



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**15.09.2004 Patentblatt 2004/38**

(51) Int Cl.7: **F01L 9/04, F01L 13/00**

(21) Anmeldenummer: **04003090.0**

(22) Anmeldetag: **12.02.2004**

(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**

(30) Priorität: **14.03.2003 DE 10311275**

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke**  
**Aktiengesellschaft**  
**80809 München (DE)**

(72) Erfinder:  
 • **Scheffler, Till, Dr.**  
**80939 München (DE)**  
 • **Kellerer, Horst, Dr.**  
**80639 München (DE)**  
 • **Knaut, Axel**  
**80935 München (DE)**  
 • **Seethaler, Rudolf, Dr.**  
**80804 München (DE)**

(54) **Ventiltrieb für einen Verbrennungsmotor**

(57) Ventiltrieb (1) für einen Verbrennungsmotor, mit einem Ventil (2), einem Nocken (5), der hinund herschwenkbar angeordnet ist und der zur Betätigung des Ventils vorgesehen ist, einem Elektromotor zur Schwenkbetätigung des Nockens und einer Elektronik zur Ansteuerung des Elektromotors in Abhängigkeit von momentanen Betriebsparametern des Motors, wobei das Ventil entsprechend der Ansteuerung eine zwischen einem Öffnungskurbelwellenwinkel und einem

Schließkurbelwellenwinkel liegende Hubverlaufskurve durchläuft. Die Elektronik weist eine Steuerlogik auf, welche in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand des Verbrennungsmotors eine Modifizierung der Hubverlaufskurve ermöglicht. Die Hubverlaufskurve ist von der Steuerlogik derart modifizierbar, dass die Lage des Schwerpunkts der Fläche unter der Hubverlaufskurve in Bezug auf den Kurbelwellenwinkel veränderbar ist und zwar auch ohne einer Verschiebung des Öffnungs- und Schließkurbelwellenwinkels.

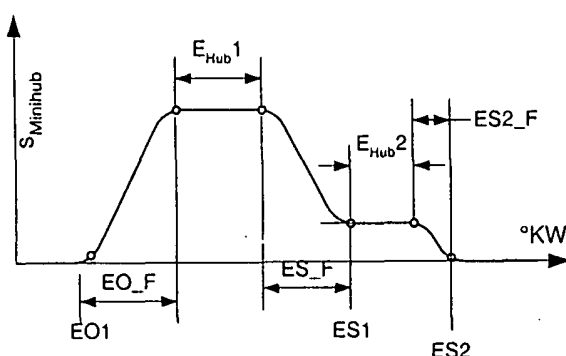


Fig. 2

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektrisch gesteuerten Ventiltrieb für einen Verbrennungsmotor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

**[0002]** Bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren wird die Nockenwelle mechanisch über eine Steuerkette oder einen Steuerriemen von der Kurbelwelle angetrieben. Zur Steigerung der Motorleistung, zur Senkung des Spritverbrauchs, zur Beeinflussung der Emissionen und zur Verbesserung der Motorakustik ist es von Vorteil, die Ventile der einzelnen Zylinder, zumindest aber die Einlassventile und die Auslassventile der einzelnen Zylinder individuell anzusteuern.

**[0003]** Dies ist durch einen elektromagnetischen Ventiltrieb möglich. Hierzu ist jedem Ventil bzw. jeder Ventilgruppe eines Zylinders eine "Aktuatereinheit" zugeordnet. Derzeit werden zwei unterschiedliche Grundtypen von Aktuatereinheiten erforscht. Bei dem ersten Typ sind einem Ventil oder einer Ventilgruppe ein Öffnungs- und Schließmagnet zugeordnet. Durch Bestromen der Magneten können die Ventile axial verschoben werden, d.h. geöffnet bzw. geschlossen werden. Derartige Ventiltriebe sind jedoch regelungstechnisch nur schwer beherrschbar. Bei dem anderen Typ ist einem Ventil- bzw. einer Ventilgruppe ein hin- und herschwenkbarer Betätigungsnocken zugeordnet. Der Betätigungsnocken wird dabei durch einen elektrischen Schwenkmotor unterstützend verschwenkt.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen elektrischen Ventiltrieb mit einem Schwenkaktor und einer Steuerelektronik zu schaffen, der eine möglichst gute Anpassung des Öffnungs-/Schließverhaltens an den momentanen Betriebszustand des Verbrennungsmotors ermöglicht.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0006]** Die Erfindung geht von einem Ventiltrieb mit einem Schwenkaktor aus, der durch einen Elektromotor oder durch ein anderes Stellglied, wie z.B. ein hydraulisches Stellglied betätigt wird. Der Schwenkaktor ist zur Betätigung eines oder mehrerer Ventile vorgesehen. Der Kern der Erfindung besteht in einer Steuerelektronik zur Ansteuerung des Elektromotors. Der Elektromotor bzw. der Nocken wird durch die Steuerelektronik so angesteuert, dass sich das Ventil gemäß einer Hubverlaufskurve bewegt, die möglichst optimal dem momentanen Betriebszustand des Motors, insbesondere den thermodynamischen Verhältnissen im Motor angepasst ist.

**[0007]** Das Ventil durchläuft entsprechend der Ansteuerung des Elektromotors durch die Steuerelektronik eine zwischen einem Öffnungskurbelwinkel und einem Schließkurbelwinkel liegende Hubverlaufskurve, die in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand des Verbrennungsmotors von der Elektronik aus einer ge-

speicherten Schar von Hubverlaufskurven ausgewählt oder in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand entsprechend einer vorgegebenen "Bildungsvorschrift" gebildet wird. Die vom Ventil zu durchlaufende Hubverlaufskurve ist in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand des Verbrennungsmotors durch die Steuerlogik derart modifizierbar, dass die Lage des Schwerpunkts der Fläche unter der Hubverlaufskurve in Bezug auf den Kurbelwellenwinkel veränderbar ist und zwar ohne dass der Öffnungskurbelwellenwinkel oder Schließkurbelwellenwinkel verschoben werden muss.

**[0008]** Ganz allgemein gesprochen können also in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand des Motors und vorgebbaren bzw. vorgegebenen Randbedingungen, wie Öffnungskurbelwellenwinkel, Schließkurbelwellenwinkel, maximaler Ventilhub, Öffnungsgeschwindigkeit, maximale Schließgeschwindigkeit etc. eine Vielzahl unterschiedlicher Hubverlaufskurven dargestellt werden. In der Steuerelektronik können entweder eine Schar solcher Hubverlaufskurven abgespeichert sein oder alternativ dazu kann entsprechend einer vorgegebenen Steuerlogik in Abhängigkeit einer Vielzahl momentaner Betriebsparameter des Verbrennungsmotors auch ein momentan optimaler Hubverlauf "kreiert" werden.

**[0009]** Vorzugsweise sind mit der Steuerelektronik verschiedene Hubverlaufskurven erzeugbar, die sich hinsichtlich einer Vielzahl von Eigenschaften voneinander unterscheiden können. Einzelne Hubverlaufskurven können sich beispielsweise hinsichtlich ihrer Anzahl lokaler und globaler Extrema unterscheiden. Ferner können Hubverlaufskurven generiert werden, die sich hinsichtlich ihrer Öffnungs- und/oder Schließgradienten unterscheiden. Des Weiteren können in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand Hubverlaufskurven erzeugt werden, die sich hinsichtlich ihres Öffnungs- und/oder Schließkurbelwellenwinkels unterscheiden. Ferner können Hubverlaufskurven mit verschiedenen großen Öffnungshüben generiert werden, etc.

**[0010]** Zusammenfassend besteht der Unterschied gegenüber allen bislang bekannten Ventilsteuerungen darin, dass zum einen der Maximalhub, d.h. das globale Maximum der Hubverlaufskurve innerhalb der konstruktiv vorgegebenen Grenzen beliebig durch eine entsprechende Ansteuerung des Elektromotors eingestellt werden kann. Zum anderen kann durch eine entsprechende Ansteuerung des Elektromotors ganz gezielt eine bestimmte "Form" der Hubverlaufskurve generiert werden.

**[0011]** Insbesondere können unterschiedliche Hubverlaufskurven erzeugt werden, deren Formen sich hinsichtlich der Lage ihrer Flächenschwerpunkte in Bezug auf den Kurbelwellenwinkel unterscheiden, d.h. hinsichtlich der Lage des Schwerpunkts der Flächen unter der jeweiligen Hubverlaufskurve. Hubverlaufskurven können durch entsprechende Ansteuerung des Elektromotors modifiziert werden und zwar auch ohne eine Verschiebung des Öffnungs- und Schließkurbelwellenwinkels.

**[0012]** Im folgenden wird die Erfindung im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 das Grundprinzip eines Ventiltriebs gemäß der Erfindung; und

Figur 2, 3 verschiedene Hubverlaufskurven, die mit dem Ventiltrieb der Figur 1 erzeugbar sind.

**[0013]** Figur 1 zeigt einen Ventiltrieb 1 mit einem Ventil 2, das durch eine hier nur schematisch dargestellte Ventalfeder 3 "nach oben" in seine Schließstellung gedrückt wird. Zum Öffnen des Ventils 2 muss es entgegen der Federkraft der Ventalfeder 3 nach unten gedrückt werden. Hierzu ist ein Ventilhebel 4 vorgesehen, der durch einen Nocken 5 nach unten gedrückt werden kann. Der Nocken 5 ist schwenkbar um eine Schwenkachse 6 im Motor gelagert. Der Nocken 5 weist hier zwei Nockenflanken auf, nämlich eine sogenannte Hochdynamikflanke 7 und eine Niederdynamikflanke 8. Ferner ist am Nocken 5 ein Stift 9 vorgesehen, gegen den eine Aktorfeder 10 drückt. Die Hochdynamikflanke 7 und die Niederdynamikflanke 8 sind jeweils unterschiedlichen Betriebszuständen des Motors zugeordnet, worauf hier nicht näher einzugehen ist. Das Ventil 2 kann über den Ventilhebel 4 geöffnet werden, indem der Nocken 5 im Uhrzeigersinn oder entgegen des Uhrzeigersinns gedreht wird. Bei einer Drehung im Uhrzeigersinn wird das Ventil 2 durch die Hochdynamikflanke 7 geöffnet. Bei einer Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn wird das Ventil durch die Niederdynamikflanke 8 geöffnet.

**[0014]** Zur Drehung des Nockens in die eine oder in die andere Richtung ist ein Elektromotor (nicht dargestellt) vorgesehen, mit dem der Nocken in die eine oder in die andere Richtung geschwenkt werden kann.

**[0015]** Im Niederdynamikbetrieb, d.h. wenn das Ventil 2 mit der Niederdynamikflanke des Nockens 5 geöffnet wird, kann durch Ansteuerung des Elektromotors gezielt auf den Verlauf der Hubkurve des Ventils 2 Einfluss genommen werden. Allein durch die Ansteuerung des Elektromotors können eine nahezu beliebige Anzahl verschiedener Hubkurvenverläufe generiert werden. Der Elektromotor wird so angesteuert, dass der Hubkurvenverlauf möglichst optimal auf den momentanen Betriebszustand des Motors, insbesondere auf die thermodynamischen Verhältnisse im Motor abgestimmt ist. Dadurch können Ladungswechsel, Gemischaufbereitung, Akustik, Verbrauch und Emissionen des Verbrennungsmotors optimiert werden.

**[0016]** Wie bereits erwähnt, können allein durch eine entsprechende Ansteuerung des Elektromotors verschiedene Hubverlaufsformen generiert werden. Die Figuren 2 und 3 zeigen exemplarisch verschiedene mögliche Hubverläufe für ein Einlassventil. Figur 2 zeigt einen Hubverlauf für ein Einlassventil, mit dem bei warmem Motor und niedriger Motorlast eine gute Gemischbildung erreichbar ist. Beim Hubverlauf der Figur 2 öffnet das Ventil beim Kurbelwellenwinkel E01. Hieran

schließt sich ein Anstieg, beschrieben durch die Kurbelwellenwinkeldifferenz EO\_F auf ein globales Maximum an. In dieser Stellung wird das Ventil ausgedrückt in Grad Kurbelwellenwinkel den Kurbelwellenwinkel  $E_{Hub1}$  gehalten. Anschließend wird das Ventil wieder teilweise geschlossen, d.h. der Ventilhub fällt auf ein lokales Extremum  $E_{Hub2}$  ab, das bei ES1 erreicht wird. Der Übergang wird durch die Kurbelwellendifferenz ES\_F beschrieben. Anschließend wird das Ventil geschlossen. Beim Kurbelwellenwinkel ES2 ist das Ventil dann ganz geschlossen.

**[0017]** Figur 3 zeigt eine Hubverlaufskurve für ein Einlassventil, die zweckmäßigerweise bei kaltem Motor eingesteuert wird, um die Bildung von Kohlenwasserstoffen möglichst gering zu halten, d.h. etwa in den ersten 20 Sekunden nach dem Kaltstart. Das Einlassventil wird hier bei Erreichen des Kurbelwellenwinkels EO2 teilweise geöffnet, d.h. es erfolgt ein Anstieg auf ein lokales Extremum. Das Einlassventil wird dann für die Dauer  $E_{Hub2}$  teilweise offengehalten. Anschließend erfolgt ein Anstieg auf das globale Extremum, d.h. das Einlassventil wird maximal geöffnet. Das Einlassventil wird für die Dauer  $E_{Hub1}$  offen gehalten. Anschließend erfolgt ein Abfall der Hubverlaufskurve. Das Einlassventil kann entweder ganz geschlossen werden, was dann bei ES1 erreicht wird, oder zunächst teilweise, was dem gestrichelt dargestellten lokalen Extremum entspricht. Spätestens im Zeitpunkt ES2 ist das Einlassventil dann wieder geschlossen.

**[0018]** Die in den Figuren 2 und 3 dargestellten Hubverlaufskurven sind keineswegs einschränkend zu verstehen. Sie sind vielmehr lediglich als Beispiele aus einer Vielzahl möglicher Hubverlaufskurven zu verstehen., die durch entsprechende Ansteuerung des Schwenkmotors für den Betätigungsnocken erzeugbar sind

**[0019]** Wesentlich ist, dass allein durch die Ansteuerung des den Ventilsnocken betätigenden Elektromotors eine Vielzahl möglicher Hubverlaufskurven darstellbar sind. Durch eine Steuerelektronik wird in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand des Motors eine Hubverlaufskurve generiert, die thermodynamisch möglichst günstig ist.

## Patentansprüche

1. Ventiltrieb (1) für einen Verbrennungsmotor, mit einem Ventil (2), einem Nocken (5), der hin- und herschwenkbar angeordnet ist und der zur Betätigung des Ventils (2) vorgesehen ist, einem Elektromotor zur Schwenkbetätigung des Nockens (5) und einer Elektronik zur Ansteuerung des Elektromotors in Abhängigkeit von momentanen Betriebsparametern des Motors, wobei das Ventil (2) entsprechend der Ansteuerung eine zwischen einem Öff-

nungskurbelwellenwinkel und einem Schließkurbelwellenwinkel liegende Hubverlaufskurve durchläuft und

die Elektronik eine Steuerlogik aufweist, welche in Abhängigkeit vom momentanen Betriebszustand des Verbrennungsmotors eine Modifizierung der Hubverlaufskurve ermöglicht,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die Hubverlaufskurve von der Steuerlogik derart modifizierbar ist, dass die Lage des Schwerpunkts der Fläche unter der Hubverlaufskurve ohne Änderung der Motordrehzahl in Bezug auf den Kurbelwellenwinkel veränderbar ist und zwar auch ohne einer Verschiebung des Öffnungs- und Schließkurbelwellenwinkels.

2. Ventiltrieb (1) nach Anspruch 1, wobei die Elektronik eine Steuerlogik aufweist, mit der Hubverlaufskurven erzeugbar sind, die sich hinsichtlich der Anzahl und/oder der Abfolge lokaler und globaler Extrema bzw. Extremwertabschnitte zwischen dem Öffnungskurbelwellenwinkel und dem Schließkurbelwellenwinkel voneinander unterscheiden.

3. Ventiltrieb (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Elektronik eine Steuerlogik aufweist, mit der eine Hubverlaufskurve erzeugbar ist, die vom Öffnungskurbelwellenwinkel an einen Anstieg auf ein globales Extremum bzw. einen globalen Extremwertabschnitt aufweist, anschließend einen Abfall auf ein lokales Extremum bzw. auf einen lokalen Extremwertabschnitt und dann einen Abfall, bis das Ventil wieder geschlossen ist, wobei dieser Hubverlauf an einem Einlassventil eingesteuert wird, wenn der Verbrennungsmotor Normalbetriebstemperatur erreicht hat und im Niedriglastbetrieb arbeitet.

4. Ventiltrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Elektronik eine Steuerlogik aufweist, mit der eine Hubverlaufskurve erzeugbar ist, die vom Öffnungskurbelwellenwinkel an einen Anstieg auf ein lokales Extremum bzw. auf einen lokalen Extremwertabschnitt aufweist, anschließend einen weiteren Anstieg auf ein globales Extremum bzw. auf einen globalen Extremwertabschnitt und dann einen Abfall, bis das Ventil wieder geschlossen ist, wobei dieser Hubverlauf an einem Einlassventil eingesteuert wird, wenn der Verbrennungsmotor unterhalb der Normalbetriebstemperatur betrieben wird.

5. Ventiltrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Elektronik eine Steuerlogik aufweist, mit der eine Hubverlaufskurve erzeugbar ist, die vom Öffnungskurbelwellenwinkel an einen Anstieg auf ein lokales Extremum bzw. einen lokalen Extremwertabschnitt aufweist, anschließend einen weiteren Anstieg auf ein globales Extremum bzw. auf ei-

nen globalen Extremwertabschnitt, dann einen Abfall auf ein lokales Extremum und dann einen Abfall, bis das Ventil wieder geschlossen ist.

6. Ventiltrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei in der Elektronik eine Schar von Hubverlaufskurven abgelegt ist.

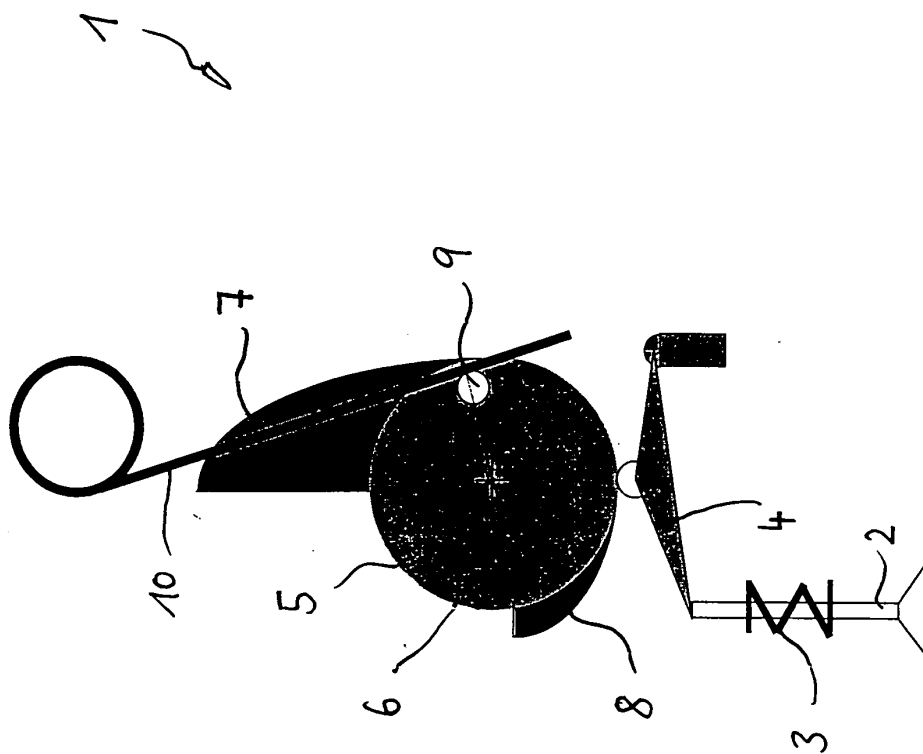


Fig. 1

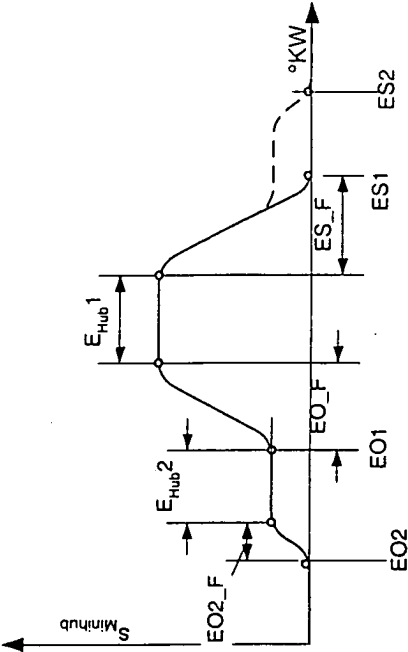


Fig. 2

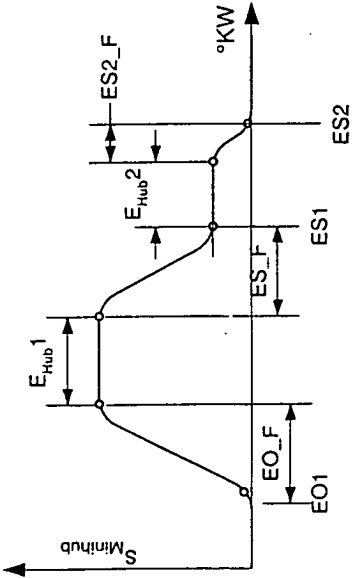


Fig. 3



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 04 00 3090

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                               |                                                     |                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                           | Betrifft Anspruch                                   | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | DE 101 40 461 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 27. Februar 2003 (2003-02-27)<br>* das ganze Dokument *                                                         | 1                                                   | F01L9/04<br>F01L13/00                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | US 5 331 931 A (CHICHESTER RONALD L ET AL) 26. Juli 1994 (1994-07-26)<br>* das ganze Dokument *                                                               | 1                                                   |                                         |
| E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | WO 2004/044392 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG ; GAUBATZ KARLHEINZ (DE); KNAUT AXEL (DE);) 27. Mai 2004 (2004-05-27)<br>* Seite 6, Zeilen 28-31; Abbildung 1 * | 1                                                   |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                               |                                                     | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                               |                                                     | F01L                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                               |                                                     |                                         |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                               | Abschlußdatum der Recherche<br><b>29. Juni 2004</b> | Prüfer<br><b>Clot, P</b>                |
| <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br/>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br/>A : technologischer Hintergrund<br/>O : mündliche Offenbarung<br/>P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br/>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br/>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br/>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p> |                                                                                                                                                               |                                                     |                                         |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 00 3090

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-06-2004

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 10140461 A                                      | 27-02-2003                    | DE 10140461 A1                    | 27-02-2003                    |
|                                                    |                               | WO 03016683 A1                    | 27-02-2003                    |
|                                                    |                               | EP 1417398 A1                     | 12-05-2004                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 5331931 A                                       | 26-07-1994                    | US 4864984 A                      | 12-09-1989                    |
|                                                    |                               | US 5016583 A                      | 21-05-1991                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2004044392 A                                    | 27-05-2004                    | DE 10252991 A1                    | 27-05-2004                    |
|                                                    |                               | WO 2004044392 A1                  | 27-05-2004                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82