



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 016 559 A1 2005.10.27

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 016 559.9

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F02D 17/04

(22) Anmeldetag: 03.04.2004

F02D 29/06, F02P 5/00

(43) Offenlegungstag: 27.10.2005

(71) Anmelder:

Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE; Skoda auto  
a.s., Mladà Boleslav, CZ

(74) Vertreter:

Wiesner, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 38112  
Braunschweig

(72) Erfinder:

Zillmer, Michael, Dr., 38173 Sickte, DE; Holz,  
Matthias, 38165 Lehre, DE; Pott, Ekkehard, Dr.,  
38518 Gifhorn, DE; Prochazka, David, Libosovice,  
CZ

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

DE 197 09 134 A1

DE 103 09 326 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine und wenigstens einer elektrischen Maschine, wobei wenigstens eine der elektrischen Maschinen die Brennkraftmaschine im Leerlauf mit einem varierenden Drehmoment derart beaufschlagt, dass Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine im Leerlauf verringert werden. Hierbei wird gleichzeitig im Leerlauf die Brennkraftmaschine mit für diesen Betriebszustand optimiertem Zündwinkel und Füllungsgrad ohne Spätverstellung zum Aufbau einer Momentenreserve betrieben.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine und wenigstens einer elektrischen Maschine, wobei wenigstens eine der elektrischen Maschinen die Brennkraftmaschine im Leerlauf mit einem variierenden Drehmoment derart beaufschlagt, dass Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine im Leerlauf verringert werden, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**[0002]** Während des Betriebes eines Kraftfahrzeugs mit Brennkraftmaschine wird die Brennkraftmaschine in den Stillstandsphasen des Kraftfahrzeugs in der Regel nicht abgestellt und läuft im Leerlaufbetrieb weiter. Ein Teil der hier vom Motor abgegebenen Energie wird für die Versorgung des Fahrzeug-Bordnetzes beziehungsweise für Komfortfunktionen, wie beispielsweise die Klimaanlage, genutzt. Da der Motor im Leerlaufbetrieb jedoch den größten Anteil der in der eingebrachten Kraftstoffmenge enthaltenen Energie für die Aufrechterhaltung des Motorlaufes beziehungsweise zur Kompensation von Wärme- und Reibungsverlusten benötigt und zusätzlich in einem Bereich thermodynamisch schlechter Wirkungsgrade läuft, ist es energetisch ungünstig, den Motor bei einem Stillstand des Fahrzeugs weiterlaufen zu lassen. Aus diesem Grunde gibt es bereits Fahrzeuge mit Start-Stop-Funktion, die die Brennkraftmaschine bei einem Fahrzeugstillstand zur Absenkung des Kraftstoffverbrauches abstellen.

**[0003]** Auch bei Hybridfahrzeugen wird der Verbrennungsmotor in Stillstandsphasen über eine Start-Stop-Funktion typischerweise abgestellt. Dabei ist hier von Vorteil, dass Hybridfahrzeuge über im Vergleich zu einem konventionellen Anlasser deutlich leistungsstärkere Elektromotoren verfügen, was einen höheren Komfort insbesondere bei Motorstart ermöglicht. Die Anbindung der elektrischen Maschine an die Motorkurbelwelle kann auf verschiedene Arten erfolgen. So kann diese über eine Kupplung beziehungsweise direkt mit der Kurbelwelle des Motors verbunden oder über einen Riementrieb beziehungsweise ein Getriebe angekoppelt sein. Die Versorgung der elektrischen Verbraucher erfolgt in den Stillstandsphasen über Batterien oder andere elektrische Energiespeicher, welche in einem anschließenden Fahrbetrieb in wirkungsgradgünstigeren Betriebspunkten der Brennkraftmaschine wieder aufgeladen werden. Auf diese Weise kann eine merkliche Reduzierung des Kraftstoffverbrauches erzielt werden.

**[0004]** Es gibt jedoch Betriebsphasen, bei denen ein Abstellen der Brennkraftmaschine aus anderen Gründen nicht zugelassen werden kann. So kann beispielsweise bei eingeschalteter Klimaanlage der über den Riementrieb der Brennkraftmaschine erfolgende mechanische Antrieb eines Klimakompressor

den Weiterlauf der Brennkraftmaschine erfordern. Auch bei geringeren Ladezuständen der Batterien kann es insbesondere bei sehr langen Stillstandsphasen erforderlich sein, die Brennkraftmaschine im Leerlauf weiterlaufen zu lassen beziehungsweise wieder zu starten. Darüber hinaus muss beispielsweise die Abgasreinigungsanlage ihre Betriebstemperatur erreicht haben, damit beim Wiederstart der Brennkraftmaschine keine unzulässig hohen Abgasschadstoffemissionen entstehen. Aus den oben genannten Gründen kann es also auch bei Hybridsystemen erforderlich sein, die Brennkraftmaschine bei Fahrzeugstillstand im Leerlauf zu betreiben. Gerade bei diesen Konzepten ist es aber erforderlich, den Leerlaufverbrauch so gering wie möglich zu halten.

**[0005]** Eine Möglichkeit der Verringerung des Kraftstoffverbrauchs im Leerlauf besteht darin, die Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine möglichst weit abzusenken. Bei Brennkraftmaschinen kann die Leerlaufdrehzahl jedoch nur bis auf einen bestimmten Wert abgesenkt werden, da ansonsten die Unregelmäßigkeiten bei der Momentenabgabe einzelner Zylinder erheblich zunehmen, so dass die Laufqualität sehr schlecht wird beziehungsweise der Motor ausgeht. Der Motorlauf wird hierbei erschwert durch Streuungen bei der eingespritzten Kraftstoffmasse zwischen einzelnen Zylindern, die geringen Zylinderfüllungen, die geringe Intensität der Brennraumgasströmungen sowie erhöhte Restgasgehalte in den Brennräumen. Diese Faktoren führen dazu, dass sich bei Absenkung der Leerlaufdrehzahl zunehmend stochastisch mangelhafte Verbrennungsergebnisse einstellen, die zu einem kurzfristigen, Komfort beeinträchtigenden Einbruch der Leerlaufdrehzahl führen.

**[0006]** Bei 3- und 4-Zylindermotoren liegen die Leerlaufdrehzahlen deshalb typischerweise in einem Bereich von 750 bis 900 min<sup>-1</sup>. Bei direkteinspritzenden Ottomotoren kann die Leerlaufdrehzahl gegenüber saugrohreinspritzenden Motoren geringer eingestellt werden, da auf Grund der direkten Einbringung des Kraftstoffes in den Brennraum eine sehr genaue Zummessung der Einspritzmenge auf die einzelnen Zylindern möglich ist. Bei hochzylindrigen kann die Leerlaufdrehzahl auf Grund der höheren Anzahl der Verbrennungsergebnisse pro Kurbelwellenumdrehung ebenfalls noch etwas geringer eingestellt werden.

**[0007]** Ein weiteres Problem stellen die direkt an eine Leerlaufphase anschließenden Lastbeziehungsweise Momentenanforderungen dar. Beispielsweise wird bei einem Anfahrvorgang schlagartig ein deutlich höheres Moment gefordert. Da der Füllungsaufbau im Saugrohr jedoch eine endliche Zeit in Anspruch nimmt (mehrere 100 ms), kann dies bei einem Motor, dessen Leerlaufdrehzahl im unbelasteten Zustand auf den geringst möglichen Wert abgesenkt wurde, zu einem Momenteneinbruch und in Kombi-

nation mit einem Einkuppelvorgang auch zu einem unerwünschten Drehzahleinbruch führen, was erhebliche Komforteinbußen bedeutet. Ein ähnlich unerwünschter Effekt kann sich beispielsweise auch bei der Aufschaltung eines Verbrauchers, beispielsweise des Klimakompressors, im Leerlauf einstellen.

**[0008]** Aus diesem Grund wird die Leerlaufdrehzahl bei Serienmotoren mit einem bestimmten Abstand zu einer unteren beziehungsweise minimalen, vorbestimmten Leerlaufgrenzdrehzahl eingestellt. Zusätzlich werden häufig so genannte Momentenreserven verwendet. Dabei wird bei einem Ottomotor der Zündwinkel später als für den momenten- beziehungsweise verbrauchsoptimalen Betrieb erforderlich eingestellt. Um die Soll-Leerlaufdrehzahl halten zu können, muss gleichzeitig die Zylinderfüllung erhöht werden. Bei einer schnellen Lastanforderung kann jetzt zunächst zur Momentenerhöhung der Zündwinkel verfrüht werden, was praktisch ohne zeitliche Verzögerung zu einem höheren Moment führt, da der Zündwinkel sehr schnell, das heißt schon beim darauf folgenden Arbeitsspiel verstellt werden kann. Sowohl der Sicherheitsabstand der Leerlaufdrehzahl von der minimalen Leerlaufgrenzdrehzahl als auch die Momentenreserve führen jedoch in unerwünschter Weise zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauches.

**[0009]** Aus der DE 197 09 134 A1 ist ein Antriebssystem für ein Hybrid-Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor und einer elektrischen Maschine, die den Verbrennungsmotor mit einem varierenden Drehmoment beaufschlägt, bekannt, so dass Drehungleichförmigkeiten des Verbrennungsmotors verringert werden. Die mit dem Verbrennungsmotor gekoppelte elektrische Maschine wird dabei derart gesteuert, dass sie ein den Drehmomentschwankungen des Verbrennungsmotors entgegenwirkendes variierendes Drehmoment aufbringt.

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Betrieb eines Hybridfahrzeugs den Leerlaufverbrauch des Hybridsystems abzusenken, das Zusammenspiel von Brennkraftmaschine und elektrischer Maschine zu verbessern und gleichzeitig einen gewünschten Fahrkomfort aufrechtzuerhalten.

**[0011]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

**[0012]** Dazu ist es bei einem Verfahren der o.g. Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass gleichzeitig im Leerlauf die Brennkraftmaschine mit für diesen Betriebszustand optimiertem Zündwinkel und Füllungsgrad ohne Spätverstellung zum Aufbau einer Momentenreserve betrieben wird.

**[0013]** Dies hat den Vorteil, dass durch Verzicht auf die sonst übliche Spätverstellung des Zündwinkels und die damit verbundene Anhebung des Füllungsgrades eine äußerst niedrige Leerlaufdrehzahl gewählt werden kann, wodurch eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Beibehaltung des gewünschten Betriebs- und Fahrkomforts erzielt wird.

**[0014]** Zweckmäßigerweise wird der Zündwinkel im Leerlauf für einen verbrauchsoptimalen Betrieb der Brennkraftmaschine eingestellt.

**[0015]** Bevorzugt wird die Brennkraftmaschine im Leerlauf mit Lambda gleich 1 betrieben.

**[0016]** Zum Ausgleich einer nicht vorhandenen Momentenreserve wird bei einem Anfahrvorgang aus dem Leerlauf von wenigstens einer der elektrischen Maschinen ein entsprechend hohes Anfahr-Drehmoment zur Verfügung gestellt, welches vorzugsweise in der Zeitspanne aufgeprägt wird, die der Verbrennungsmotor zum Füllungsaufbau benötigt.

**[0017]** In einer bevorzugten Ausführungsform wird im Leerlauf eine Drehzahlregelung durch Eingriffe über einen Zündpfad, einen Kraftstoffpfad und/oder einem Füllungspfad mit einer Drehzahlregelung mittels wenigstens einer der elektrischen Maschinen kombiniert.

**[0018]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird eine Drehzahlregelung mittels wenigstens einer der elektrischen Maschinen der herkömmlichen Drehzahlregelung über einen Zündpfad, einen Kraftstoffpfad und/oder einem Füllungspfad überlagert, wobei die Drehzahlregelung mittels wenigstens einer der elektrischen Maschinen vorzugsweise nur auf stochastiche, stärkere Drehzahleinbrüche reagiert.

**[0019]** Zweckmäßigerweise wird eine Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine ausgehend von einer für die Brennkraftmaschine vorbestimmten Leerlaufgrenzdrehzahl, bei der die Brennkraftmaschine einen ruhigen Leerlauf und ausreichend Reserven für einen Anfahrvorgang ohne Drehzahleinbrüche aufweist, um wenigstens  $50 \text{ min}^{-1}$ , insbesondere wenigstens im  $100 \text{ min}^{-1}$ , insbesondere wenigstens  $200 \text{ min}^{-1}$  abgesenkt.

**[0020]** Die Erfindung wird im folgenden näher erläutert.

**[0021]** Bei einem Hybridfahrzeuge mit zusätzlich wenigstens einer elektrischen Maschine und einer Brennkraftmaschine ist es erfindungsgemäß vorgesehen, den Leerlaufverbrauch sowie den Leerlaufkomfort zu verbessern. Da die elektrische Maschine gerade im unteren Drehzahlbereich ein hohes Drehmoment (positiv und negativ) bereitstellen kann, bie-

tet sich hiermit die Möglichkeit, den Leerlauf einer Brennkraftmaschine vorteilhaft zu unterstützen. Darüber hinaus können die elektromotorischen Momente sehr schnell, das heißt innerhalb einiger 10 ms, auf- und abgebaut werden, wodurch sich die Möglichkeit ergibt, die Momentenschwankungen beziehungsweise die sich daraus ergebenden Drehzahlschwankungen einer Brennkraftmaschine im Leerlauf auszugleichen.

**[0022]** Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die Leerlaufdrehzahl einer Brennkraftmaschine gegenüber der ursprünglichen Auslegung um mindestens  $50 \text{ min}^{-1}$ , bevorzugt um mindestens  $100 \text{ min}^{-1}$  und besonders bevorzugt um mindestens  $200 \text{ min}^{-1}$  abzusenken. Die Momentenungleichförmigkeiten beziehungsweise die resultierenden Drehzahlschwankungen werden hierbei über eine kombinierte Drehzahlregelung von Verbrennungsmotor und elektrischer Maschine ausgeglichen. Alternativ ist eine Kombination der konventionellen Drehzahlregelung des Verbrennungsmotors mit einer überlagerten Drehzahlregelungen der elektrischen Maschine denkbar, die auf Drehzahleinbrüche durch stochastisch mangelhafte Verbrennungsergebnisse reagiert und somit unzulässige Drehzahleinbrüche verhindert. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, zusätzlich die konventionelle Momentenreserve (Zündwinkelvorschlag) nicht mehr zu verwenden. Durch das hohe Antriebsmoment der elektrischen Maschine kann zusätzlich der Anfahrvorgang aus einem Niedrigstleerlauf mit nur geringer beziehungsweise ohne Momentenreserve unterstützt werden, so dass auch hier keine Komforteinbußen durch Drehzahleinbrüche entstehen.

**[0023]** Das vorgeschlagene Verfahren ermöglicht somit eine weitere Absenkung des Kraftstoffverbrauchs von Hybrid-Fahrzeugen beziehungsweise Antriebskonzepten mit Kombination von Brennkraftmaschine und elektrischer Maschine.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Hybrid-Kraftfahrzeugs mit einer Brennkraftmaschine und wenigstens einer elektrischen Maschine, wobei wenigstens eine der elektrischen Maschinen die Brennkraftmaschine im Leerlauf mit einem variierenden Drehmoment derart beaufschlagt, dass Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine im Leerlauf verringert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass gleichzeitig im Leerlauf die Brennkraftmaschine mit für diesen Betriebszustand optimiertem Zündwinkel und Füllungsgrad ohne Spätverstellung des Zündwinkels zum Aufbau einer Momentenreserve betrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Zündwinkel und der Füllungsgrad

im Leerlauf für einen verbrauchsoptimalen Betrieb der Brennkraftmaschine im Leerlauf eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine im Leerlauf mit Lambda gleich 1 betrieben wird.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Anfahrvorgang aus dem Leerlauf von wenigstens einer der elektrischen Maschinen ein Anfahr-Drehmoment zur Verfügung gestellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Anfahr-Drehmoment in der Zeit des Füllungsaufbaus der Brennkraftmaschine aufgeprägt wird.

6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Leerlauf eine Drehzahlregelung durch Eingriffe über einen Zündpfad, einen Kraftstoffpfad und/oder einem Füllungspfad mit einer Drehzahlregelung mittels wenigstens einer der elektrischen Maschinen kombiniert wird.

7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Drehzahlregelung mittels wenigstens einer der elektrischen Maschinen der herkömmlichen Drehzahlregelung über einen Zündpfad, einen Kraftstoffpfad und/oder einem Füllungspfad überlagert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahlregelung mittels wenigstens einer der elektrischen Maschinen nur auf stochastische, stärkere Drehzahleinbrüche reagiert.

9. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine ausgehend von einer für die Brennkraftmaschine vorgestellten Leerlaufgrenzdrehzahl, bei der die Brennkraftmaschine einen ruhigen Leerlauf und ausreichend Reserven für einen Anfahrvorgang ohne Drehzahleinbrüche aufweist, um wenigstens  $50 \text{ min}^{-1}$ , insbesondere wenigstens um  $100 \text{ min}^{-1}$ , insbesondere wenigstens um  $200 \text{ min}^{-1}$  abgesenkt wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen