



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 019 183 B4** 2008.01.24

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 019 183.2**

(22) Anmeldetag: **16.04.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.12.2005**

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **24.01.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 13/02** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE**

(72) Erfinder:

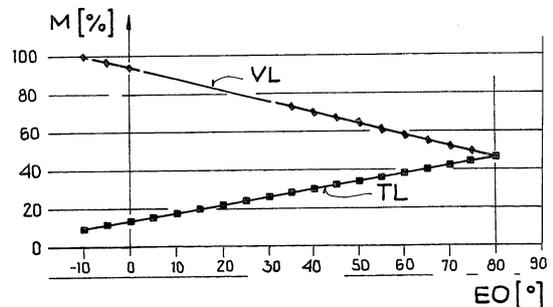
**Budack, Ralf, Dr., 85057 Ingolstadt, DE; Kuhn,  
 Michael, 85080 Gaimersheim, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE 38 32 294 C2**  
**DE 198 04 942 A1**  
**DE 196 06 054 A1**  
**DE 100 64 665 A1**  
**DE 44 45 411 A1**  
**DE 41 35 965 A1**  
**DE 30 14 005 A1**  
**DE 689 06 712 T2**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum drehmomentneutralen Umschalten einer Brennkraftmaschine sowie eine Brennkraftmaschine zur Ausführung des Verfahrens**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum drehmomentneutralen Umschalten einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einlassventil und einem Einlassnockenumschaltssystem mit einer Teillast- und einer Volllastnocke einer Einlassnockenwelle für einen Teillastbetrieb bzw. für einen Volllastbetrieb, dadurch gekennzeichnet, dass für ein drehmomentneutrales Umschalten bei einem Umschaltvorgang vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb die Einlassnockenwelle nach spät verstellt wird, bis ein maximales Drehmoment mit dem Teillastnocken erreicht wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum drehmomentneutralen Umschalten einer Brennkraftmaschine sowie eine Brennkraftmaschine zur Ausführung des Verfahrens gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Brennkraftmaschinen mit einer variablen Ventilsteuerung bekannt, wobei letztere es ermöglichen soll, einen niedrigen Kraftstoffverbrauch und geringe Abgasemissionen bei hohen Drehzahlen in einem Hochlastbereich, mittleren Drehzahlen in einem Teillastbereich mit hohem Drehmoment und auch niedrigen Drehzahlen zu erreichen. Zur variablen Ventilsteuerung ist dabei vorgeschlagen worden, die Nockenwelle bedarfsweise radial gegenüber der Kurbelwelle zu verdrehen. Da üblicherweise die Einlassventile von Brennkraftmaschinen von einer Nockenwelle betätigt werden, kann damit der Öffnungs- bzw. Schließwinkel der Ventile beeinflusst werden. Dabei wird die Ventilhubkurve von der Hubkontur des Nockens festgelegt. Durch die Verdrehung der Nockenwelle ist es daher möglich, die Phasenlage der Ventilhubkurve zwischen zwei Einstellungen zu verändern.

**[0003]** Zur Steuerung eines Einlassventils ist ferner aus dem Stand der Technik die Verwendung von zwei Nocken mit unterschiedlicher Hubkontur bekannt. Aus der DE 41 35 965 A1 ist beispielsweise bekannt, eine Leistungsnocke zu verwenden, mit der ein hohes Abtriebsdrehmoment an der Brennkraftmaschine bereitgestellt werden kann sowie ferner eine Sparnoche zu verwenden, mit der ein günstiger Kraftstoffverbrauch ermöglicht wird. Mittels einer Nockenumschalteneinrichtung wird in einem vorgegebenen Umschaltbereich eine Umschaltung von der einen auf die andere Noche vorgenommen. Ohne entsprechende Gegenmaßnahmen stellt sich dabei das Problem, dass verschiedene Zustandsgrößen der Brennkraftmaschine und in der Folge auch das Drehmoment diskontinuierlich geändert werden. Zur Vermeidung einer derartigen Veränderung ist aus der DE 41 35 965 A1 bekannt, die Ansteuerung einer Drosselklappe, die Vorgabe eines Zündwinkels und die Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum zu synchronisieren. Eine derartige Steuerung muss relativ genau erfolgen und erfordert daher einen hohen Aufwand, da andernfalls Drehmomentsprünge mit entsprechenden Beschleunigungen bzw. Verzögerungen im Betrieb der Brennkraftmaschine erfolgen können.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum drehmomentneutralen Umschalten einer Brennkraftmaschine sowie eine entsprechende Brennkraftmaschine zu schaffen, mit denen ein drehmomentneutrales Umschalten auf eine relativ einfache Weise realisiert werden kann.

**[0005]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

**[0006]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum drehmomentneutralen Umschalten einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einlassventil und einem Einlassnockenumschaltensystem mit einer Teillast- und einer Volllastnocke für einen Teillastbetrieb bzw. einen Volllastbetrieb wird für ein drehmomentneutrales Umschalten bei einem Umschaltvorgang vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb die Einlassnockenwelle nach spät verstellt, bis ein maximales Drehmoment mit dem Teillastnocken erreicht wird.

**[0007]** Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine weist abgesehen von ihren gattungsgemäßen Merkmalen für ein drehmomentneutrales Umschalten zwischen Teillast- und Volllastbetrieb derartige Teillastnocken bzw. Volllastnocken auf, dass für ein drehmomentneutrales Umschalten bei einem Umschaltvorgang vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb die Einlassnockenwelle nach spät verschoben ist, bis ein maximales Drehmoment mit den Teillastnocken erreicht ist. Bei einer derartigen Brennkraftmaschine ist der konstruktive Aufwand zur Gewährleistung eines drehmomentneutralen Umschaltens zwischen Teillast- und Volllastbetrieb geringer. Im Idealfall kann durch die Spätverstellung eine Umschaltung ohne Momentensprung erfolgen.

**[0008]** Günstig ist, wenn ein Schließwinkel und/oder ein Öffnungswinkel des Einlassventils der Einlassnockenwelle nach spät verschoben wird. Dies erfolgt vorzugsweise für den Volllastnocken. Ein nach spät verschobener Einlassschließwinkel verursacht eine reduzierte Luftfüllung des Motors und damit erfindungsgemäß die Dämpfung eines Drehmomentsprungs. Dies gilt insbesondere für den Volllastnocken. Zur Reduzierung der Füllung der Brennkraftmaschine bei hohem Saugrohrdruck und einem Betrieb mit dem Volllastnocken kann die Füllung des Motors vorteilhaft durch einen nach spät verschobenen Einlasswinkel reduziert werden. Ein spätes „Einlass schließt“ führt dann zu einer Reduktion der Zylinderfüllung, wenn ausgehend von einem normalen Schließzeitpunkt, der im oder nach dem unteren Totpunkt liegt, in Richtung spät verstellt wird, was für den Volllastnocken erfüllt ist. Für den Teillastnocken, der deutlich vor dem unteren Totpunkt schließt, würde ein späterer Schließzeitpunkt zu einer Erhöhung der Zylinderfüllung führen.

**[0009]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

**[0010]** Bevorzugt erfolgt eine Lastregelung im Volllastbetrieb mit der Volllastnocke durch Rückverstellen der Einlassnockenwelle nach früh.

**[0011]** In einer ersten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Umschaltung zwischen Teillast- und Vollastbetrieb bei niedrigen und/oder mittleren Drehzahlen. Damit kann berücksichtigt werden, dass insbesondere in einem unteren Drehzahlbereich bei üblichen Viertaktkolbenmotoren ein später Einlassschließwinkel ein verringertes Drehmoment zur Folge hat und damit die erfindungsgemäß angestrebte Reduzierung eines Drehmomentsprunges in besonders hohem Maße ermöglicht wird.

**[0012]** Ferner ist es zweckmäßig, die Einlassnockenumschaltung derart auszulegen, dass im Bereich des drehmomentneutralen Umschaltens zwischen Teillastnocke und Vollastnocke keine Maßnahmen zur Wirkungsgradverschlechterung erfolgen.

**[0013]** Es versteht sich, dass das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf den Fall eines Einlassventils beschränkt ist, sondern auch Konfigurationen mit mehreren Einlassventilen umfasst. Die Implementierung des Verfahrens erfolgt vorzugsweise durch ein Computerprogramm, das einem Steuer- und/oder Regelgerät der Brennkraftmaschine zugeordnet ist.

**[0014]** Weitere Ausbildungsformen und Aspekte der Erfindung werden unabhängig von einer Zusammenfassung in den Patentansprüchen ohne Beschränkung der Allgemeinheit im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert.

**[0015]** Dabei zeigen

**[0016]** [Fig. 1](#) das Motormoment als Funktion der Öffnungszeit bezogen auf den Kurbelwinkel eines Einlassventils mit Teillastnocken und mit Vollastnocken;

**[0017]** [Fig. 2](#) die Schließzeit bezogen auf den Kurbelwinkel als Funktion der Öffnungszeit eines Einlassventils mit Teillastnocken und mit Vollastnocken.

**[0018]** Das erfindungsgemäße Verfahren findet Anwendung bei einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine, bei der in einem Brennraum eines Zylinders ein Kraftstoff-Luft-Gemisch gezündet wird. Eine derartige Brennkraftmaschine umfasst mehrere Zylinder, in deren Brennraum jeweils über ein Einlassventil und ein Ansaugrohr Verbrennungsluft zugeführt wird. Zur Bereitstellung des Kraftstoffs ist ein Kraftstoffsystem vorgesehen. Das Ansaugrohr kann durch eine Drosselklappe verengt werden. Einlass- und Auslassventil eines Zylinders werden jeweils von einer Einlassnockenwelle und einer Auslassnockenwelle betätigt. Gegebenenfalls können die Nockenwellen durch Aktoren verstellt werden. Gegebenenfalls erfolgt ferner eine Erfassung der Winkelstellung der jeweiligen Nockenwelle durch einen Sensor. Die Nockenwelle wird von einer Kurbelwelle her angetrieben, deren Winkelstellung und Drehzahl gegeben-

falls von einem Sensor erfasst werden kann.

**[0019]** Zur Steuerung bzw. Regelung der verschiedenen Motorfunktionen ist ferner ein Motorsteuerggerät vorgesehen, das Signale von Sensoren für Drehzahl, Drosselklappenstellung, den genannten Sensoren für die Erfassung von Parametern der Kurbelwelle, der Nockenwelle und dergleichen sowie einer Last- oder Leistungsanforderung umfasst.

**[0020]** Erfindungsgemäß ist ein Einlassnockenumschaltensystem mit einer Teillastnocke und einer Vollastnocke für einen Teillastbetrieb bzw. einen Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine vorgesehen. Die Nocken weisen Hubkonturen zur Festlegung des Ventilhubes aus. Dabei wird als Vollastnocke die Nocke mit der Kontur bezeichnet, mit der bei einem Ladungswechsel der für Vollast erforderliche Luftaufwand des Motors zur Verfügung gestellt werden kann. Im Allgemeinen ist der maximale Ventilhub bei Vollast größer als bei Teillast.

**[0021]** In [Fig. 1](#) ist eine momentneutrale Umschaltung gemäß der Erfindung skizziert. Das Motormoment  $M$  in Prozent ist über der Öffnungszeit  $EO$  des Einlassventils bezogen auf den Kurbelwinkel  $KW$  nach dem oberen Totpunkt  $OT$ , entsprechend dem Einlassöffnungswinkel, aufgetragen. Den Verlauf des Motormoments  $M$  mit Teillastnocken zeigt die Kurve  $TL$ , den Verlauf des Motormoments  $M$  mit Vollastnocken zeigt die Kurve  $VL$ . Wird der Einlassöffnungswinkel bzw. die Öffnungszeit  $EO$  im Teillastbereich vergrößert, nimmt das Motormoment  $M$  zu, beispielsweise von 20% bei etwa  $15^\circ$  bis auf fast 50% bei etwa  $80^\circ$ . Bei diesem Winkel schneidet die Kurve  $TL$  die Kurve  $VL$ . Die Kurve  $VL$  für den Vollastnocken zeigt einen der Kurve  $TL$  entgegengesetzten, fallenden Verlauf. Wird nunmehr vom Teillastnocken auf den Vollastnocken umgeschaltet, tritt praktisch kein Momentensprung auf. Um ein höheres Motormoment im Vollastbetrieb zu erzielen, wird die Einlassöffnungszeit  $EO$  im Vollastbereich verkleinert.

**[0022]** [Fig. 2](#) zeigt den Zusammenhang zwischen der Einlassschließzeit  $ES$  bezogen auf den Kurbelwinkel  $KW$  nach dem oberem Totpunkt  $OT$ , entsprechend dem Einlassschließwinkel, und der Einlassöffnungszeit  $EO$  bezogen auf den Kurbelwinkel  $KW$  nach dem oberen Totpunkt  $OT$ , entsprechend dem Einlassöffnungswinkel. Öffnet das Einlassventil im Betrieb mit der Teillastnocke beispielsweise zwischen  $-10^\circ$  und  $80^\circ$  bezogen auf den Kurbelwinkel, nimmt die Einlassschließzeit von etwa  $80^\circ$  auf über  $150^\circ$  bezogen auf den Kurbelwinkel zu (Kurve  $TL$ ). Die Schließzeit bezogen auf den Kurbelwinkel  $KW$  für den Vollastnocken (Kurve  $VL$ ) ist gegenüber den Schließzeiten des Einlassventils für den Teillastnocken (Kurve  $VL$ ) nach oben verschoben und nimmt für denselben  $EO$ -Winkelbereich von etwa  $200^\circ$  auf fast  $300^\circ$  bezogen auf den Kurbelwinkel zu.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum drehmomentneutralen Umschalten einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einlassventil und einem Einlassnockenumschaltsystem mit einer Teillast- und einer Volllastnocke einer Einlassnockenwelle für einen Teillastbetrieb bzw. für einen Volllastbetrieb, **dadurch gekennzeichnet**, dass für ein drehmomentneutrales Umschalten bei einem Umschaltvorgang vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb die Einlassnockenwelle nach spät verstellt wird, bis ein maximales Drehmoment mit dem Teillastnocken erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lastregelung der Brennkraftmaschine im Volllastbetrieb mit der Volllastnocke durch Rückverstellen der Einlassnockenwelle nach früh erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltung zwischen Teillast- und Volllastbetrieb bei niedrigen und/oder mittleren Drehzahlen erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Betrieb im Bereich des drehmomentneutralen Umschaltens zwischen Teillastnocke und Volllastnocke ohne Wirkungsgradverschlechterung erfolgt.

5. Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einlassventil und einem Einlassnockenumschaltsystem mit einer Teillast- und einer Volllastnocke für einen Teillast- bzw. Volllastbetrieb, dadurch gekennzeichnet, dass für ein drehmomentneutrales Umschalten bei einem Umschaltvorgang vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb die Einlassnockenwelle nach spät verschoben ist, bis ein maximales Drehmoment mit dem Teillastnocken erreicht ist.

6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Teillastnocke und die Volllastnocke unterschiedlich hohe gegeneinander verschränkte Hubkonturen aufweisen, wobei die Hubkontur der Teillastnocke nicht vollständig innerhalb der Kontur der Volllastnocke liegt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

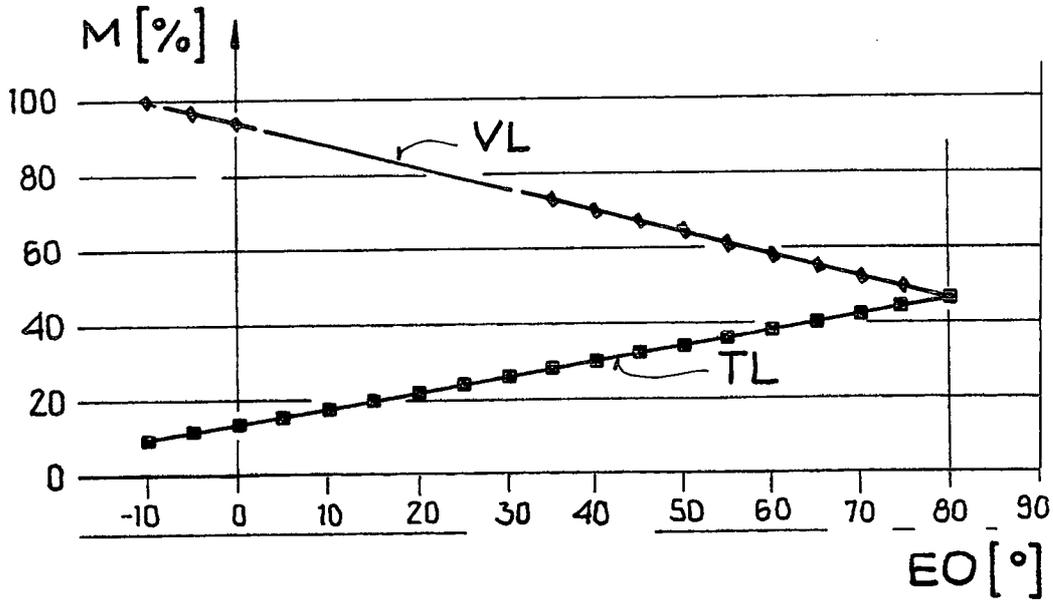


FIG.1

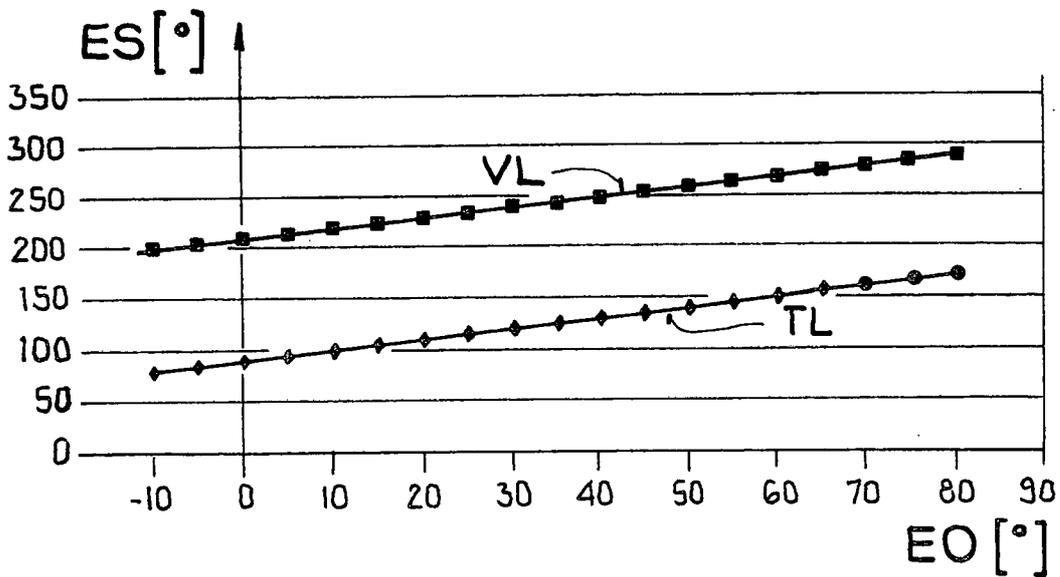


FIG.2