



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 367 245 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.12.2003 Patentblatt 2003/49

(51) Int Cl.7: **F02D 41/02, F01N 11/00**

(21) Anmeldenummer: **03005886.1**

(22) Anmeldetag: **17.03.2003**

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

(72) Erfinder:
• **Pott, Ekkehardt, Dr.-Ing.**
38518 Gifhorn (DE)
• **v. Biedersee, Heidereich, Dr.-Ing.**
38468 Ehra-Lessien (DE)

(30) Priorität: **27.05.2002 DE 10223595**

(74) Vertreter: **Pohlmann, Bernd Michael, Dr.**
Reinhardt & Pohlmann Partnerschaft
Günthersburgallee 40
60316 Frankfurt am Main (DE)

(71) Anmelder: **Volkswagen AG**
38436 Wolfsburg (DE)

(54) Verfahren zum Betreiben eines Kraftfahrzeuges mit NOx-Speicherkatalysator

(57) Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs mit einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine mit einem in einer Abgasanlage der Brennkraftmaschine angeordneten NOx-Speicherkatalysator, wobei eine Ermittlung des Wertes einer einen Schwefelvergiftungsgrad des Katalysators charakterisierende Zustandsgröße erfolgt, sind folgende Schritte vorgesehen:

- Bildung eines Statussignals in Abhängigkeit von

dem Wert der Zustandsgröße

- Speicherung und / oder Anzeige des Statussignals zur Einleitung einer passiven Entschwefelung des Katalysators bewirkenden Betriebsweise der Brennkraftmaschine.

Ferner wird die Brennkraftmaschine dabei in Abhängigkeit vom Wert der Zustandsgröße auf eine Betriebsweise mit einem Lambdawert < 1 eingestellt.

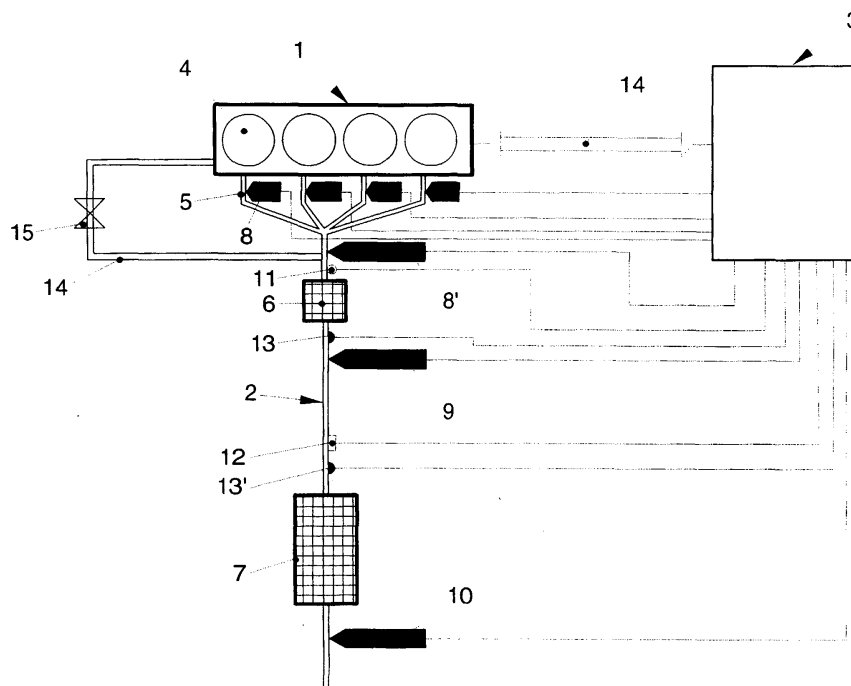


FIG. 1

EP 1 367 245 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs mit einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1

[0002] NOx-Speicherkatalysatoren werden in modernen mit magerlauffähigen Brennkraftmaschinen ausgestatteten Kraftfahrzeugen zur Verminderung des Stickoxydausstoßes eingesetzt. Bekanntlich kann ein derartiger NOx-Speicherkatalysator durch im Kraftstoff oder Motoröl enthaltenen Schwefel seine NOx-Speicher- und -regenerationseffizienz ganz oder teilweise verlieren. Einer derartigen Schwefelvergiftung kann durch eine Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators entgegengewirkt werden. Die Entschwefelung kann auf natürlichem Weg durch Fahrt bei hohen Lasten und Katalysatortemperaturen, beispielsweise einer Autobahnfahrt erfolgen. Ferner kann eine Entschwefelung aktiv durch eine Betriebsweise der Brennkraftmaschine erfolgen, durch die in Verbindung mit einer zumindest temporären Abgasanfettung die NOx-Speicherkatalysatortemperatur gesteigert wird. Die gegenwärtig üblichen Schwefelgehalte im Kraftstoff von 30 bis 150 ppm machen eine Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators zur Gewährleistung der Erfüllung der Abgasgrenzwerte Stufe EU IV etwa alle 500 bis 5000 km erforderlich. Bei einem Verzicht auf eine aktive Entschwefelung besteht bei derartigen Streckenintervallen ein nicht zu vernachlässigendes Risiko, dass die für eine effiziente Abgasreinigung erforderliche Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators nicht oder nicht rechtzeitig erfolgt, da das spontane Fahrverhalten die erforderlichen Bedingungen für eine erfolgreiche Entschwefelung nicht liefert.

[0003] Die bekannten aktiven Entschwefelungsverfahren für NOx-Speicherkatalysatoren beruhen darauf, erhöhte Abgastemperaturen von über 550 Grad Celsius insbesondere > 620 °C und eine Abgaszusammensetzung mit einem Lambdawert < 1 für eine vorgegebene Entschwefelungszeit herzustellen.

[0004] In der DE 197 47 22 2 C1 wird eine Verbrennungsmotoranlage beschrieben mit einem Verbrennungsmotor mit zugehörigem Motorabgasstrang, einer Abgasreinigungsanlage mit einem im Motorabgasstrang angeordneten NOx-Speicherkatalysator, einer Lambdasonde zur Erfassung des Motorluftverhältnisses und Mitteln zur periodischen Desulfatisierung des NOx-Speicherkatalysators bei erhöhter Temperatur und fettem Katalysator-Luftverhältnis. Die Desulfatisierungsmittel umfassen insbesondere Sekundär-Luftzuführungsmittel zur Einspeisung von Sekundärluft in den NOx-Speicherkatalysator. Die zugeführte Sekundärluft wird zur Erhöhung der Temperatur des NOx-Speicherkatalysators während der Desulfatisierung verwendet.

[0005] Aus der EP 0860 595 A1 ist ferner ein Verfahren zur Entschwefelung einer Stickoxydfalle im Abgasystem eines Verbrennungsmotors bekannt, bei dem

ein der aktuellen SOx-Aufnahmerate der Stickoxydfalle entsprechender Wert sowie die durch die Stickoxydfalle aufgenommene SOx-Menge bestimmt wird und wenn die aufgenommene SOx-Menge einen Schwellwert erreicht hat, ein Entschwefelungszyklus initiiert wird. Hierbei wird die Stickoxydfalle für eine vorgegebene Zeit auf eine vorgegebene Temperatur gebracht und der Verbrennungsmotor in dieser Zeit mit einem vorgegebenen Luft- / Kraftstoffverhältnis betrieben.

[0006] Die bekannten aktiven Entschwefelungsverfahren sind daher gekennzeichnet durch einen schwefelkonzentrationsabhängigen Mehrverbrauch an Kraftstoff sowie einen erhöhten Entwicklungs- und Applikationsaufwand. Beides schlägt sich in erhöhten Kosten für Produktion, Betrieb und Unterhalt eines mit einem NOx-Katalysator ausgestatteten Kraftfahrzeugs nieder.

[0007] Eine Absenkung der Schwefelgehalte im Kraftstoff unter 30 ppm, insbesondere unter 10 ppm, wie in Westeuropa geplant, führt zu immer längeren Entschwefelungsintervallen. So ist bei 10 ppm Schwefelgehalt im Kraftstoff von Entschwefelungsintervallen > 5000 km, insbesondere > 10.000 km auszugehen. Unter diesen Randbedingungen erscheint eine Beibehaltung der bisherigen aufwendigen aktiven Entschwefelungsverfahren nicht sinnvoll. Andererseits kann selbst bei derartig langen Entschwefelungsintervallen nicht davon ausgegangen werden, dass die natürliche Entschwefelung bei einer durchschnittlichen Fahrweise mit genügender Sicherheit eine ausreichende Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators gewährleistet, insbesondere wenn - z.B. bei einem Besuch eines anderen Landes - eine Kraftstoffqualität mit höherem Schwefelgehalt getankt wird.

[0008] Das der Erfindung zugrunde liegende Problem ist daher, ein einfaches und sicheres Verfahren für den Betrieb eines Kraftfahrzeugs mit einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine bei weitgehender Verfügbarkeit von schwefelarmem oder schwefelfreiem Kraftstoff zu ermöglichen.

[0009] Erfindungsgemäß wird das Problem durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Dabei wird von der Idee ausgegangen, die Brennkraftmaschine in einer Weise zu betreiben, bei der Maßnahmen zur aktiven Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators entfallen können. Jedoch wird durch die Überwachung des Schwefelvergiftungsgrades des NOx-Speicherkatalysators und Bildung eines entsprechenden Statussignals, welches zur Einleitung einer passiven Entschwefelung des NOx-Speicherkatalysators gespeichert und / oder angezeigt wird, dennoch eine ggf. erforderliche Entschwefelung herbeigeführt. Damit wird sowohl der Entwicklungs- und Applikationsaufwand als auch der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch in Folge der Entschwefelung gegenüber den bisher bekannten Verfahren mit vergleichbarer Sicherheit reduziert. Die Erfindung liegt somit in einem Verfahren zur Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators einer Bremskraftmaschine eine Kraftfahrzeugs wobei-

eine Steuereinheit eine Entschwefelungsnotwendigkeit feststellt, diese einer Bedienperson (z. B. Fahrer und / oder Werkstattpersonal) und /oder einem nur temporär mit dem Kraftfahrzeug zu verbindenden Auslesegerät (z.B. Diagnosegerät) anzeigt zur Durchführung (manuell durchgeführt oder von dem Auslesegerät initiiert) der Entschwefelung.

[0010] Unter einer passiven Entschwefelung wird hier die Herbeiführung eines Schwefelaustrags ohne Motorwirkungsgradänderung gegenüber der zur Überwindung der Fahrwiderstände verstanden. Ebenso wird unter passiver Entschwefelung die Herbeiführung eines Schwefelaustrags verstanden, wenn die Motorwirkungsgradänderung über mindestens 30 %, vorzugsweise jedoch mehr als 45 % oder 60 % oder 75 %, insbesondere aber 90 % der Zeitschiene im neuen europäischen Fahrzyklus (NEFZ) nicht zu einer genügend hohen Entschwefelungstemperatur führt. Nicht genügend ist dabei eine Katalysatortemperatur für die derzeitigen NOx-Speicherkatalysatoren mit Erdalkalispeicher von weniger als 550 Grad Celsius, vorzugsweise 580 Grad Celsius, besonders bevorzugt 600 Grad Celsius, insbesondere 630 Grad Celsius. Die Motorwirkungsgradänderung ist hierbei jeweils auf die ohnehin zur Überwindung der Fahrwiderstände erforderlichen Motorbetriebsweise bezogen.

[0011] Ohne vom Prinzip der passiven Entschwefelung abzurücken, kann beim Vorliegen einer Entschwefelungsnotwendigkeit die Gemischbildung angefettet werden, insbesondere auf $\Lambda \leq 1$, insbesondere $\leq 0,98$, auch wenn der Fahrzustand dies noch nicht erfordert. Vorteilhaft erfolgt die Anfettung erst dann, wenn die notwendige Entschwefelungstemperatur zumindest annähernd erreicht ist.

[0012] Dem gegenüber ist die aktive Entschwefelung durch eine Änderung des Motorwirkungsgrades, insbesondere zur Anhebung einer Abgas- und/oder Katalysatortemperatur gekennzeichnet.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der Wert einer einen Schwefelvergiftungsgrad des NOx-Speicherkatalysators charakterisierenden Zustandsgröße ermittelt. In Abhängigkeit von dem Wert der Zustandsgröße erfolgt eine Einstellung der Brennkraftmaschine auf eine Betriebsweise mit einem fetten Katalysator-Luft-Verhältnis. Dabei wird der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine bei einem beliebigen Betriebspunkt zwischen 50 km/h und 100 km/h gegenüber dem gleichen Betriebspunkt ohne gebildetes Statussignal um höchstens 3 %, vorzugsweise 2 %, besonders bevorzugt 1 % oder 0 %, verschlechtert, insbesondere bei einem Betriebspunkt, der einer Konstantfahrt in der Ebene bei 20 Grad Außentemperatur entspricht.

[0014] Die vorgeschlagenen Verfahren ermöglichen eine sichere und wirksame Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators bei nur minimaler Beeinflussung der Betriebsweise der Brennkraftmaschine, Insbesondere sind keine besonderen Maßnahmen zur Erhöhung

der Temperatur des NOx-Katalysators notwendig. Dies hat zur Folge, dass eine entsprechende Verschlechterung des Wirkungsgrades der Brennkraftmaschine vermieden werden kann.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird als Zustandsgröße die NOx-Speicheraktivität des Katalysators oder die in den Katalysator während einer Magerphase einspeicherbaren NOx-Menge gewählt. Ferner wird bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung als Zustandsgröße die in den Katalysator während eines vorgegebenen Zeitintervalls eingespeicherte Schwefelmenge gewählt. Bei einer solchen Wahl der Zustandsgröße lässt sich die Schwefelvergiftung mit geringem Aufwand in ausreichender Genauigkeit feststellen.

[0016] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden Zeitpunkt und Dauer einer Freigabe einer Magerbetriebsphase der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der in den Katalysator während einer Magerphase einspeicherbaren NOx-Menge festgelegt und als Zustandsgröße die Freigabedauer der Magerbetriebsphase gewählt. Insbesondere wird, sobald die Freigabedauer der Magerbetriebsphase geringer als ein vorgegebener Schwellwert ist, eine Schwefelvergiftung des NOx-Speicherkatalysators vermutet und ein entsprechendes Statussignal gebildet. Hiermit kann eine bedeutende Vereinfachung und Kostenreduzierung bei der Entschwefelung erreicht werden, da auf die üblichen Verfahren und Einrichtungen zur Steuerung bzw. Regelung des Magerbetriebs der Brennkraftmaschine zurückgegriffen werden kann und keine aufwändigen gesonderten Diagnosemaßnahmen für eine Schwefelvergiftung erforderlich sind.

[0017] Bevorzugt wird die Magerbetriebsphase in Abhängigkeit von der Temperatur des Katalysators freigegeben. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Magerbetriebsphase gesperrt wird, wenn die Katalysatortemperatur kleiner als eine vorbestimmte minimale Katalysatortemperatur und größer als eine vorgegebene maximale Katalysatortemperatur ist. Mit diesen Maßnahmen wird die Veränderung der Temperaturgrenzen des Katalysators, innerhalb derer eine ausreichend hohe NOx-Konvertierungsrate erreicht werden kann, bei zunehmender Schwefelvergiftung berücksichtigt.

[0018] Da während bestimmter Betriebszustände der Brennkraftmaschine, insbesondere bei Leerlaufphasen oder Stop-and-Go-Phasen Emissionsprofile entstehen können, die nicht charakteristisch für eine Schwefelschädigung des Katalysators sind, werden derartige Betriebszustände für die Ermittlung der Zustandsgröße ausgeschlossen.

[0019] Wenn das Statussignal, wie bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist, Angaben über Zeitpunkt, Länge und / oder Intensität der passiven Entschwefelung beinhaltet, kann damit auf eine einfache Weise die Entschwefelung bedarfsgerecht erfolgen.

[0020] Weitere Aspekte und Vorteile der Erfindung

sind auch unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen der nachfolgenden beispielhaften Beschreibung zu entnehmen und werden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0021] Es zeigen in schematischer Darstellung:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer zugeordneten Abgasanlage

Figur 2 ein Blockschaltbild für ein Entschwefelungsverfahren ohne aktive Entschwefelung

Figur 3 ein Blockschaltbild für ein Entschwefelungsverfahren mit einer auf Anfettung reduzierten aktiven Entschwefelung.

[0022] Bei Verwendung von schwefelhaltigem Kraftstoff werden bei einem Lambdawert >1 neben Stickoxyden auch Schwefelkomponenten in den NOx-Speicherkatalysator eingespeichert. Zur Entschwefelung muss eine Mindesttemperatur und ein Lambdawert ≤ 1 vorliegen, wobei die Mindesttemperatur wegen der höheren chemischen Stabilität der eingespeicherten Schwefelverbindungen zwischen 550 und 650 Grad Celsius betragen muss. Die Angaben beziehen sich auf Katalysatoren mit Barium als Hauptspeicherkomponente. Bei anderer Basis-Chemie der Katalysatoren können die Werte abweichen. Die Einlagerung der Schwefelverbindungen, hauptsächlich Sulfate, führt zu einer schleichenden Desaktivierung des NOx-Speicherkatalysators. Verlauf und Intensität dieser Deaktivierung sind abhängig vom Kraftstoff-Schwefelgehalt und von der Betriebsweise der Brennkraftmaschine. Bei niedrigen bis mittleren Lasten wird eine magerlauffähige Brennkraftmaschine vorzugsweise mit einem Lambdawert >1 und ggf. mit einem hohen Schichtbetriebsanteil betrieben. Dies führt zu einer rascheren Schwefeleinlagerung als bei Betrieb mit einem stöchiometrischen oder fetten Lambdawert.

[0023] Die magerlauffähige Brennkraftmaschine 1 ist vorzugsweise in an sich bekannter Weise derart ausgelegt, dass sie zumindest bei $\Lambda \geq 1$ in einem Schichtlademodus betrieben werden kann. Zusammen mit hohen Abgasrückführaten lassen sich damit hohe Wirkungsgrade bei guter Laufstabilität und relativ niedrigen Schadstoffemissionen erreichen. Entscheidend hierfür ist jedoch aufgrund der im Schichtlademodus anfallenden hohen NOx-Rohemissionen eine optimierte Steuerung bzw. Regelung des NOx-Speicher- und Regenerationsvorgangs im NOx-Speicherkatalysator 7. Insbesondere muss bei einer verminderten NOx-Konversionseffizienz des NOx-Speicherkatalysators 7 eine bedarfsgerechte NOx-Regeneration eingeleitet und ohne Durchbrüche an Reduktionsmitteln wieder beendet werden können. In an sich bekannter Weise erfolgt daher in der Motorsteuerung 3 eine Erfassung der NOx-Konversionseffizienz des Katalysators 7 sowie eine Steuerung bzw. Regelung des Speicherzyklus des

NOx-Speicherkatalysators 7. Hierzu kann mittels des NOx-Sensors 10, der stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators 7 angeordnet ist, die NOx-Konzentration des Abgases bestimmt werden und die, insbesondere während des Magerbetriebs eingespeicherte NOx-Menge bestimmt werden. Der Magerbetrieb kann dann bei Erreichen einer vorgegebenen im NOx-Speicherkatalysator 7 gespeicherten NOx-Menge beendet werden. Bekannt ist in diesem Zusammenhang auch die zeitliche Dauer eines Magerintervalls sowie eines Regenerationsintervalls, insbesondere in Abhängigkeit von der Katalysatortemperatur festzulegen. Insbesondere kann in Abhängigkeit von der Katalysatortemperatur die Freigabe des Schichtbetriebes an die NOx-Konversionseffizienz des Katalysators angepasst werden.

[0024] Das in Figur 2 anhand einer schematischen Blockdarstellung veranschaulichte Verfahren zum Betrieb einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine ermöglicht eine Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators unter Verzicht auf aktive Maßnahmen zur Erhöhung der Katalysatortemperatur. Nach diesem Verfahren wird zunächst in Schritt 20 der Wert einer einen Schwefelvergiftungsgrad des NOx-Katalysators 7 charakterisierenden Zustandsgröße ermittelt. Hierzu wird beispielsweise die NOx-Speicheraktivität des NOx-Speicherkatalysators 7 ermittelt. Dies kann beispielsweise mit Hilfe des stromabwärts des NOx-Katalysators 7 angeordneten NOx-Sensors 10 oder einer stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators angeordneten Lambdasonde 10 erfolgen. Die NOx-Speicheraktivität wird dabei aus einer Modellrechnung oder mittels eines stromaufwärts angeordneten Sensors, beispielsweise 8,8' oder 9 bestimmt. Bei nicht ausreichender NOx-Speicheraktivität wird ggf. in Schritt 22 ein Magerbetriebs- bzw. Schichtbetriebsfenster eingeengt oder direkt zur Bildung einer Zustandsgröße zu Schritt 26 gegangen. Die Zustandsgröße charakterisiert, wie noch genauer ausgeführt wird, den Schwefelvergiftungsgrad des Katalysators. Wie oben bereits dargestellt, wird bei der Einengung des Magerbetriebs in Abhängigkeit von der NOx-Speicheraktivität die Dauer oder Intensität des Magerbetriebs eingeschränkt. Insbesondere wird bei Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes der in den NOx-Speicherkatalysator eingespeicherten NOx-Menge der Magerbetrieb beendet. Generell werden Zeitpunkt und Dauer der Freigabe einer Magerbetriebsphase, insbesondere eines Schichtladebetriebs der Brennkraftmaschine 1 in Abhängigkeit von der NOx-Speicheraktivität festgelegt. Die Zustandsgröße in Schritt 26 wird dann in Abhängigkeit von der Freigabedauer der Magerbetriebsphase gewählt. Wie an sich bekannt, wird die Magerbetriebsphase in Abhängigkeit von der Temperatur des Katalysators freigegeben. Beispielsweise wird die Magerbetriebsphase gesperrt, wenn die Katalysatortemperatur kleiner als eine vorbestimmte minimale Katalysatortemperatur und / oder größer als eine vorgegebene maximale Katalysatortemperatur ist. Vorzugsweise werden dabei die im Motorsteuergerät 3 ver-

wendeten Steuer- bzw. Regelsignale zur Einengung des Magerbetriebs in Schritt 22 verwendet. Insofern sind dann keine besonderen Maßnahmen zur Bildung der in Schritt 26 gebildeten Zustandsgröße erforderlich.

[0025] In die Bildung der Zustandsgröße in Schritt 26 geht vorzugsweise die während eines vorgegebenen Zeitintervalls in den Katalysator 7 eingespeicherte Schwefelmenge ein. Hierzu werden in Schritt 23 die Katalysatortemperatur und das Katalysator-Luftverhältnis Lambda ermittelt. Hierzu werden die Signale des Temperatursensors 13 sowie der stromabwärts des NOx-Speicherkatalysators angeordneten Lambdasonde 10 ausgewertet und in Schritt 24 die in den NOx-Speicherkatalysator 7 eingespeicherte Schwefelmenge berechnet. Hierbei wird vorzugsweise auch eine ggf. erfolgte Schwefelentladung berücksichtigt. In Schritt 25 wird die berechnete gespeicherte Schwefelmenge mit einem vorgegebenen Grenzwert verglichen. Wird dieser Grenzwert überschritten, erfolgt ein Übergang zum Schritt 26.

[0026] In Schritt 26 wird bei nicht ausreichender NOx-Aktivität bzw. einer Freigabedauer der Magerbetriebsphase, die eine vorgegebene Grenze unterschreitet und bei einer Schwefelmenge, die den vorgegebenen Grenzwert überschreitet eine Entscheidung zur Bildung eines Statussignals zur Einleitung einer passiven Entschwefelung des Katalysators bewirkende Betriebsweise der Brennkraftmaschine getroffen.

[0027] Das Statussignal kann beispielsweise im Motorsteuergerät 3 abgespeichert werden. Ferner kann das Statussignal dem Fahrer angezeigt werden und mit einer Aufforderung eine Entschwefelung einzuleiten verbunden werden. Ein gespeichertes Statussignal kann über eine spezielle Diagnosevorrichtung in einer Werkstatt aufgelesen werden, um eine natürliche Entschwefelung beispielsweise im Rahmen einer Fahrzeuginspektion durch das Werkstattpersonal im Realverkehr oder auf einer speziell dafür vorgesehenen Laufrollenvorrichtung durchzuführen.

[0028] Bei der Anzeige des Statussignals können Schaltempfehlungen gegeben werden, die eine hochtourige Fahrweise bei niedrigen Motorgrundlasten hervorrufen. Vorzugsweise kann der Fahrer des Kraftfahrzeuges oder das Werkstattpersonal über einen möglichen Sonderbetriebszustand informiert werden, der zur Verkürzung der Dauer der Entschwefelung eingesetzt wird und der eine extreme Wirkungsgradverschlechterung sowie entsprechende Fahrverhaltensmängel des Fahrzeuges in Kauf nimmt.

[0029] In Figur 3 ist eine schematische Darstellung des Verlaufs eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Zunächst wird in Schritt 30 die NOx-Speicheraktivität des Speicherkatalysators bestimmt. In Schritt 31 erfolgt eine Prüfung, ob die NOx-Speicheraktivität unzureichend ist oder nicht. Bei unzureichender NOx-Speicheraktivität wird zu Schritt 33, gegebenenfalls vorher zu Schritt 31a gegangen. Schritt 31a entspricht dem Schritt 22 aus Figur 2, d.h. es wird Zeit-

punkt, Intensität und Dauer einer Magerbetriebsphase bestimmt. Ferner wird in den Schritt 33 geprüft, ob die NOx-Speicherkatalysatortemperatur eine Entschwefelung zulässt. Bevorzugt wird hierbei geprüft, ob diese Temperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich liegt, d.h. größer als eine vorbestimmte minimale Katalysatortemperatur und / oder größer als eine vorgegebene maximale Katalysatortemperatur ist. Weist der Katalysator eine zulässige Temperatur auf, wird weiter zu Schritt 35 gegangen. In Schritt 35 wird bei unzureichender NOx-Speicheraktivität und einer zulässigen Katalysatortemperatur die Durchführung einer aktiven Entschwefelung durch Einstellung der Brennkraftmaschine auf eine Betriebsweise mit einem Lambdawert $< 1,0$ eingeleitet.

[0030] Bei nicht unzureichender NOx-Speicheraktivität wird von Schritt 31 zu Schritt 34 gegangen. In Schritt 34 erfolgt bei zulässiger Katalysatortemperatur und einer nicht unzureichenden NOx-Speicheraktivität eine Entscheidung darüber, die sich allein durch das Fahrprofil einstellende natürliche Entschwefelung in Schritt 36 auszunutzen. Ausgehend von Schritt 35 oder Schritt 36 wird in Schritt 37 die Schwefelentladung des NOx-Speicherkatalysators bestimmt. Vorzugsweise werden hierzu der Lambdawert des Abgases und die Temperatur des Katalysators herangezogen. Diese Daten werden einerseits in Schritt 32 und dem inhaltsgleichen Schritt 33 zur Bestimmung der für die Entschwefelung geeigneten Katalysatortemperatur herangezogen und andererseits in Schritt 38 dazu verwendet, zu prüfen ob die Entschwefelung des Katalysators einem vorbestimmten Kriterium genügt. Ist dies nicht der Fall, wird bei unzureichender NOx-Aktivität aus Schritt 31 von Schritt 38 zurück zu Schritt 35 gegangen. Bei ausreichender Entschwefelung erfolgt dann in Schritt 39 die Beendigung der Einstellung des Lambdawerts auf < 1 .

[0031] Die in Schritt 35 durchgeführte aktive Entschwefelung kann bei automatisierten Getrieben ergänzt werden durch eine Verschiebung der Schaltkennungen gegenüber dem Normalbetrieb um eine Fahrweise mit hohen Drehzahlen mit niedrigen Motorgrundlasten hervorzurufen. Entsprechend kann bei einem Fahrzeug mit einem stufenlosen Getriebe ein Betrieb mit vom Normalbetrieb abweichenden Übersetzungskennfeldern erfolgen, um auch hier eine hochtourige Fahrweise mit niedrigen Lasten hervorzurufen.

[0032] Die vorstehend beschriebene Erfindung ermöglicht bei Kraftstoffen mit niedrigen Schwefelgehalten eine ausreichend sichere und einfache Entschwefelung eines NOx-Speicherkatalysators, ohne dass durch eine zu häufige Anwendung eine unkomfortable Bedienung des Fahrzeugs resultiert, die für den Kunden nicht akzeptabel wäre. Da aufgrund eines geringeren Entwicklungs- und Applikationsaufwandes Entwicklungskosten eingespart werden können, ist auch eine Kaufpreisminderung vor Kunde zu erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeugs mit einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine mit zumindest einem in einer Abgasanlage der Brennkraftmaschine angeordneten NOX-Speicherkatalysator, wobei eine Ermittlung des Wertes einer einen Schwefelvergiftungsgrad des Katalysators charakterisierenden Zustandsgröße erfolgt, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- Bildung eines Statussignals in Abhängigkeit von dem Wert der Zustandsgröße
- Speicherung und / oder Anzeige des Statussignals zur Einleitung einer passiven Entschwefelung des Katalysators bewirkenden Betriebsweise der Brennkraftmaschine.

und/oder dass

- die Brennkraftmaschine in Abhängigkeit vom Wert der Zustandsgröße auf eine Betriebsweise mit einem Lambdawert < 1 eingestellt wird, wobei der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine bei einem beliebigen Betriebspunkt zwischen 50 km/h und 100 km/h gegenüber dem gleichen Betriebspunkt ohne gebildeten Statussignal um höchstens 3 %, vorzugsweise 2 %, besonders bevorzugt 1 % oder 0 % verschlechtert wird, insbesondere bei einem Betriebspunkt, der einer Konstantfahrt in der Ebene bei 20 Grad Celsius Außentemperatur entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgröße in Abhängigkeit von einer NOx-Speicheraktivität des Katalysators gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die NOx-Speicheraktivität mittels einer stromabwärts des Katalysators angeordneten Lambdasonde und / oder eines NOx-Sensors ermittelt wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgröße in Abhängigkeit von der in den Katalysator während einer Magerbetriebsphase nach einer Regenerationsphase eingespeicherten NOx-Menge gewählt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgröße in Abhängigkeit von der während eines vorgegebenen Zeitintervalls während einer Magerbetriebsphase nach einer Regenerationsphase in den Katalysator eingespei-

cherten Schwefelmenge gewählt wird.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Ermittlung der Zustandsgröße eine Schwefelentladung des Katalysators berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgröße in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur gewählt wird.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer einer Freigabe einer Magerbetriebsphase, insbesondere eines Schichtladebetriebs der Brennkraftmaschine, in Abhängigkeit von der NOx-Speicheraktivität insbesondere der in den Katalysator eingespeicherten NOx-Menge festgelegt wird, und dass die Zustandsgröße in Abhängigkeit von der Freigabedauer der Magerbetriebsphase gewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Magerbetriebsphase, insbesondere zusätzlich in Abhängigkeit von der Temperatur des Katalysators freigegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Magerbetriebsphase gesperrt wird, wenn die Katalysatortemperatur kleiner als eine vorbestimmte minimale Katalysatortemperatur oder größer als eine vorgegebenen maximale Katalysatortemperatur ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Ermittlung der Zustandsgröße vorgegebene Betriebszustände der Brennkraftmaschine, insbesondere Leerlaufphasen oder Stop-and-Go-Phasen ausgeschlossen werden.

12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statussignal Angaben über Zeitpunkt, Länge und /oder Intensität der eine passive Entschwefelung des Katalysators bewirkenden Betriebsweise der Brennkraftmaschine beinhaltet.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgröße in Abhängigkeit von einem ermittelten Schwefeleintrag gebildet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwefeleintrag mittels zumindest eines stromabwärts oder stromaufwärts des Katalysators angeordneten Schwefelsensors, vor-

zugsweise eines Infrarotsensors ermittelt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwefeleintrag geschätzt wird.

5

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schätzung auf einem Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine beruht.

10

17. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach einer passiven Entschwefelung eine Zurücksetzung des Wertes der Zustandsgröße auf einem dem aktuellen Schwefelvergiftungsgrad des Katalysators entsprechenden Wert erfolgt.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

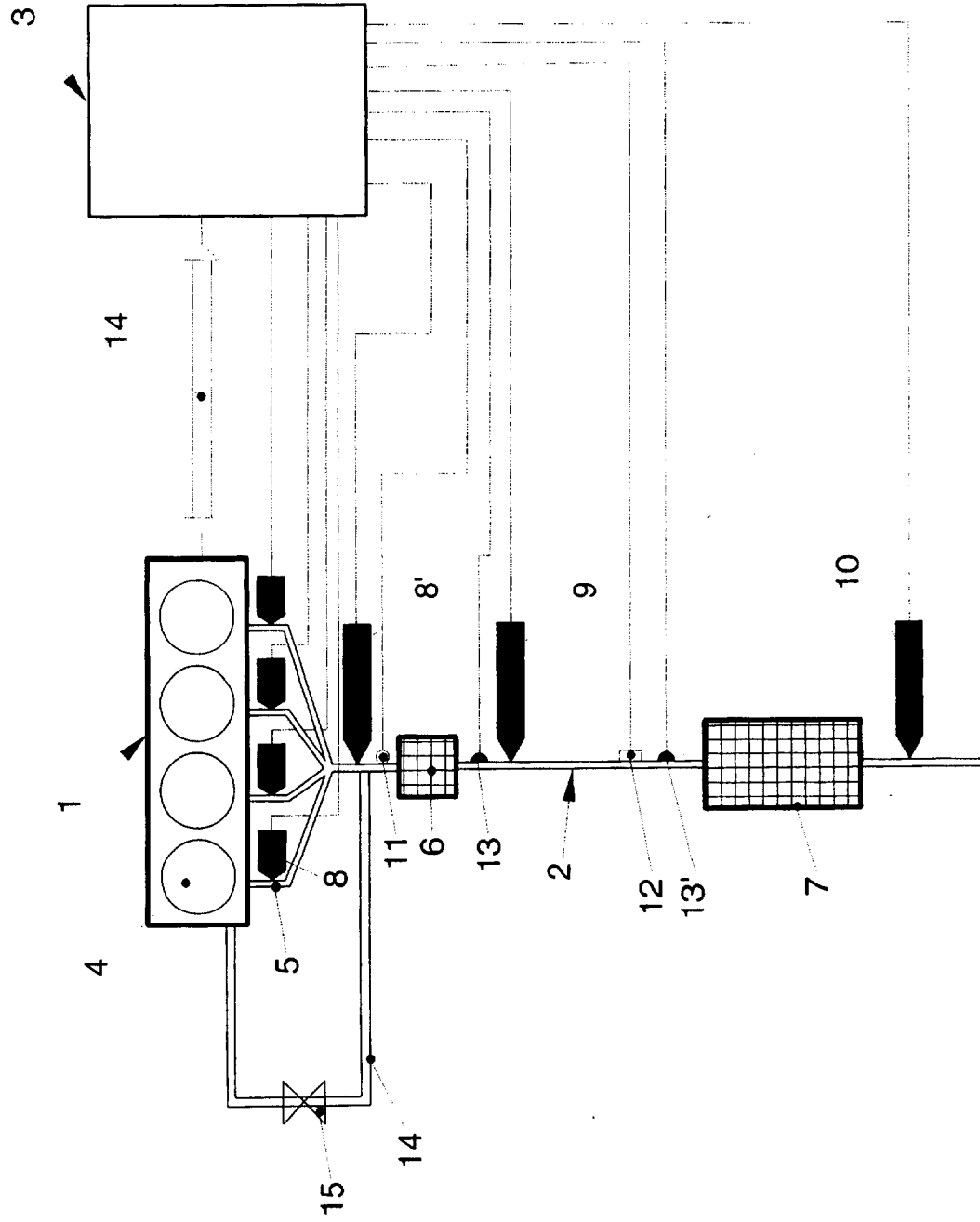


FIG. 1

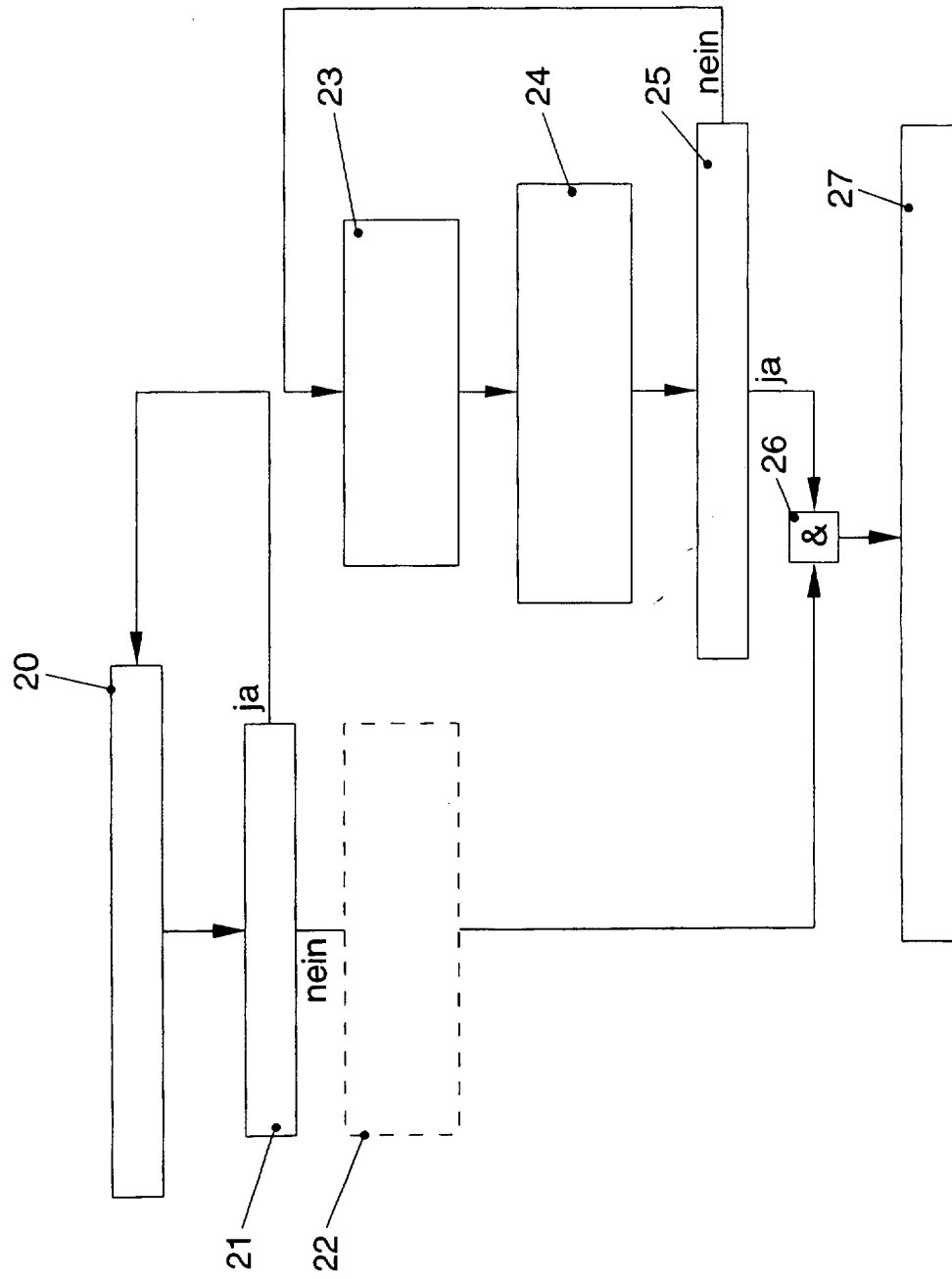


FIG. 2

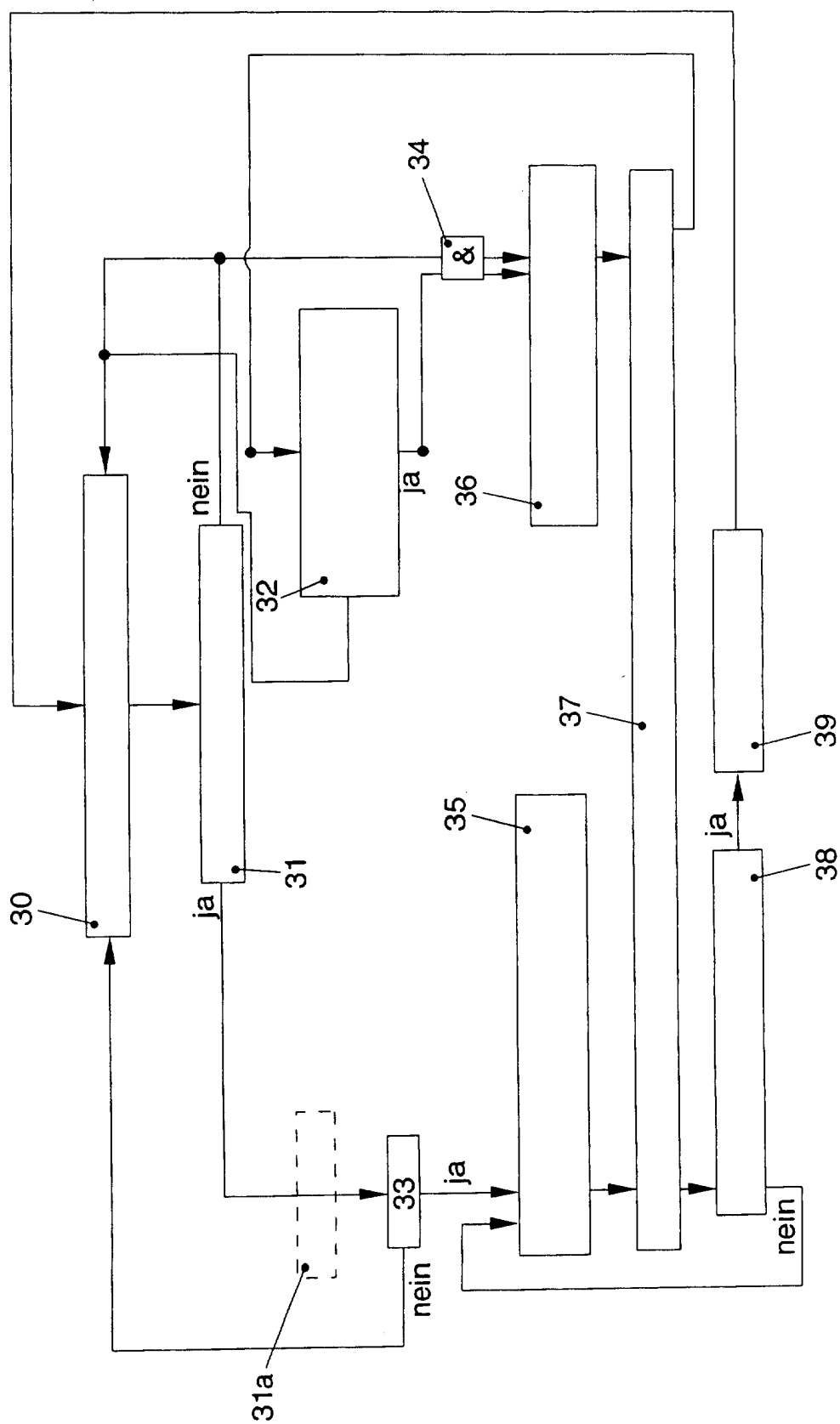


FIG. 3