereitet, so dass sie anschließend direkt als Eingangsgrößen 20 an das Kohonen-Netz 11 und an das Kennfeld 13 zur Bestimmung des Soll-Öldruck weitergeleitet werden. Das Kohonen-Netz 11 bestimmt aufgrund der als Eingangsgrößen 20 zur Verfügung stehenden Betriebsparameter die Steuergröße SG, die dann zur Ansteuerung der Motorölpumpe ausgegeben wird.

Die Ansteuerung der Motorölpumpe beeinflusst wiederum den Betrieb der Brennkraftmaschine und den Ist-Öldruck. Durch die Erfassung des Ist-Öldruckes und einen Vergleich des Ist-Öldruckes mit dem Soll-Öldruck in der Vergleichsstufe 14 erfolgt analog zur Trainingsphase eine Adaption des neuronalen Netzes (Kohonen-Netz), so dass dieses neuronale Netz auch im eigentlichen Betrieb ein ständig mitlernendes Medium darstellt.

[0011] Wesentlich ist sowohl in der Trainingsphase als auch bei der eigentlichen Umsetzung des Verfahrens zur Ansteuerung einer Motorölpumpe, dass eine Rückinformation nach einer Steuergrößenausgabe über eine Erfassung des Ist-Öldruckes und des Soll-Öldruckes er-

folgt.

[0012] Die eigentliche Berechnung innerhalb des neuronalen Netzes betrifft bereits bekannte Rechenalgorithmen und Methodiken. Erfindungswesentlich ist die Einbindung eines an sich bekannten neuronalen Netzes in die Vorgänge innerhalb der Ansteuerung einer Brennkraftmaschine zur Ansteuerung der Motorölpumpe.

[0013] Die vorstehende Beschreibung führt aus, dass die intelligente mitlernende Struktur während der Trainingsphase angelern und dann in die Steuereinheit implementiert ist. Es ist jedoch genauso möglich, diese Trainingsphase im laufenden Betrieb der Brennkraftmaschine durchzuführen. Die verschiedenen Eingangsgrößen zur Bestimmung der Ansteuerung des Motorölpumpe sowie die dazu gehörende Reaktion der Brennkraftmaschine sind bekannt, so dass mit diesen Größen ein Nachlernen des neuronalen Netzes durchgeführt werden kann. Eine Protokollierung dieses Nachlernprozesses ermöglicht es außerdem, Veränderungen zu diagnostizieren um so Rückschlüsse auf beispielsweise Alterungsprozesse und/oder Defekte der einzelnen Komponenten zu erfassen.

25 Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung einer Motorölpumpe einer Brennkraftmaschine mit zumindest einer Steuereinheit, welcher die von Sensoren erfassten Betriebsparameter (20) zugeführt sind, wobei in der Steuereinheit ein neuronales Netz (11) zur Bestimmung der Steuergröße zur Ausgabe an die Motorölpumpe implementiert ist, wobei das neuronale Netz vor seiner Implementierung in die Steuereinheit in einer Trainingsphase während der Applikation dahingehend angelern wird, dass es eine intelligente mitlernende Struktur darstellt, die bei der Ansteuerung der Motorölpumpe während des Fahrbetriebs einen Regelkreis schließt, der über eine Rückkopplung der ausgegebenen Steuergröße und die Erfassung des Ist-Öldruckes und einen Vergleich mit einem vorbestimmten Soll-Öldruckes eine Anpassung der Steuergröße (SG) in der Art vornimmt, dass in dem neuronalen Netz (11) jeweils die aktuell auszugebende Steuergröße laufend neu berechnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auszugebenden Steuergrößen (SG) keine fest abgespeicherten Adaptionswerte sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als neuronales Netz ein Kohonen-Netz verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Trainingsphase das neuronale Netz mit einem weiteren neuronalen Netz

zur Simulation des Betriebs einer Brennkraftmaschine verbunden ist und dieses weitere neuronale Netz einen Wert für den zu erwartenden Ist-Öldruck ausgibt, wobei der Ist-Öldruck mit einem aus einem Kennfeld (13) entnommenen Soll-Öldruck verglichen wird und das Ergebnis dieser Bewertung dem neuronalen Netz zugeführt wird, so dass das neuronale Netz aktiv lernt auf Veränderungen zu reagieren.

5

10

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassung der Steuergröße (SG), die in dem neuronalen Netz (11) jeweils aktuell neu berechnet wird, protokolliert wird und für Diagnose ausgelesen werden kann.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

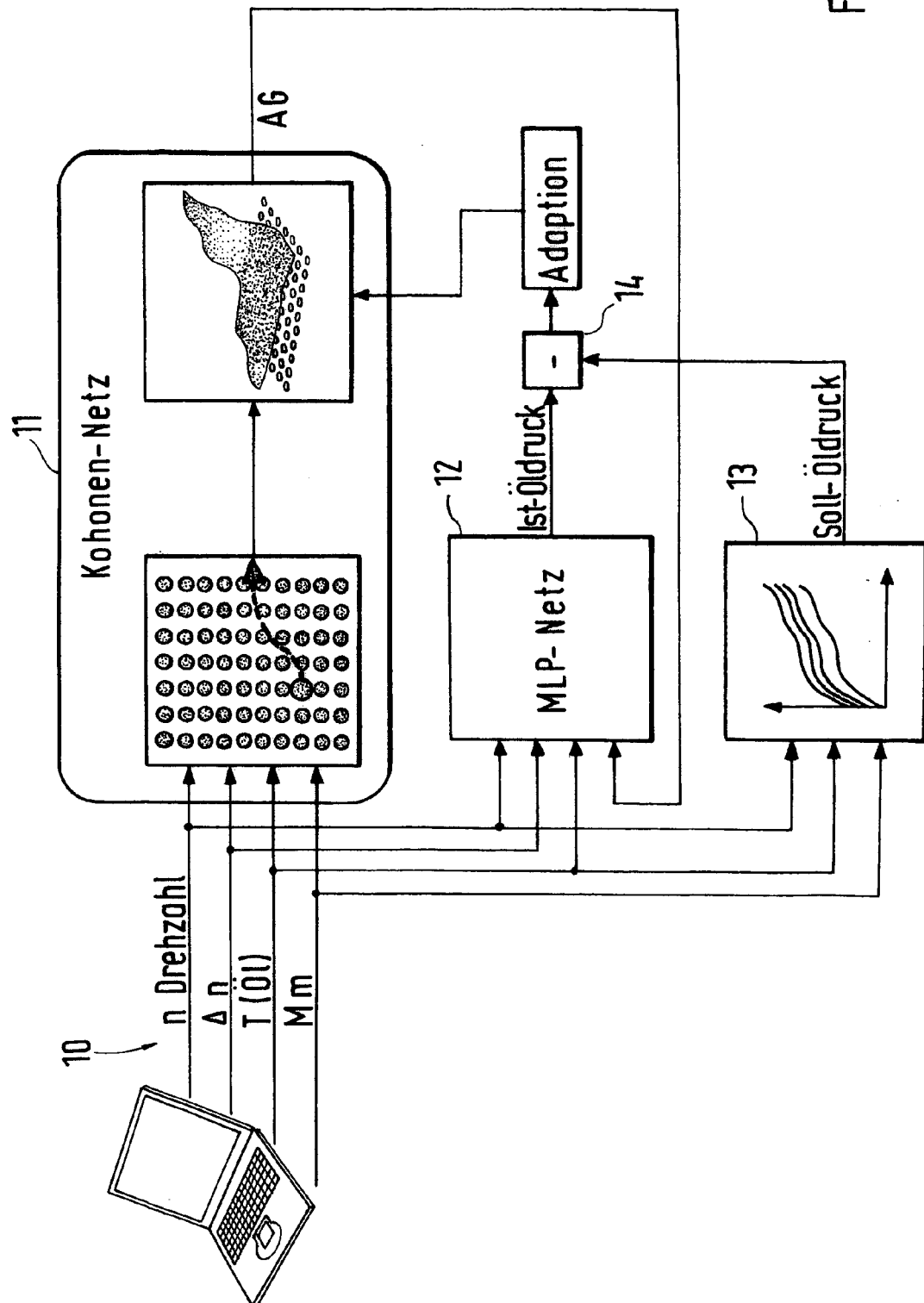


Fig. 1

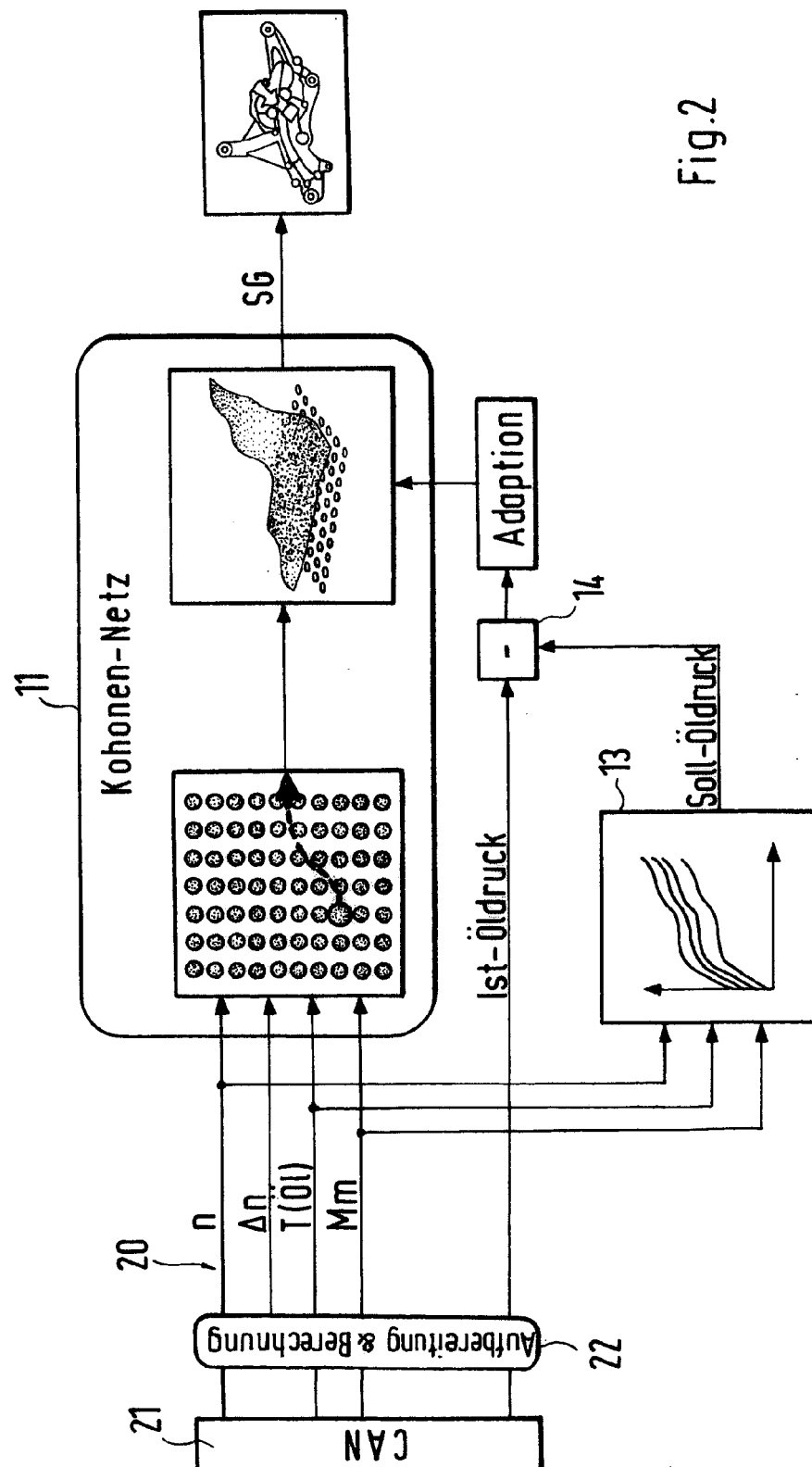


Fig.2