



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 997 635 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.05.2000 Patentblatt 2000/18

(51) Int Cl.7: **F02M 65/00**

(21) Anmeldenummer: **99121321.6**

(22) Anmeldetag: **26.10.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Schütz, Bernhard**
78199 Bräunlingen (DE)
• **Danckert, Bernd**
88074 Meckenbeuren (DE)

(30) Priorität: **31.10.1998 DE 19850221**

(74) Vertreter: **Winter, Josef**
MTU Motoren- und Turbinen-Union
Friedrichshafen GmbH
Patentabteilung ZJXP
88040 Friedrichshafen (DE)

(71) Anmelder: **MTU MOTOREN- UND
TURBINEN-UNION FRIEDRICHSHAFEN GMBH**
88040 Friedrichshafen (DE)

(54) **Verfahren zum Prüfen einer Drosselstelle, insbesondere einer Drossestelle eines Injektors**

(57) Es wird ein Verfahren zum Prüfen einer Drosselstelle, insbesondere der Drosselstelle eines Injektors vorgeschlagen. Diese wird von einer Pumpe mit einem ersten konstanten Druckniveau (p_1) primärseitig beaufschlagt wobei der von der Pumpe gelieferte Volumenstrom Q des hydraulischen Druckmediums erfaßt wird. Es wird ein erster und weitere Betriebspunkte bestimmt.

Die weiteren Betriebspunkte werden über die Veränderung eines zweiten, vorgebbaren sekundärseitigen Druckniveau (p_2) ermittelt. Der erste Betriebspunkt bestimmt maßgeblich ein Kennlinienfeld (KF), welches ein Bereich zulässiger und nicht zulässiger Betriebspunkte aufweist. Anhand der Position der weiteren Betriebspunkte im Kennlinienfeld (KF) wird ein positives bzw. negatives Prüfergebnis detektiert.

EP 0 997 635 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen einer Drosselstelle, insbesondere der Drosselstelle eines Injektors auf einem Prüfstand. Der Injektor wird hierbei von einer Pumpe mit einem ersten konstanten Druckniveau primärseitig beaufschlagt. Zusätzlich wird der von der Pumpe bereitgestellte Volumenstrom des hydraulischen Druckmediums erfaßt.

[0002] Bei Common-Rail-Systemen wird die Konstanz von Einspritzung zu Einspritzung maßgeblich über die Konstanz der Zerstäubung des Kraftstoffes bestimmt. Der Grad der Zerstäubung wiederum hängt eindeutig vom Injektor ab. Da bekanntermaßen die Güte der Injektoren innerhalb einer Serie streuen können, werden diese auf einem Prüfstand bewertet. Ein derartiger Prüfstand ist zum Beispiel aus der DE 31 28 072 C2 bekannt. Hierbei wird eine Einspritzdüse mit Düsenhalter auf Durchflußmenge, Öffnungsdruck, Schnarrverhalten, Dichtheit der Düsenhalterkombination, Sitzdichtheit und Nadelspiel der Düse geprüft. In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, daß die statische Bestimmung der Güte eines Injektors auf einem derartigen Prüfstand eher unvollkommen das Verhalten desselben Injektors in dynamischem Betrieb, d. h. nach Einbau in eine Brennkraftmaschine, widerspiegelt. Im Extremfall kann dies dazu führen, daß ein auf dem Prüfstand positiv bewerteter Injektor nach Einbau in die Brennkraftmaschine zu sehr unterschiedlichen Einspritzergebnissen führen kann.

[0003] Ausgehend vom zuvor beschriebenen Stand der Technik liegt der Erfindung insofern die Aufgabe zugrunde diesen weiterzuentwickeln.

[0004] Eine erste erfindungsgemäße Lösung besteht darin, daß ein erster und weitere Betriebspunkte ermittelt werden, wobei der erste Betriebspunkt maßgeblich ein Kennlinienfeld bestimmt. Die weiteren Betriebspunkte werden dem Kennlinienfeld zugeordnet, welches einen Bereich zulässiger und nicht zulässiger Betriebspunkte aufweist. Anhand der Position der weiteren Betriebspunkte im Kennlinienfeld kann sodann ein positives bzw. negatives Prüfergebnis detektiert werden.

[0005] In Ausgestaltung hierzu wird vorgeschlagen, daß sowohl der erste als auch die weiteren Betriebspunkte maßgeblich von einer ersten und zweiten Kenngröße bestimmt werden. Die erste Kenngröße berechnet sich hierbei aus dem ersten, primärseitigen Druckniveau und einem zweiten, vorgebbaren sekundärseitigen Druckniveau des Injektors. Die zweite Kenngröße wird maßgeblich vom gemessenen Volumenstrom und dem ersten und zweiten Druckniveau bestimmt. Gemäß Anspruch 3 werden die weiteren Betriebspunkte maßgeblich über die Erhöhung des zweiten Druckniveaus bestimmt.

[0006] Beim erfindungsgemäßen Verfahren handelt es sich um ein dynamisches Meßverfahren. Ausgehend vom ersten Betriebspunkt werden die weiteren Betriebspunkte iterativ über die Erhöhung des sekundär-

seitigen Druckniveaus bestimmt. Da der Injektor unter dynamischen Gesichtspunkten geprüft wird, ist somit eine eindeutige Aussage über das dynamische Verhalten desselben Injektors im aktiven Betrieb, d. h. nach Einbau in der Brennkraftmaschine, möglich. Über die Bestimmung der ersten und zweiten Kenngröße läßt sich eine eindeutige Aussage über die Strömungsgeometrie innerhalb des geprüften Injektors treffen. Unter Strömungsgeometrie im Sinne der Erfindung ist der Grad der Verrundung einer Drosselstelle, deren Güte, zu verstehen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren läßt sich ganz allgemein die Herstellungsqualität einer Drosselstelle verschiedenen Güteklassen zuordnen. Bei einem Injektor sind folgende maßgebliche Drosselstellen vorhanden: Steuerdrossel wie Zu- und Ablaufdrosseln als auch die Einspritzdüse selbst.

[0007] Gemäß Anspruch 4 wird das Prüfverfahren solange durchgeführt, bis die erste Kenngröße gleich einem Grenzwert ist. Der Grenzwert ist hierbei so gewählt, daß die Durchströmung des Injektors im stabilen Bereich bleibt. Wie bei Anspruch 6 ausgeführt, wird ein negatives Prüfergebnis dann detektiert, wenn ein Betriebspunkt dem nichtzulässigen Bereich des Kennlinienfelds zugeordnet wird. Alternativ hierzu wird gemäß Anspruch 7 ein nicht zulässiger Betriebspunkt in einem Summenspeicher gezählt. Erst wenn der Inhalt des Summenspeichers einen Grenzwert übersteigt, wird ein negatives Prüfergebnis detektiert, d. h. der Injektor ist fehlerbehaftet. Über diese Ausgestaltung wird der Vorteil erzielt, daß die Toleranz der Meßkette ebenfalls mitberücksichtigt wird.

[0008] Eine zweite erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe besteht darin, daß ein erster und zweiter Betriebspunkt ermittelt werden, eine Abweichung vom ersten und zweiten Betriebspunkt bestimmt wird und dann ein negatives Prüfergebnis detektiert wird, wenn die Abweichung einen Grenzwert übersteigt. Hierbei werden der erste und zweite Betriebspunkt wie zuvor beschrieben in Abhängigkeit der ersten und zweiten Kenngröße bestimmt. Dieses Zweipunkt-Prüfverfahren bietet den Vorteil, daß eine größere Anzahl von Injektoren innerhalb einer bestimmten Zeit bewertet werden können.

[0009] In den Figuren ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

- | | |
|------------------|---------------------------------------|
| Figur 1: | ein Diagramm |
| Figur 2: | Programmablaufplan der ersten Lösung |
| Figur 3 A, B, C: | Unterprogramm zu Figur 2 |
| Figur 4: | Programmablaufplan der zweiten Lösung |

[0010] In Figur 1 ist ein Diagramm dargestellt. Auf der Abszisse ist dabei die erste Kenngröße K1 aufgetragen. Auf der Ordinate ist die zweite Kenngröße K2 aufgetra-

gen. Die erste Kenngröße K1 berechnet sich aus dem Druckverhältnis des ersten p1 und zweiten p2 Druckniveaus gemäß folgender Beziehung:

$$K1(1) = p1 - p2(1)/p2(1)$$

mit:

p1 primärseitiges am Injektor anstehendes Druckniveau (Injektor-Eingang)

p2 sekundärseitiges Druckniveau (Injektor-Ausgang)

[0011] Die zweite Kenngröße K2 berechnet sich aus dem gemessenen Volumenstrom Q und dem ersten p1 und zweiten Druckniveau p2. Diese zweite Kenngröße K2 beschreibt ganz allgemein die tatsächlich durchströmte Fläche in einer Drosselstelle, welche der Injektor darstellt. Diese zweite Kenngröße K2 kann analytisch über die Bernoulli-Gleichung berechnet werden. Bekanntermaßen ist die durchströmte Fläche proportional dem Volumenstrom und umgekehrt proportional der Druckdifferenz zwischen ersten p1 und zweiten p2 Druckniveau.

[0012] In der Figur 1 sind mehrere Kennlinien dargestellt. Der Kurvenzug ACB(1) und K2(1) stellt hierbei den zulässigen Bereich dar. Der Ablauf des Prüfverfahrens ist folgendermaßen:

[0013] Zu Beginn wird ein erster Betriebspunkt B(1) bestimmt. Dieser erste Betriebspunkt wird aus der ersten Kenngröße K1, und der zweiten Kenngröße K2 bestimmt. In Figur 1 entsprechend den beiden Punkten K1(1) und K2(1). Der erste Betriebspunkt B(1) bestimmt hier maßgeblich das Kennlinienfeld. Mit anderen Worten: der erste Betriebspunkt B(1) dient als Bezugspunkt für alle weiteren Betriebspunkte B(i). Dies ist in Figur 1 als veränderbare Basislinie, entsprechend der Strecke K2(1) und B(1) dargestellt, Pfeile I und II.

Typische Werte zur Bestimmung des ersten Betriebspunkts B(1) sind z. B. p1 = 100 bar und p2 = 1 bar. Danach wird ein weiterer Betriebspunkt bestimmt indem das zweite Druckniveau p2 um einen vorgebbaren Wert dp, z. B. 1 bar, erhöht wird. Dieser weitere Betriebspunkt, in Figur 1 mit B(i) bezeichnet, wird sodann dem Kennlinienfeld zugeordnet. Zu diesem Betriebspunkt B(i) gehört der Abszissenwert K1(i) und der Ordinatenwert K2(i). In Figur 1 liegt dieser weitere Betriebspunkt B(i) im zulässigen Bereich des Kennlinienfelds. Der nächste Betriebspunkt wird eingestellt, indem das zweite Druckniveau p2 wiederum erhöht wird. Es wird somit eine iterative Schleife durchlaufen, wobei bei jedem Durchlauf ein weiterer Betriebspunkt B(i) (i = 1, 2, 3 ...) bestimmt wird.

[0014] Liegen alle ermittelten Betriebspunkte B(i) innerhalb des zulässigen Bereichs, so ist das Prüfverfahren dann beendet, wenn die erste Kenngröße K1 gleich einem Grenzwert GW ist. In Figur 1 ist dieser Grenzwert

GW auf der Abszisse dargestellt. Der Grenzwert GW ist hierbei so gewählt, daß eine fehlerfreie Aussage über die Strömungsverhältnisse noch getroffen werden kann. Mit anderen Worten: Werte von K1 zwischen den Ursprung und diesem Grenzwert GW werden nicht ermittelt, weil dies einen instabilen Strömungszustand beschreiben würde. Ein typischer Wert für diesen Grenzwert GW ist z. B. der mathematische Wert 1, d. h. p1 = 100 bar und p2 = 50 bar. Wird festgestellt, daß ein Betriebspunkt B(i) im nichtzulässigen Bereich des Kennlinienfelds liegt, so wird der gemessene Injektor als fehlerbehaftet ermittelt, d. h. ein negatives Prüfergebnis wird detektiert.

Als Alternative hierzu kann das Verfahren auch so ausgeführt sein, daß ein negatives Prüfergebnis erst dann detektiert wird, wenn eine bestimmte Anzahl von Betriebspunkten außerhalb des zulässigen Bereichs liegt. Als Extremwert kann z. B. dies so ausgeführt sein, daß für eine fehlerbehafteten Injektor dessen komplette Kennlinie erfaßt wird. In Figur 1 ist z. B. eine derartige nicht im zulässigen Bereich liegende Kennlinie mit den Punkten DEB (1) dargestellt.

[0015] Zusätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren so ausgeführt sein, daß die Anzahl der Injektoren mit einem negativen Prüfergebnis gezählt werden. Hierdurch läßt sich ermitteln, ob das Herstellungsverfahren der Injektoren insgesamt fehlerbehaftet ist. Es läßt sich somit eine sogenannte "100%-Prüfung" durchführen.

[0016] In Figur 2 ist ein Programmablaufplan für die erste erfindungsgemäße Lösung dargestellt. Im Schritt S1 wird eine Zählvariable i = 1 gesetzt. Im Schritt S2 wird sodann das erste Druckniveau p1 eingestellt, z. B. 100 bar. Bei der Schritt S3 wird ein zweites Druckniveau p2(1) eingestellt. Der Startwert dieses zweiten Druckniveaus liegt bei z. B. 1 bar, d. h. Atmosphärendruck. Bei Schritt S4 wird sodann der sich einstellende Volumenstrom Q(1) gemessen. Bei Schritt S5 wird aus dem ersten p1 und zweiten p2(1) Druckniveau die erste Kenngröße K1(1) bestimmt. Dies kann gemäß der folgenden Bezeichnung erfolgen:

$$K1(1) = p1 - p2(1)/p2(1)$$

[0017] Bei Schritt S6 wird die zweite Kenngröße K2(1) bestimmt. Diese ergibt sich aus dem gemessenen Volumenstrom Q(1) und dem ersten p1 und zweiten p2 Druckniveau. Anhand dieser ersten K1(1) und zweiten Kenngröße K2(1) wird sodann der erste Betriebspunkt B(1) bestimmt. Bei der Abfrage im Schritt S8 wird geprüft, ob der Betriebspunkt B(i) im zulässigen Bereich liegt. Beim ersten Durchlauf der Schleife ist diese Abfrage stets positiv, da der erste Betriebspunkt B(1) als Basispunkt dient. Im Schritt S9 wird sodann geprüft ob die erste Kenngröße K1(1) gleich dem Grenzwert GW gemäß Fig. 1 ist. Da dies beim ersten Durchlauf noch nicht der Fall ist, ist das Abfrageergebnis negativ. Das Programm verzweigt sodann zum Schritt S10, bei dem

die Zählvariable i inkrementiert wird. Bei Schritt S11 wird das zweite Druckniveau $p_2(1)$ um einen vorgebbaren Wert dp , z. B. 1 bar, erhöht. Hiermit ist die Schleife geschlossen.

[0018] Beim nächsten Programmdurchlauf wird in den Schritten S3 bis S7 ein weiterer Betriebspunkt $B(i)$ bestimmt. Ergibt die Abfrage im Schritt S8 das der weitere Betriebspunkt $B(i)$ nicht im zulässigen Bereich liegt, so verzweigt das Programm zum Punkt B. Diese Verzweigung wird in Verbindung mit den Figuren 3 A bis 3 C beschrieben. Wird bei Schritt S9 festgestellt, daß die erste Kenngröße $K_1(i)$ gleich dem Grenzwert GW ist, so wird bei Schritt S12 der Injektor als fehlerfrei bewertet. Es wird ein positives Prüfergebnis detektiert. Damit ist der Programmablauf beendet.

[0019] In den Figuren 3 A bis 3 C sind drei alternative Unterprogramme dargestellt. Diese Unterprogramme werden dann aktiviert, wenn beim Programm-Durchlauf gemäß Figur 2 im Schritt S8 ein Betriebspunkt $B(i)$ im nichtzulässigen Bereich liegt. Bei Figur 3 A wird sodann im Schritt S13 der Injektor unmittelbar als fehlerhaft erkannt und ein negatives Prüfungsergebnis detektiert. Danach ist der Programmablauf beendet.

In Figur 3 B wird im Schritt S14 ein Summenspeicher SUM um 1 erhöht. In diesem Summenspeicher wird die Anzahl der Betriebspunkte, die im nichtzulässigen Bereich des Kennlinienfelds liegen, gezählt. Bei Schritt S15 wird sodann geprüft, ob der Inhalt des Summenspeichers SUM kleiner einem Grenzwert GW ist. Bei positivem Abfrageergebnis, d. h. die Anzahl der nichtzulässigen Betriebspunkte $B(i)$ hat den Grenzwert GW noch nicht überschritten, verzweigt das Programm zum Punkt C im Programmablaufplan der Figur 2. Bei negativem Abfrageergebnis im Schritt S15 wird als Folge bei Schritt S16 der Injektor als fehlerhaft bestimmt und ein negatives Prüfergebnis detektiert. Danach ist der Programmablauf beendet.

[0020] In Figur 3 C ist eine dritte Alternative dargestellt, welche die identischen Schritte S14, S15 und S16 gemäß der Figur 3 B enthält. Zusätzlich wird bei Schritt S17 ein Ergebnisspeicher N inkrementiert. Dieser Ergebnisspeicher N zählt die fehlerhaften Injektoren. Danach wird bei Schritt S18 geprüft, ob die Anzahl der fehlerhaften Injektoren größer einem Grenzwert GW ist. Ist dies nicht der Fall, so verzweigt der Programmablauf zum Punkt A des Programmablaufplans der Figur 2. Bei positivem Abfrageergebnis, d. h. die Anzahl der fehlerhaften Injektoren ist größer als der Grenzwert GW, wird bei Schritt S19 das Herstellungsverfahren als fehlerhaft bestimmt. Danach ist der Programmablauf beendet.

[0021] In Figur 4 ist ein Programmablaufplan der zweiten erfindungsgemäßen Lösung dargestellt. Die Schritte S1 bis S7 entsprechen denselben Schritten aus Figur 2, so daß auf eine erneute Schilderung an dieser Stelle verzichtet wird. Bei Schritt S8 wird geprüft, ob die Laufvariable i gleich 2 ist. Beim ersten Programmdurchlauf ist dies nicht der Fall, so daß das Programm bei Schritt S9 fortfährt und die Laufvariable i um 1 erhöht

wird. Bei Schritt S10 wird das zweite Druckniveau $p_2(i)$ um einen vorgebbaren Wert dp erhöht. Hiermit ist die Schleife geschlossen, d. h. das Programm fährt beim Schritt S3 fort.

5 Beim zweiten Programmdurchlauf wird der zweite Betriebspunkt B_2 bestimmt. Da die Prüfung bei Schritt S8 ergibt, daß die Laufvariable i gleich 2 ist, wird mit Schritt S11 fortgefahren. Bei Schritt S11 wird die Abweichung vom ersten B_1 zum zweiten B_2 Betriebspunkt bestimmt.
10 Dies kann durch Differenzbildung oder durch Quotientenbildung erfolgen. Bei Schritt S12 wird geprüft ob die Abweichung ΔB größer einem Grenzwert GW ist. Der Grenzwert ΔB kann in der Fig. 1 zum Beispiel der Differenz der beiden Ordinatenwerte $K_2(1)$ und Punkt A entsprechen. In der Praxis hat sich ein Wert von 1, 2 bewährt. Ist dies nicht der Fall, so wird bei Schritt S13 der Injektor als fehlerfrei bewertet und ein positives Prüfungsergebnis detektiert. Ergibt die Prüfung bei Schritt S12 daß die Abweichung ΔB größer dem Grenzwert GW ist, so wird im Schritt S14 der Injektor als fehlerhaft bestimmt und ein negatives Prüfungsergebnis detektiert. Danach ist der Programmablaufplan beendet.

Bezugszeichenliste

[0022]

S1 bis S19 Schritte
KF Kennlinienfeld

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen einer Drosselstelle, insbesondere der Drosselstelle eines Injektors, der von einer Pumpe mit einem ersten, konstanten Druckniveau (p_1) primärseitig beaufschlagt wird und der von der Pumpe bereitgestellte Volumenstrom (Q) des hydraulischen Druckmediums erfaßt wird, dadurch **gekennzeichnet**, das ein erster ($B(i), i=1$) und weitere ($B(i), i=2, 3, 4, \dots$) Betriebspunkte ermittelt werden, der erste Betriebspunkt ($B(i), i=1$) maßgeblich eine Kennlinienfeld (KF) bestimmt ($KF=f(B(i))$), die weiteren Betriebspunkte ($B(i), i=2, 3, 4, \dots$) dem Kennlinienfeld (KF) zugeordnet werden, wobei das Kennlinienfeld (KF) einen Bereich zulässiger und nicht zulässiger Betriebspunkte aufweist und anhand der Position der weiteren Betriebspunkte ($B(i), i=2, 3, 4, \dots$) im Kennlinienfeldes (KF) ein positives bzw. negatives Prüfergebnis detektiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß sowohl der erste ($B(i), i=1$) als auch die weiteren Betriebspunkte ($B(i), i=2, 3, 4, \dots$) maßgeblich von einer ersten ($K_1(i)$) und zweiten Kenngröße ($K_2(i)$) bestimmt wird, die erste Kenngröße ($K_1(i)$) aus dem ersten Druckniveau (p_1) und

- einem zweiten, vorgebbaren sekundäreseitiges Druckniveau ($p_2(i)$) des Injektors bestimmt wird und die zweite Kenngröße ($K_2(i)$) maßgeblich vom gemessenen Volumenstrom ($Q(i)$) und dem ersten (p_1) und zweiten Druckniveau ($p_2(i)$) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die weiteren Betriebspunkte ($B(i)$, $i=2, 3, 4...$) maßgeblich über die Erhöhung (dp) des zweiten Druckniveaus ($p_2(i)$) bestimmt werden ($p_2(i)=(p_1 + dp)$).
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß geprüft wird, ob die erste Kenngröße ($K_1(i)$) gleich einem Grenzwert (GW) ist ($K_1(i) = GW$).
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei positivem Abfrageergebnis ($K_1(i)=GW$) ein positives Prüfergebnis detektiert wird.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein dem nicht zulässigen Bereich des Kennlinienfeldes (KF) zugeordnet weiterer Betriebspunkt ($B(i)$, $i=2, 3, 4...$) als ein negatives Prüfergebnis detektiert wird.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein dem nicht zulässigen Bereich des Kennlinienfeldes (KF) zugeordnet weiterer Betriebspunkt ($B(i)$, $i=2, 3, 4...$) in einem Summenspeicher (SUM) gezählt wird und geprüft wird, ob der Summenspeicher (SUM) kleiner einem Grenzwert (GW) ($SUM < GW$).
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei negativem Abfrageergebnis ($SUM > GW$) ein negatives Prüfergebnis detektiert wird bzw. bei positivem Abfrageergebnis ($SUM < GW$) der nächste Betriebspunkt bestimmt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei negativem Abfrageergebnis ($SUM < GW$) ein negatives Prüfergebnis detektiert wird und zusätzlich der Inhalt eines Ergebnisspeichers (N) inkrementiert und der Inhalt des Ergebnisspeichers (N) mit einem Grenzwert (GW) verglichen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß bei positivem Abfrageergebnis ($N > GW$) ein fehlerhaftes Herstellungsverfahren detektiert wird.
11. Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß ein erster (B_1) und zweiter (B_2) Betriebspunkt ermittelt werden, eine Abweichung (dB) von erstem (B_1) und zweiten Betriebspunkt (B_2) bestimmt wird und ein negatives Prüfergebnis detektiert wird, wenn die Abweichung (dB) einen Grenzwert (GW) übersteigt ($dB > GW$).
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch **gekennzeichnet**, daß sowohl der erste (B_1) als auch der zweite Betriebspunkte (B_2) maßgeblich von einer ersten ($K_1(i)$, $i=1, 2$) und zweiten Kenngröße ($K_2(i)$) bestimmt wird, die erste Kenngröße ($K_1(i)$) aus dem ersten Druckniveau (p_1) und einem zweiten, vorgebbaren sekundäreseitiges Druckniveau ($p_2(i)$) des Injektors bestimmt wird und die zweite Kenngröße ($K_2(i)$) maßgeblich vom gemessenen Volumenstrom ($Q(i)$) und dem ersten (p_1) und zweiten Druckniveau ($p_2(i)$) bestimmt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch **gekennzeichnet**, daß der zweite Betriebspunkte (B_2) maßgeblich über die Erhöhung (dp) des zweiten Druckniveaus ($p_2(i)$) bestimmt wird ($p_2(i)=(p_2(i) + dp)$).

Fig. 1

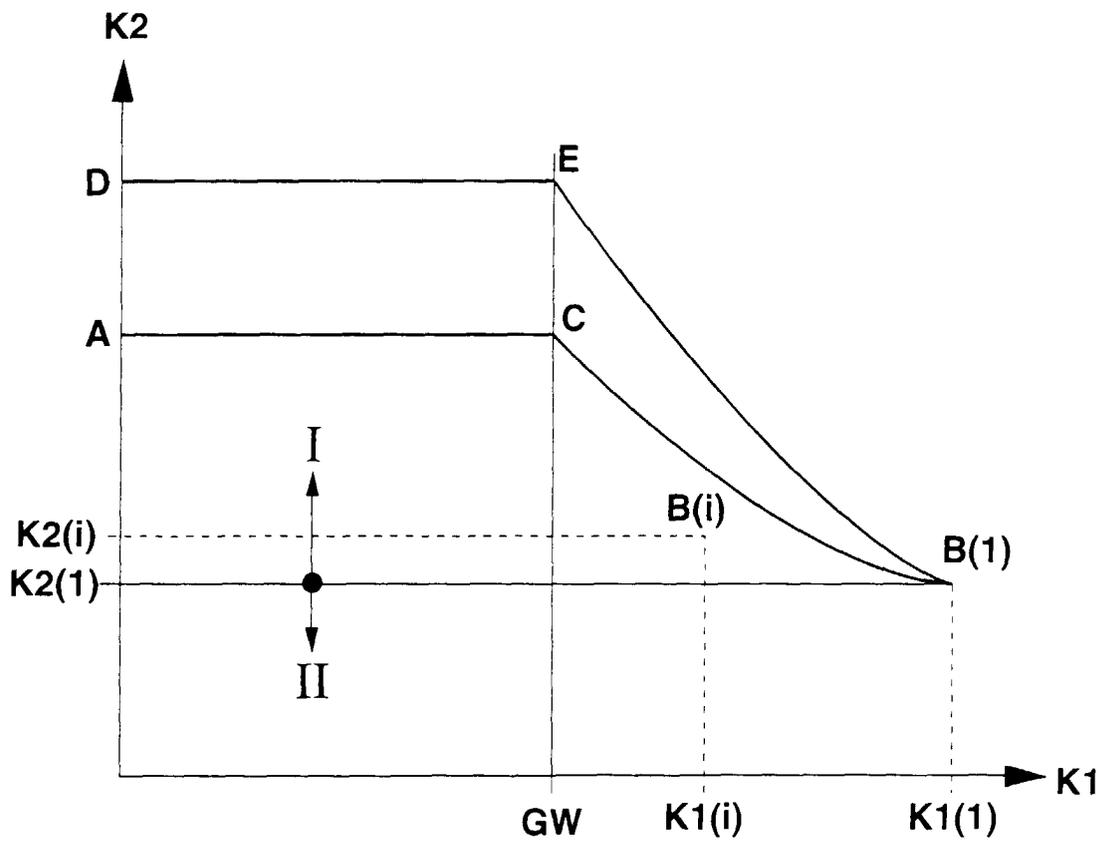
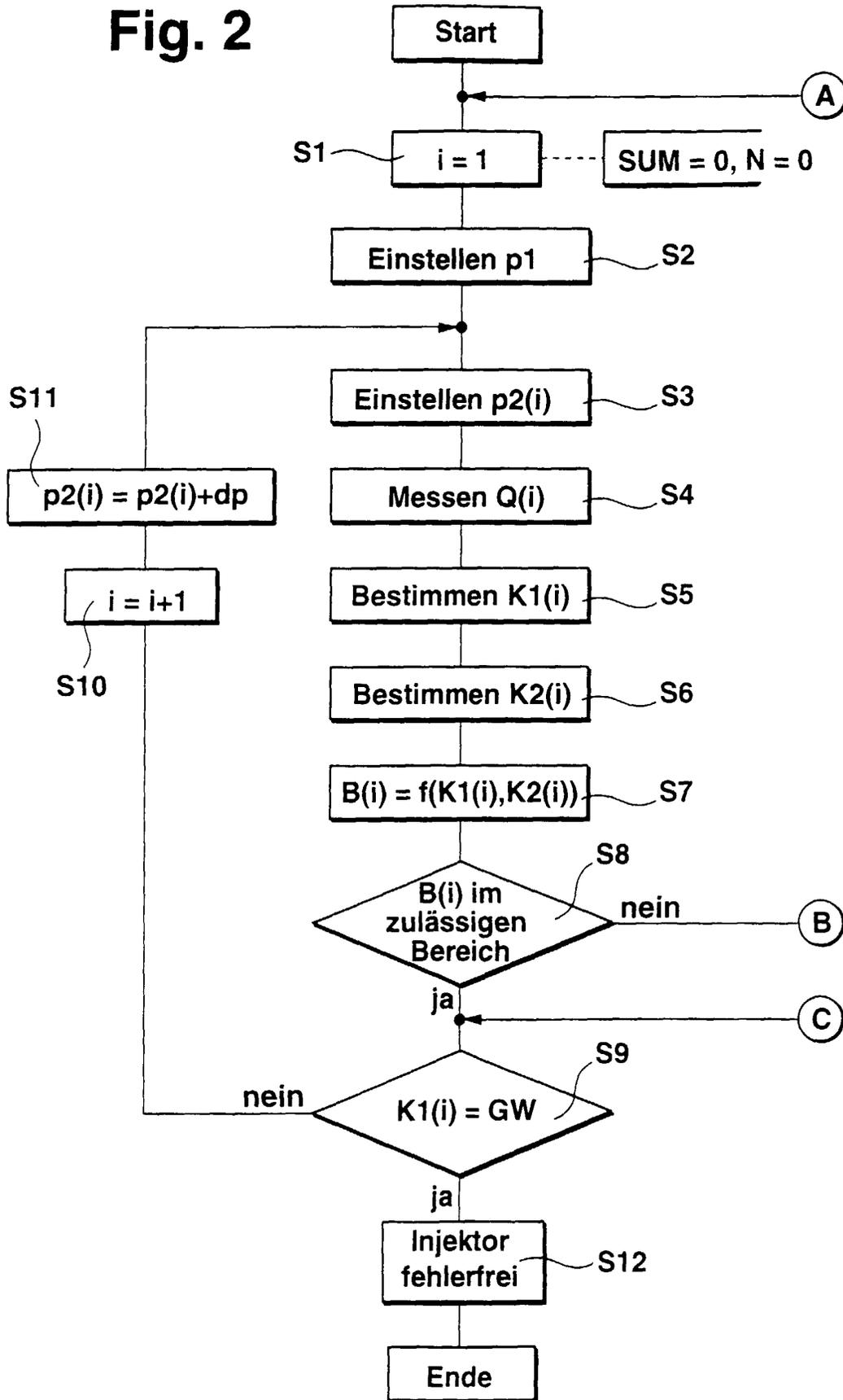


Fig. 2



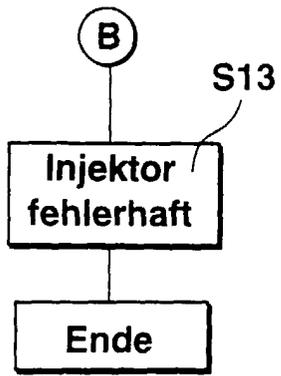


Fig. 3a

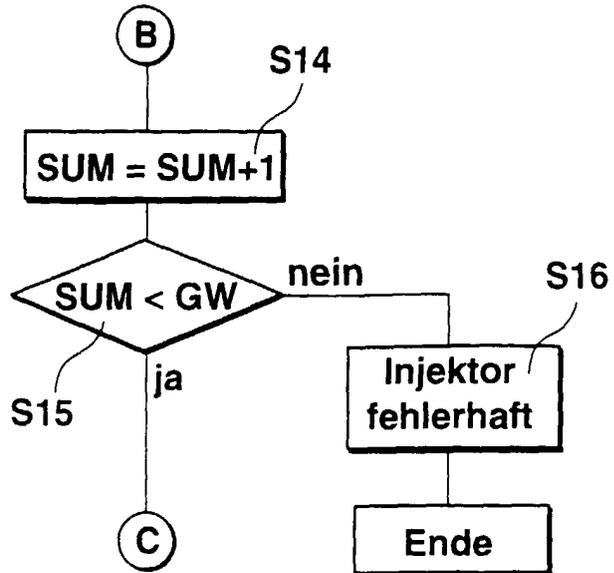


Fig. 3b

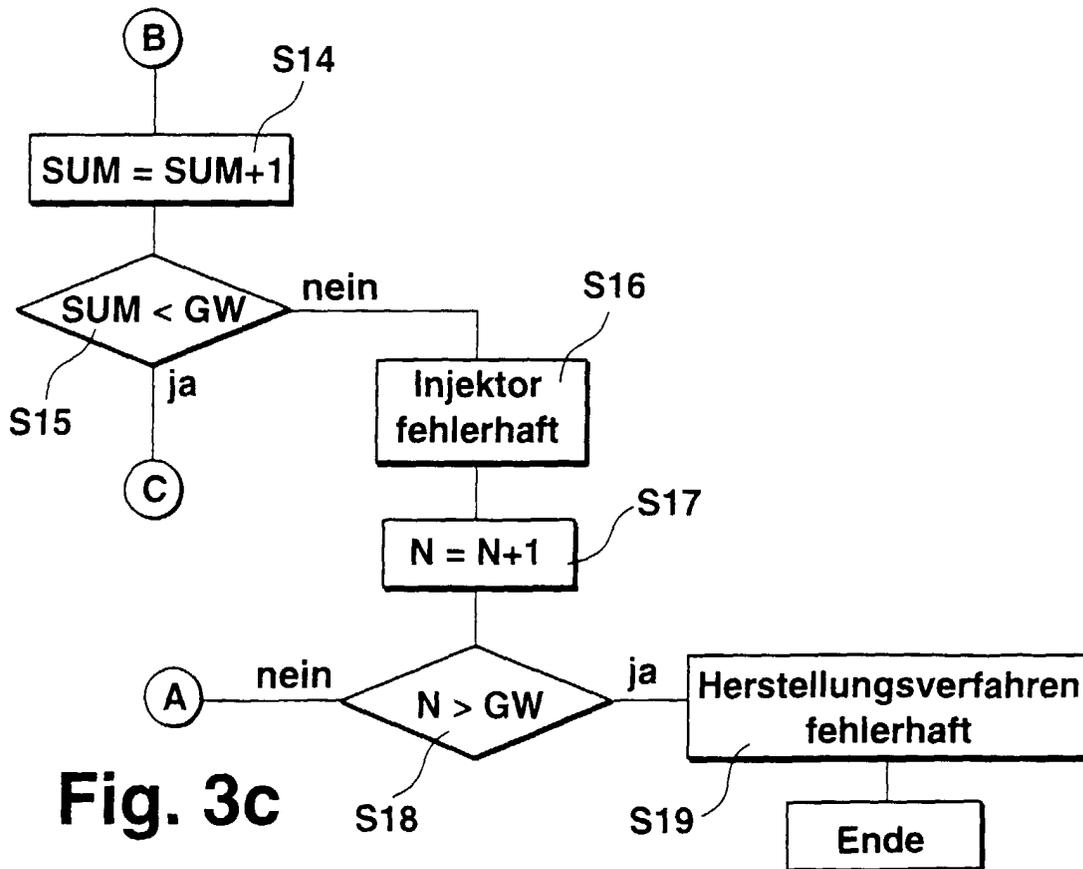


Fig. 3c

Fig. 4

