



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

11 Veröffentlichungsnummer: 0 297 217  
A2

12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

② Anmeldenummer: 88104624.7

51 Int. Cl. 4: F02D 41/14, F02D 41/26

② Anmeldetag: 23.03.88

③ Priorität: 03.07.87 DE 3721971

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.01.89 Patentblatt 89/01**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB SE**

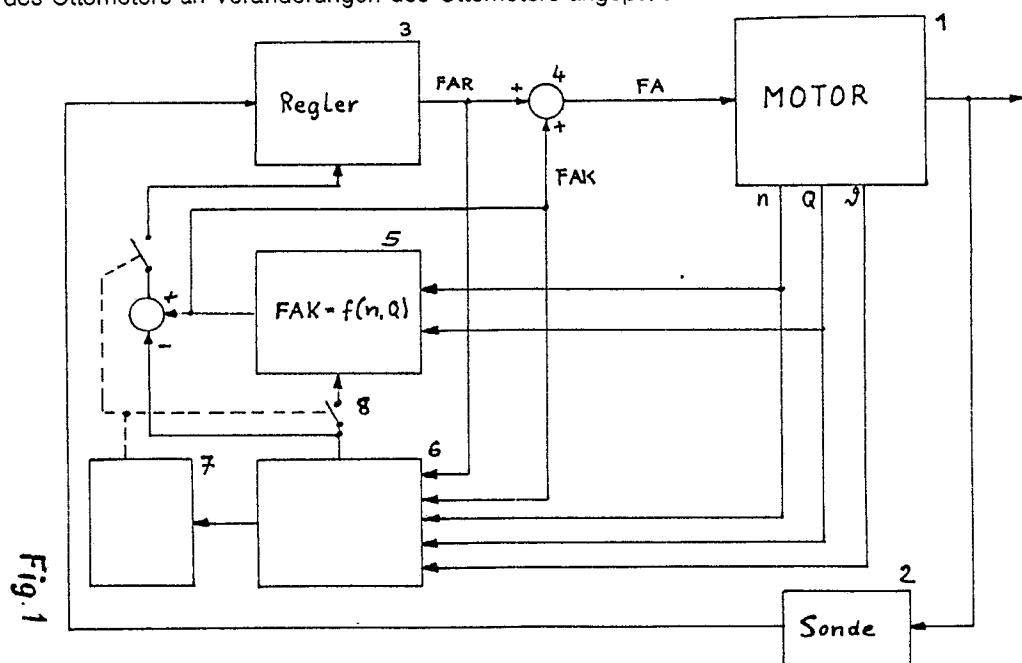
71 Anmelder: **VDO Adolf Schindling AG**  
Gräfstrasse 103  
D-6000 Frankfurt/Main(DE)

72) Erfinder: Lukas, Bernhard  
Hermann-Löns-Strasse 16  
D-6096 Raunheim(DE)  
Erfinder: Reisch, Wolfgang  
21 Grantham Road  
Viewbank, VIC 3048(AU)

74 Vertreter: Klein, Thomas, Dipl.-Ing. (FH)  
Sodener Strasse 9 Postfach 6140  
D-6231 Schwalbach a. Ts.(DE)

## 54 Verfahren zur Verbesserung des Abgasverhaltens von Ottomotoren.

57 Bei einem Verfahren zur Verbesserung des Abgasverhaltens von Ottomotoren, wobei das Ausgangssignal einer im Abgaskanal des Ottomotors angeordneten Sauerstoffmeßsonde einem Regler zugeführt wird und die Ausgangsspannung des Reglers eine Stellgröße zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bildet, wird der Ausgangsspannung des Reglers eine weitere Spannung überlagert, die einem gespeicherten Kennfeld in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Ottomotors entnommen wird. Dabei kann das Kennfeld während des Betriebes des Ottomotors an Veränderungen des Ottomotors angepaßt werden.



### Verfahren zur Verbesserung des Abgasverhaltens von Ottomotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung des Abgasverhaltens von Ottomotoren, wobei das Ausgangssignal einer im Abgaskanal des Ottomotors angeordneten Sauerstoffmeßsonde einem Regler zugeführt wird und die Ausgangsspannung des Reglers eine Stellgröße zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bildet.

- 5 Zur Verminderung von schädlichen Abgasen ist es bei Ottomotoren bekannt, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis nach dem Ausgangssignal einer im Abgaskanal angeordneten Sauerstoffmeßsonde zu regeln. Dabei ist der Regel-Algorithmus auf einen stationären Betrieb ausgelegt, wodurch sich bei Änderung des Betriebszustandes längere Einschwingzeiten ergeben, in denen das Luft/Kraftstoff-Verhältnis vom Sollwert abweicht und sich dadurch erhöhte Anteile an schädlichen Abgasen ergeben können.
- 10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verbesserung des Abgasverhaltens von Ottomotoren anzugeben, bei welchem eine schnelle Anpassung an sich ändernde Betriebsparameter des Motors möglich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangsspannung des Reglers eine weitere Spannung überlagert wird, die einem gespeicherten Kennfeld in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Ottomotors entnommen wird.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird bei einer Änderung der Betriebsparameter das Luft/Kraftstoff-Verhältnis ohne wesentliche Verzögerung in den Bereich des Sollwertes gesteuert, worauf die Regelung von diesem Arbeitspunkt aus erfolgt.

Eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß das Kennfeld während des Betriebes des Ottomotors an Veränderungen des Ottomotors angepaßt wird. Hierdurch ist eine Anpassung des Kennfeldes an den jeweiligen Motorzustand möglich. Dabei kann in einem Nur-Lese-Speicher bei der Fertigung eines Steuergerätes nach dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Grundeinstellung für den Ottomotor abgelegt werden, welcher dann im Fahrbetrieb selbsttätig optimiert wird. Dieses erfolgt in vorteilhafter Weise dadurch, daß während Zeiten mit stationärem Betrieb des Ottomotors unter Berücksichtigung des Ausgangssignals des Reglers Werte abgeleitet werden, welche für die während des stationären Betriebes herrschenden Betriebsparameter in das Kennfeld eingetragen werden. Durch diese Weiterbildung wird ermöglicht, daß beim Fahrbetrieb genügend häufig neue Werte eingetragen werden.

Eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht eine vorteilhafte Ermittlung der neu einzutragenden Werte dadurch, daß die neu einzutragenden Werte durch die bewertete Addition des zuvor eingetragenen Wertes und eines Mittelwertes des letzten Minimums und des letzten Maximums der Ausgangsspannung des Reglers gebildet werden.

Gemäß einer anderen Weiterbildung ist vorgesehen, daß eine Eintragung neuer Werte in das Kennfeld nur dann erfolgt, wenn die neuen Werte mindestens einen vorgegebenen Unterschied zu den alten aufweisen. Durch diese Weiterbildung wird die Zahl der für die Optimierung erforderlichen Rechenoperationen eines dafür eingesetzten Mikrocomputers verringert.

Schließlich besteht eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens darin, daß Kennfeldwerte, welche den neu eingetragenen Kennfeldwerten benachbart sind, mit einer vorgegebenen Gewichtung korrigiert werden. Hierdurch ist auch eine Anpassung von Kennfeldwerten möglich, für welche sich die Betriebsparameter des Motors während des Betriebes nicht oder nur in großen Zeitabständen einstellen.

40 Die Erfindung läßt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon ist schematisch in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und nachfolgend beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 Zeitdiagramme verschiedener bei der Anordnung nach Fig. 1 auftretender Signale und

45 Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Erläuterung eines in einem Mikrocomputer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gespeicherten Programms.

Obwohl sich entsprechend programmierte Mikrocomputer in vorteilhafter Weise zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignen, wird die Erfindung zunächst anhand der Fig. 1 dargestellten aus mehreren Funktionseinheiten bestehenden Schaltungsanordnung erläutert. Im Abgaskanal eines Ottomotors 1 befindet sich eine Lambda-Sonde 2, die je nachdem, ob das Luft/Kraftstoff-Verhältnis unter oder über 1 ist, eine entsprechende Ausgangsspannung abgibt. Diese Ausgangsspannung wird einem an sich bekannten Regler 3 zugeführt, der als Zwei-Punkt-Regler ausgebildet ist und auf jeden Spannungssprung der Sauerstoffmeßsonde mit einem Proportionalssprung und einem anschließenden Integralanteil reagiert. Die Ausgangsspannung FAR des Reglers 3 wird über eine Addierschaltung 4 dem Ottomotor 1 zur Steuerung der Anreicherung bzw. des Luft/Kraftstoff-Gemisches zugeführt.

Dem Ottomotor sind über geeignete Sensoren Meßwerte für die Drehzahl  $n$ , die Luftmasse  $Q$  und die

Motortemperatur  $\theta$  entnehmbar. Die Drehzahl  $n$  und die Luftmasse  $Q$  werden einem Kennfeldspeicher 5 zugeführt, an dessen Ausgang ein Signal FAK ansteht, welches in der Addierschaltung 4 zum Ausgangssignal des Reglers addiert wird. Dadurch entsteht ein Anreicherungssignal FA, welches bei einer Änderung der Betriebsparameter  $n$  und  $Q$  ohne Verzögerung auf einen aus dem Kennfeldspeicher 5 entnommenen Wert springt. Durch diese Steuerung wird erreicht, daß die Anreicherung ohne Verzögerung durch den Regler 3 zunächst einen Wert annimmt, der aufgrund der Betriebsparameter  $n$  und  $Q$  für ein gunstiges Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu erwarten ist. Dieser wird dann durch die Regelung korrigiert.

Bevor auf die weiteren Teile der Schaltungsanordnung nach Fig. 1 eingegangen wird, werden im folgenden einige der in der Schaltungsanordnung auftretenden Signale und Spannungen anhand von Fig. 2 erläutert. Dabei sind in den Zeilen a) und b) die Ausgangsspannung der Sauerstoffmeßsonde und das dem Motor 1 zugeführte Signal FA für den Fall dargestellt, daß lediglich eine an sich bekannte Regelung durchgeführt wird. Die Zeilen c) und d) stellen die Ausgangsspannung der Sauerstoffmeßsonde 2 und das Signal FA bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar.

Die Ausgangsspannung der Sauerstoffmeßsonde nimmt einen geringen Wert von beispielsweise 0,2 V bei magerem und einen hohen Wert von beispielsweise 0,75 V bei fettem Gemisch ein. Durch die Zweipunkt-Regelung erfolgt im stationären Zustand ein periodischer Wechsel zwischen diesen Werten mit einer Frequenz, die unter anderem durch die Laufzeit des Gemisches und der Abgase im Ottomotor gegeben ist. Nach jeweils einem Sprung der Ausgangsspannung der Sauerstoffmeßsonde erfolgt ein Sprung der in Zeile b) dargestellten Ausgangsspannung des Reglers, an den sich eine etwa zeitlineare Funktion anschließt.

Vom Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_1$  liegen stationäre Verhältnisse vor, d. h. die Drehzahl und die Luftmasse sind im wesentlichen konstant. Es sei nun angenommen, daß kurz nach dem Zeitpunkt  $t_1$  Gas gegeben wird, worauf sich mageres Gemisch einstellt. Diejenige Anreicherung FA, welche bei dem Betriebszustand zwischen  $t_0$  und  $t_1$   $\lambda = 1$  ergibt, ist in Fig. 2b) gestrichelt angedeutet und mit FA10 bezeichnet. Nach dem Gasgeben ist zur Erreichung eines Wertes  $\lambda = 1$  der ebenfalls gestrichelt angedeutete Wert FA11 erforderlich. Es dauert eine geraume Zeit bis die Ausgangsspannung des Reglers den Wert FA11 erreicht und schließlich auch soweit überschreitet, daß ein Umschlag der Ausgangsspannung der Sauerstoffmeßsonde erfolgt. Etwa von  $T_1$  bis  $T_2$  arbeitet der Motor mit zu magerem Gemisch. Nach dem Zeitpunkt  $t_2$  wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis wieder geregelt.

Bis zum Zeitpunkt  $t_1$  unterscheiden sich die in den Figuren 2c) und d) dargestellten Signale nicht von denen gemäß a) und b). Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird jedoch sofort bei Änderung der Betriebsparameter zum Zeitpunkt  $t_3$  ein neuer Wert FA11 aus dem Kennfeldspeicher 5 ausgelesen. Nach dem Zeitpunkt  $t_3$  erfolgt die Regelung darauf aufbauend, so daß sich nach kurzer Zeit ein Pendeln der Stellgröße FA um den Wert FA11 ergibt. Die gleichen Verhältnisse ergeben sich mit umgekehrtem Vorzeichen, wenn sich ein zu fettes Gemisch durch Änderung der Betriebsparameter einstellt.

Da jedoch die Funktion zwischen der erforderlichen Anreicherung FA und den Betriebsparametern  $n$  und  $Q$  nicht nur von der Art des Motors abhängt und von hergestelltem Exemplar zu Exemplar verschieden ist, sondern sich auch während der Lebensdauer des Motors ändert, ist bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel eine Anpassung bzw. Optimierung des gespeicherten Kennfeldes vorgesehen. Dazu werden  $n$ ,  $Q$  und  $\theta$  einer Aufbereitungsschaltung 6 zugeführt. Außerdem sind Eingänge der Aufbereitungsschaltung an Ausgänge des Reglers 3 und des Kennfeldspeichers 5 angeschlossen, so daß die Signale FAR und FAK ebenfalls zur Aufbereitungsschaltung 6 geleitet werden. In der Aufbereitungsschaltung 6 wird festgestellt, ob ein stationärer Betrieb vorliegt. Dieses erfolgt zunächst durch Vergleich der Motortemperatur mit einem vorgegebenen Wert und dadurch, daß geprüft wird, ob die Drehzahl und die Luftmasse während eines vorgegebenen Zeitraumes konstant sind. Ist dieses der Fall, wird aus den Signalen FAR und FAK wie im Zusammenhang mit Fig. 3 genauer beschrieben wird, ein Wert ermittelt, der bei Abweichungen von dem für  $n$  und  $Q$  gespeicherten Wert als neuer Kennfeldwert in den Kennfeldspeicher 5 eingegeben wird. Dazu wird in einer Schaltung 7 ein Impuls zur Eintragung des neuen Kennfeldwertes abgeleitet und ein Schalter 8 geschlossen, der die Aufbereitungsschaltung 6 mit Dateneingängen des Kennfeldspeichers 5 verbindet.

Der Regler 3 wird gleichzeitig mit der Differenz aus dem neuen und dem alten Kennfeldwert korrigiert. Hierdurch wird erreicht, daß sich die Anreicherung FA zum Zeitpunkt des Eintrags des neuen Kennfeldwertes nicht ändert. Die Differenz wird in einer Subtraktionschaltung 9 abgeleitet und über einen Schalter 10, der von der Schaltung 7 gesteuert wird, dem Regler 3 zugeführt.

Fig. 3 zeigt ein Flußdiagramm eines Programms, welches zum Betrieb eines Mikrocomputers zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dient. Nach dem Start des Programms bei 11 verzweigt sich das Programm bei 12 in Abhängigkeit davon, ob ein Umschlag der Sondenspannung erfolgt ist. Ist kein Umschlag erfolgt, so wird die Ausgangsspannung entsprechend dem I-Anteil des Reglers bei 13 verändert. Ist ein Sondenumschlag erfolgt, so wird bei 14 ein Sprung der Ausgangsspannung als P-Anteil ermittelt und

ausgegeben. Der Ausdruck (k) bedeutet im Zusammenhang mit der Beschreibung von Fig. 3, daß der Wert der vorangestellten Größe beim derzeitigen Programmdurchlauf gemeint ist, während (k-1) den Wert beim vorangegangenem Programmdurchlauf bezeichnet. Bei 15 wird zu der Ausgangsspannung des Reglers ein aus einem Kennfeldspeicher gelesener Wert FAK addiert und als Stellgröße für die Anreicherung ausgegeben.

Die folgenden drei Programmverzweigungen 16, 17, 18 dienen zur Festlegung, ob im Kennfeldspeicher ein gespeicherter Wert durch einen neuen ersetzt werden soll. Dabei wird zunächst einmal geprüft, ob der Motor warmgelaufen ist, was beispielsweise bei einer Temperatur von über 80 °C der Fall ist. Ist der Motor noch nicht warmgelaufen, so werden die im Kennfeldspeicher fest gespeicherten Normalwerte beibehalten und das Programm nach der Verzweigung 16 bei 12 fortgesetzt. Ist jedoch der Motor warmgelaufen, so wird bei 17 geprüft, ob zur Zeit ein stationärer Betriebszustand des Motors vorhanden ist. Dieses erfolgt dadurch, daß festgestellt wird, ob die Drehzahl n und die Luftmasse Q innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes in vorgegebenen Grenzen konstant sind. Ist dieses nicht der Fall, so wird das Programm ebenfalls bei 12 fortgesetzt.

15 Die weitere Verzweigung 18 dient dazu festzustellen, ob sich eine nennenswerte Abweichung eines neu zu speichernden Kennlinienwertes ergibt. Ist dieses nicht der Fall, wird wiederum das Programm bei 12 fortgesetzt. Diese Prüfung trägt dazu bei, Rechenzeit zu sparen.

Erst wenn es sich um nennenswerte Abweichungen handelt, wird nach der Verzweigung 18 bei 19 ein neuer Kennfeldwert berechnet. Dabei hat es sich als günstig herausgestellt, daß der Mittelwert zwischen 20 den Extremwerten der dem Ottomotor zugeführten Stellgröße FA als neuer Kennfeldwert gespeichert wird und somit den Arbeitspunkt für die weitere Regelung bildet.

Bei dem Verlauf des Signals FA nach Fig. 2d) wären hierzu die Größen FAmín und FAmáx zu mitteln, was als Mittelwert letztlich die Größe FA11 ergibt.

25 Da sich jedoch die Kennfeldwerte für jeweils einen Drehzahlwert und einen Luftmassenwert nur langsam ändern, kann aus einer plötzlichen großen Abweichung geschlossen werden, daß hier möglicherweise eine Fehlmessung vorliegt. Es ist daher bei dem Programm gemäß Fig. 3 vorgesehen, daß ein neuer Wert FAK(k) durch bewertete Addition des zuvor eingetragenen Wertes FAK(k-1) und dem für die neue Eintragung an sich vorgesehenen Wertes erfolgt. Dadurch ergibt sich eine Art Tiefpaßfilterung. Der neu einzutragende Wert kann beispielsweise durch folgende Gleichung gebildet werden:

30

$$FAK(k) = - FAK(k-1) + \frac{FAmáx(k) + FAmín(k)}{5} \quad 10$$

35

Der so ermittelte Wert wird in den Kennfeldspeicher 5 eingeschrieben. Da möglicherweise Kennfeldwerte für einzelne Drehzahl- und Luftmassewerte selten in einem stationären Betrieb auftreten, werden in einem weiteren Programmschritt 20 die Kennfeldwerte für benachbarte Drehzahl- und Luftmassewerte ebenfalls durch neue ersetzt. Hierbei erfolgt jedoch eine Wertung der korrigierten benachbarten Werte in Anlehnung an das fest eingespeicherte Norm-Kennlinienfeld. Nach dem Programmschritt 20 wird das Programm bei 12 wiederholt.

#### 45 Ansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung des Abgasverhaltens von Ottomotoren, wobei das Ausgangssignal einer im Abgaskanal des Ottomotors angeordneten Sauerstoffmeßsonde einem Regler zugeführt wird und die Ausgangsspannung des Reglers eine Stellgröße zur Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses bildet, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangsspannung des Reglers eine weitere Spannung überlagert wird, die einem gespeicherten Kennfeld in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Ottomotors entnommen wird.

50 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kennfeld während des Betriebes des Ottomotors an Veränderungen des Ottomotors angepaßt wird.

55 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß während Zeiten mit stationärem Betrieb des Ottomotors unter Berücksichtigung des Ausgangssignals des Reglers Werte abgeleitet werden, welche für die während des stationären Betriebes herrschenden Betriebsparameter in das Kennfeld eingetragen werden.

4 Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die neu einzutragenden Werte durch die bewertete Addition des zuvor eingetragenen Wertes und eines Mittelwertes des letzten Minimums und des letzten Maximums der Ausgangsspannung des Reglers gebildet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Eintragung neuer Werte in das Kennfeld nur dann erfolgt, wenn die neuen Werte mindestens einen vorgegebenen Unterschied zu den alten aufweisen.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Kennfeldwerte, welche den neu eingetragenen Kennfeldwerten benachbart sind, mit einer vorgegebenen Gewichtung korrigiert werden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

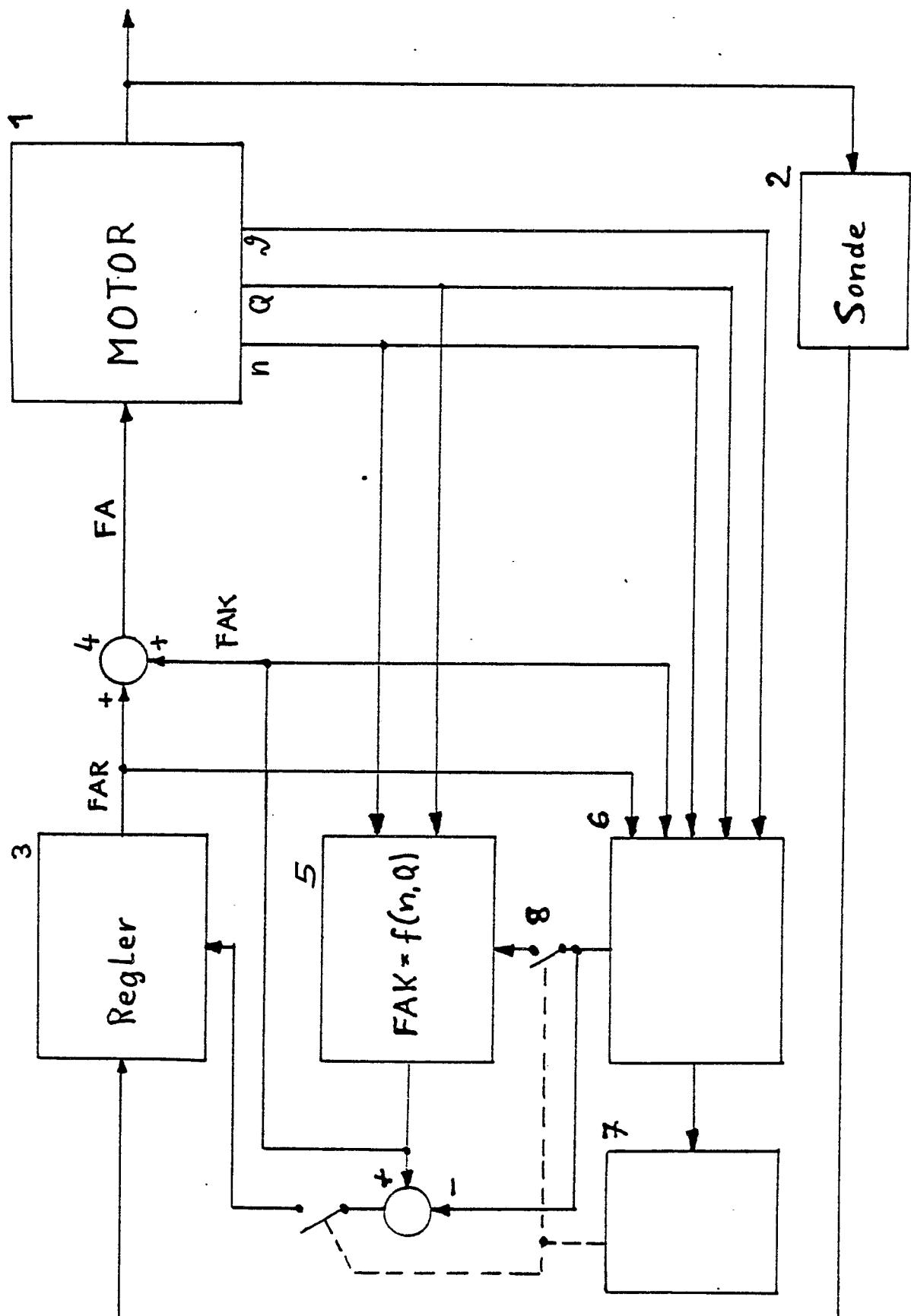


Fig. 1

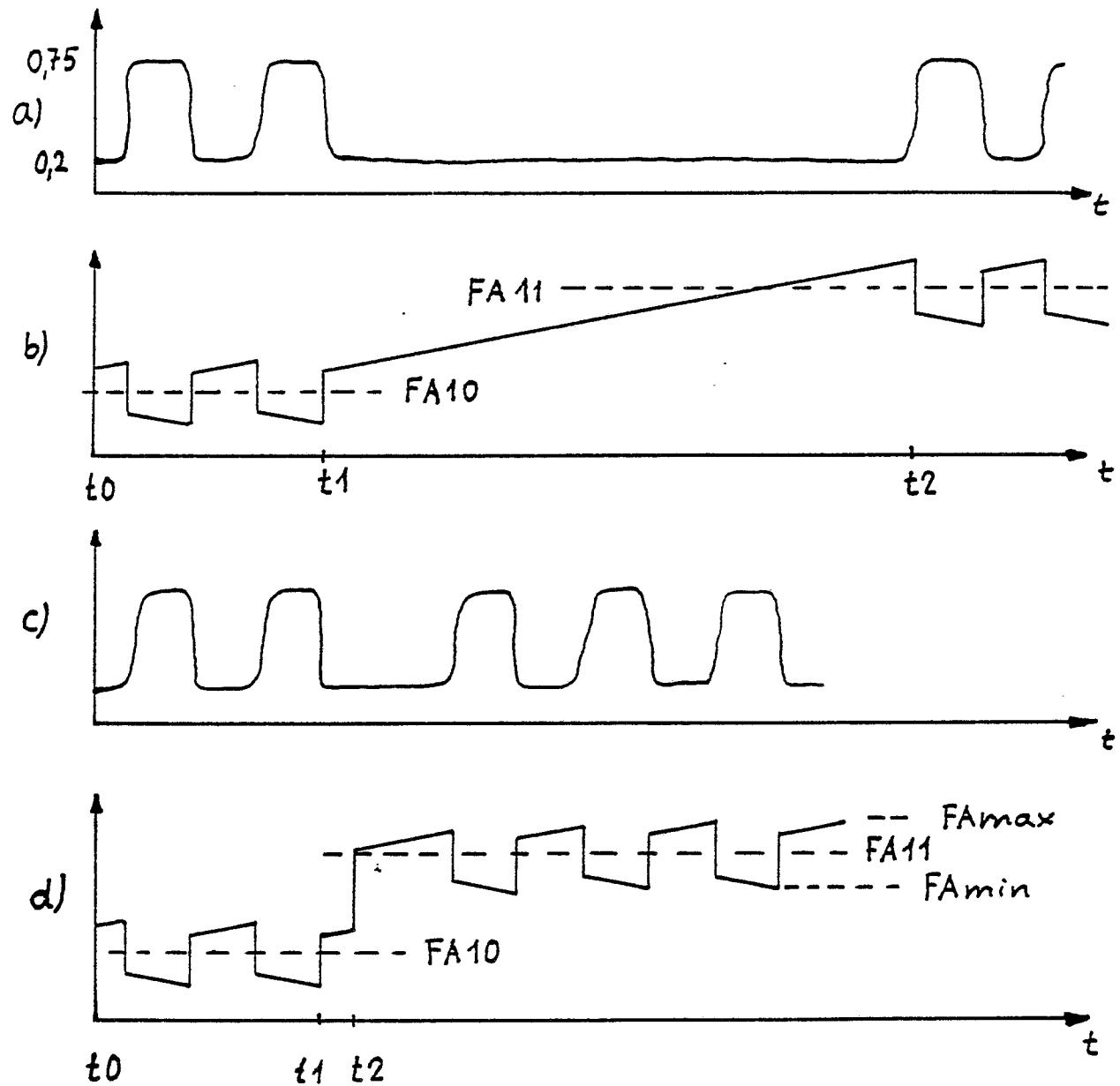


Fig. 2

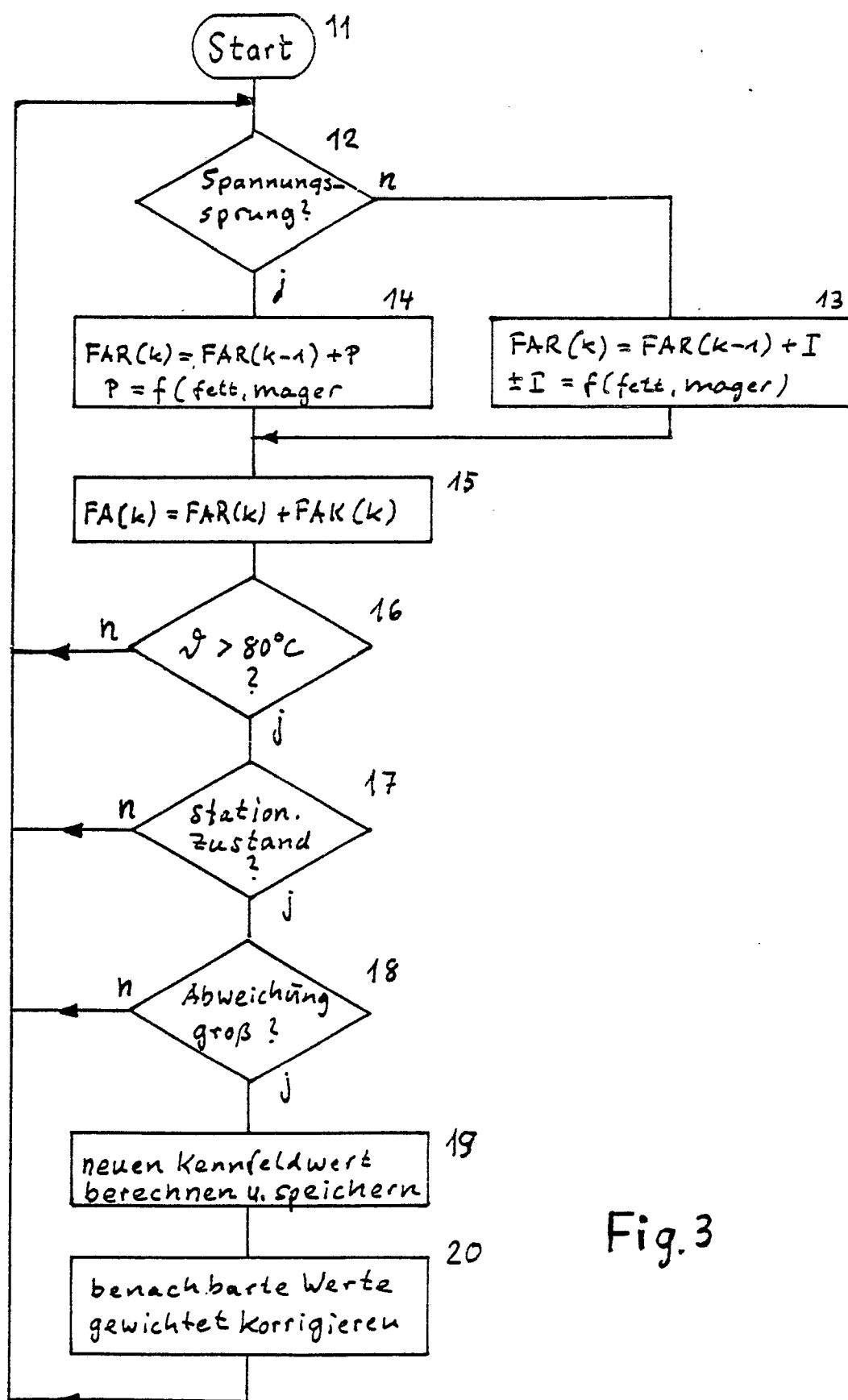


Fig. 3