

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zum Bestimmen der Zündungseinstellung für einen Verbrennungsmotor. Die Verfahren können insbesondere für Fahrzeuge, die mit mehr als einem Kraftstofftyp und mit unterschiedlichen Kraftstoffgemischverhältnissen funktionieren, nützlich sein.

[0002] Ein Verbrennungsmotor kann zum Betrieb mit einer Mehrzahl unterschiedlicher Kraftstofftypen fähig sein. Ferner kann ein Verbrennungsmotor mit unterschiedlichen Gemischverhältnissen unterschiedlicher Kraftstoffe arbeiten. Ein Motor kann zum Beispiel bei niedrigeren Motorlasten mit Benzin arbeiten. Derselbe Motor kann bei höheren Motorlasten unter Einsatz nur von Ethanol oder mit einem Benzin- und Ethanolverhältnis arbeiten. Durch Betreiben des Motors mit unterschiedlichen Kraftstofftypen, kann es möglich sein, den Kraftstoffverbrauch und Leistung des Motors im Vergleich zum Betreiben desselben Motors mit nur einem Kraftstofftyp zu verbessern.

[0003] Obwohl Kraftstoffverbrauch und Emissionen durch Betreiben des Motors mit einer Mehrzahl von Kraftstofftypen verbessert werden können, kann das Betreiben des Motors mit variierenden Verhältnissen von Kraftstoffen und unterschiedlichen Kraftstofftypen das Betreiben des Motors schwieriger gestalten. Wenn zum Beispiel zwei Kraftstoffe in einem Motor gleichzeitig in Verhältnissen, die mit den Motorbetriebsbedingungen variieren, verbrannt werden, kann es schwierig sein, eine klopfbeschränkte Zündungseinstellung bei offener Schleife für den Motor zu bestimmen. Falls einer der zwei Kraftstoffe eine höhere Oktanzahl hat als der andere Kraftstoff, kann die klopfbeschränkte Zündungseinstellung sowohl für den Kraftstoff mit höherer als auch niedrigerer Oktanzahl gemappt werden. Wenn die Kraftstoffe jedoch in dem Motor gemeinsam und in unterschiedlichen Verhältnissen verbrannt werden, kann die bekannte klopfbeschränkte Zündungseinstellung für die Kraftstoffe mit höherer und niedrigerer Oktanzahl von der klopfbeschränkten Zündungseinstellung für das Verbrennen des Verhältnisses an Kraftstoff mit hoher und niedriger Oktanzahl unterschiedlich sein. Falls der Motor mit einer Zündungseinstellung basierend auf Kraftstoff mit höherer oder niedrigerer Oktanzahl betrieben wird, während ein Verhältnis von Kraftstoffen mit höherer und niedrigerer Oktanzahl verbrannt wird, kann sich das Motorklopfen oder der Kraftstoffverbrauch des Motors verschlechtern. Es wäre daher wünschenswert, die klopfbeschränkte Zündungseinstellung für das Kraftstoffverhältnis und die -Typen, die von dem Motor verbrannt werden, zu bestimmen.

[0004] Die Erfinder haben die oben genannten Nachteile erkannt und ein Verfahren zum Einstellen der Motorzündungseinstellung entwickelt, das Fol-

gendes umfasst: Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf eine klopfbeschränkte Zündung des Motors interpoliert aus einer Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündung zu Motorlast. Bei einem Beispiel kann die klopfbeschränkte Zündungseinstellung des Motors für unterschiedliche Kraftstoffgemische und/oder Kraftstoffverhältnisse, die zu einem Motorzylinder während eines Zylinderzyklus geliefert werden, als eine Mehrzahl gerader Linien ausgedrückt werden, die klopfbeschränkte Zündungseinstellung des Motors als eine Funktion der Motorlast ausdrücken.

[0005] Durch Interpolation zwischen den Linien, die bekannte klopfbeschränkte Zündungseinstellungen des Motors als eine Funktion der Motorlast darstellen, kann es möglich sein, das technische Ergebnis des Bestimmens der klopfbeschränkten Zündungseinstellung des Motors für Kraftstoffmischungen und -gemischen bei Bedingungen bereitzustellen, bei welchen der Motor nicht betrieben und gemappt wurde. Bei einigen Beispielen kann das Verfahren ferner erlauben, die klopfbeschränkte Zündungseinstellung des Motors auf Kraftstoffanteile zu extrapolieren, die höhere oder niedrigere Verhältnisse unterschiedlicher Kraftstoffe haben als Kraftstoffgemische, die bereits gemappt wurden.

[0006] Die vorliegende Beschreibung kann mehrere Vorteile bieten. Insbesondere kann der Ansatz übermäßig vorgestellte oder ungenügend vorgestellte Zündungseinstellung vermeiden, um die Motoreffizienz und Leistung zu verbessern. Ferner kann der Ansatz die Komplexität des Kalibrierens einer Motorsteuervorrichtung verringern. Ferner kann der Ansatz erlauben, dass die Motorsteuervorrichtung einen Teil der Motorzündungseinstellung lernt, statt sie während der Entwicklung des Motors kalibrieren zu müssen.

[0007] Die oben stehenden Vorteile und andere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Beschreibung gehen klar aus der folgenden ausführlichen Beschreibung allein oder in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen hervor.

[0008] Man muss verstehen, dass die oben stehende Kurzdarstellung bereitgestellt wird, um in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten, die in der ausführlichen Beschreibung eingehender beschrieben werden, einzuführen. Sie bezweckt nicht, Hauptmerkmale oder wesentliche Merkmale des beanspruchten Gegenstands zu identifizieren, dessen Geltungsbereich allein durch die Ansprüche, die auf die ausführliche Beschreibung folgen, definiert ist. Ferner ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Umsetzungen beschränkt, die irgendwelche Nachteile, die oben oder in irgendeinem Teil dieser Offenbarung festgehalten wurden, lösen.

[0009] Die hier beschriebenen Vorteile werden bei der Lektüre eines Beispiels einer Ausführungsform, die hier ausführliche Beschreibung genannt wird, allein oder unter Bezugnahme auf die Zeichnungen besser verstanden, wobei:

[0010] Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Verbrennungsmotors ist,

[0011] Fig. 2 ein grafisches Beispiel der Interpolation von klopfbeschränkter Zündungseinstellung basierend auf klopfbeschränkter Zündungseinstellung von Kraftstoffen mit höheren und niedrigeren Oktanzahlen zeigt,

[0012] Fig. 3 ein grafisches Beispiel der Extrapolation von klopfbeschränkter Zündungseinstellung für Kraftstoffe mit höheren und niedrigeren Oktanzahlen basierend auf der klopfbeschränkten Zündungseinstellung von zwei unterschiedlichen Kraftstoffgemische zeigt, und

[0013] Fig. 4 ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Bestimmen der Motorzündungseinstellung zeigt.

[0014] Die vorliegende Beschreibung betrifft das Bestimmen der klopfbeschränkten Zündungseinstellung für einen Motor (zum Beispiel Zündungseinstellung bei einer Motordrehzahl und Last, bei der die Stärke des Motorklopfens an einem Schwellenniveau ist, bei welchem zusätzliche Zündungsvorstellung die Stärke des Motorklopfens steigern kann, was zu einer Motorverschlechterung führen kann). Der Motor kann ein wie in Fig. 1 beschriebener Motor sein. Die klopfbeschränkte Zündungseinstellung für ein verbranntes Kraftstoffgemisch kann basierend auf klopfbeschränkter Zündungseinstellung eines Kraftstoffs mit höherer Oktanzahl und eines Kraftstoffs mit niedrigerer Oktanzahl, wie grafisch in Fig. 2 gezeigt, interpoliert werden. Die klopfbeschränkte Zündungseinstellung für einen Kraftstoff mit höherer Oktanzahl und einen Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl kann basierend auf klopfbeschränkter Zündungseinstellung von zwei gemischten Kraftstoffen, wie grafisch in Fig. 3 gezeigt, extrapoliert werden. Fig. 4 beschreibt ein Verfahren zum Bestimmen der klopfbeschränkten Zündungseinstellung für ein Kraftstoffgemisch basierend auf linearen Schätzungen der klopfbeschränkten Zündungseinstellung für andere Kraftstoffe.

[0015] Unter Bezugnahme auf Fig. 1, wird ein Verbrennungsmotor 10, der eine Mehrzahl von Zylindern aufweist, von welchen ein Zylinder in Fig. 1 gezeigt ist, durch eine elektronische Motorsteuervorrichtung 12 gesteuert. Der Motor 10 weist eine Brennkammer 30 und Zylinderwände 32 mit einem Kolben 36, die darin positioniert und mit der Kurbelwelle 40 verbunden sind, auf. Das Schwungrad 97 und das Hohlrad 99 sind mit der Kurbelwelle 40 gekoppelt. Der Starter

96 weist eine Ritzelwelle 98 und ein Zahntriebwerk 95 auf. Die Ritzelwelle 98 kann das Zahntriebwerk 95 wahlweise vorlaufen lassen, um in das Hohlrad 99 einzugreifen. Der Starter 96 kann direkt auf die Vorderseite des Motors oder auf die Rückseite des Motors montiert sein. Bei einigen Beispielen kann der Starter 96 selektiv Drehmoment zu der Kurbelwelle 40 über einen Riemen oder eine Kette liefern. Bei einem Beispiel befindet sich der Starter 96 in einem Basiszustand, wenn er nicht in die Motorkurbelwelle eingerückt ist. Die Brennkammer 30 ist mit dem Ansaugrohr 44 und dem Auspuffkrümmer 48 über jeweils das Einlassventil 52 und das Auslassventil 54 in Verbindung gezeigt. Jedes Einlass- und Auslassventil kann durch einen Einlassnocken 51 und einen Auslassnocken 53 betrieben werden. Die Position des Einlassnockens 51 kann durch den Einlassnockensensor 55 bestimmt werden. Die Position des Auslassnockens 53 kann durch den Auslassnockensensor 57 bestimmt werden. Der Einlassnocken 51 und der Auslassnocken 53 können in Bezug auf die Kurbelwelle 40 bewegt werden.

[0016] Der Kraftstoffeinspritzer 66 ist zum Einspritzen von Kraftstoff direkt in den Zylinder 30 positioniert gezeigt, was dem Fachmann als Direkteinspritzung bekannt ist. Alternativ oder zusätzlich kann Kraftstoff in einen Einlasskanal über den Kraftstoffeinspritzer 67 eingespritzt werden, was dem Fachmann als Saugrohreinspritzung bekannt ist. Der Kraftstoffeinspritzer 66 liefert flüssigen Kraftstoff anteilmäßig zu der Impulsbreite des Signals von der Steuervorrichtung 12. Kraftstoff wird zu dem Kraftstoffeinspritzer 66 durch einen Kraftstoffrail (nicht gezeigt) geliefert, das einen Kraftstofftank, eine Kraftstoffpumpe und eine Kraftstoffzuführung (nicht gezeigt) aufweist. Während eines Zylinderzyklus, können unterschiedliche Kraftstoffmengen zur Brennkammer 30 über die Einspritzer 66 und 67 eingespritzt werden. Ferner kann der über den Kraftstoffeinspritzer 66 eingespritzte Kraftstoff von dem Typ des Kraftstoffs, der über den Kraftstoffeinspritzer 67 eingespritzt wird, unterschiedlich sein. Der Kraftstoffeinspritzer 66 kann zum Beispiel einen Kraftstoff einspritzen, der eine höhere Konzentration an Alkohol oder Erdgas hat als der Kraftstoffeinspritzer 67 aufweisen. Bei einem alternativen Beispiel, kann der Zylinder 30 mit einem einzigen Einspritzer ausgerüstet sein, und der Typ des eingespritzten Kraftstoffs oder das Verhältnis der eingespritzten Kraftstoffe kann während des Betriebs über ein Ventil in der Kraftstoffleitung oder dem Kraftstoffrail oder durch variable Kraftstoffpumpen variiert werden.

[0017] Zusätzlich ist das Ansaugrohr 44 in Verbindung mit der optionalen elektronischen Drossel 62 gezeigt, die eine Position der Drosselklappe 64 einstellt, um die Luftströmung von dem Lufteinlass 42 zu dem Ansaugrohr 44 zu steuern. Bei einem Beispiel kann ein zweistufiges Hochdruck-Kraftstoffsys-

tem zum Erzeugen höherer Kraftstoffdrücke verwendet werden. Bei bestimmten Beispielen können die Drossel **62** und die Drosselklappe **64** zwischen dem Einlassventil **52** und dem Ansaugrohr **44** derart positioniert sein, dass die Drossel **62** eine Öffnungsdrossel ist.

[0018] Ein verteilerloses Zündsystem **88** liefert einen Zündfunken zur Brennkammer **30** über die Zündkerze **92** als Reaktion auf die Steuervorrichtung **12**. Der Universal Exhaust Gas Oxygen(UEGO)-Sensor **126** ist mit dem Auspuffkrümmer **48** stromaufwärts des Katalysators **70** gekoppelt gezeigt. Alternativ kann an Stelle des UEGO-Sensors **126** ein bistabiler Abgas-sauerstoffsensoren verwendet werden.

[0019] Der Katalysator **70** kann bei einem Beispiel mehrere Katalysatorziegel aufweisen. Bei einem anderen Beispiel können mehrere Emissionssteuervorrichtungen, jede mit mehreren Ziegeln, verwendet werden. Der Katalysator **70** kann bei einem Beispiel ein Katalysator des Dreiwege-Typs sein.

[0020] Die Steuervorrichtung **12** ist in **Fig. 1** als ein herkömmlicher Mikrocomputer gezeigt, umfassend: Mikroprozessoreinheit **102**, Eingangs-/Ausgangsschnittstellen **104**, Nurlesespeicher **106**, Speicher mit wahlfreiem Zugriff **108**, batteriebetriebener Speicher für diagnostische Informationen in Kraftfahrzeugen **110** und einen herkömmlichen Datenbus. Die Steuervorrichtung **12** ist mehrere Signale von Sensoren, die mit dem Motor **10** verbunden sind, zusätzlich zu den oben besprochenen Signalen empfangend gezeigt, darunter: Motorkühlmitteltemperatur (ECT) vom Temperatursensor **112**, der mit der Kühnhülse **114** gekoppelt ist, ein Positionssensor **134**, der mit einem Gaspedal **130** zum Erfassen der Kraft, die von dem Fuß **132** angelegt wird, gekoppelt ist, ein Klopfsensor **69** zum Bestimmen der Gegenwart oder Abwesenheit von Motorklopfen, eine Messung eines Motoransaugrohrdrucks (MAP) von dem Drucksensor **122**, der mit dem Ansaugrohr **44** gekoppelt ist, einen Motorpositionssensor von einem Halleffektsensor **118**, der die Position der Kurbelwelle **40** erfasst, eine Messung einer Luftmasse, die in den Motor eintritt, von dem Sensor **120**, und eine Messung der Drosselposition von dem Sensor **58**. Der Luftdruck (Sensor nicht gezeigt) kann ebenfalls zur Verarbeitung durch die Steuervorrichtung **12** erfasst werden. Bei einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Beschreibung erzeugt der Motorpositionssensor **118** eine vorbestimmte Anzahl gleichmäßig beabstandeter Impulse bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle, aus welchen die Motordrehzahl (U/Min.) bestimmt werden kann.

[0021] Bei bestimmten Beispielen kann der Motor mit einem Elektromotor/Batteriesystem in einem Hybridfahrzeug, wie in **Fig. 2** gezeigt, gekoppelt werden.

[0022] Während des Betriebs vollzieht jeder Zylinder innerhalb des Motors **10** typisch einen Viertaktzyklus: Der Zyklus weist einen Saughub, Verdichtungshub, Expansionshub und Auspuffhub auf. Während des Saughubs, schließt sich im Allgemeinen das Auslassventil **54** und das Einlassventil **52** öffnet sich. Luft wird in die Brennkammer **30** über das Ansaugrohr **44** eingeführt, und der Kolben **36** bewegt sich zu dem Boden des Zylinders, um das Volumen innerhalb der Brennkammer **30** zu vergrößern. Die Position, an der sich der Kolben **36** in der Nähe des Bodens des Zylinders und an dem Ende seines Hubs befindet (zum Beispiel, wenn die Brennkammer **30** ihr größtes Volumen hat), wird vom Fachmann typisch als unterer Totpunkt (UT) bezeichnet. Während des Verdichtungshubs, sind das Einlassventil **52** und das Auslassventil **54** geschlossen. Der Kolben **36** bewegt sich zu dem Zylinderkopf, um die Luft innerhalb der Brennkammer **30** zu verdichten. Die Position, an der sich der Kolben **36** an dem Ende seines Hubs und dem Zylinderkopf am nächsten befindet (zum Beispiel, wenn die Brennkammer **30** ihr kleinstes Volumen hat), wird vom Fachmann typisch als oberer Totpunkt (OT) bezeichnet. Bei einem Vorgang, der unten Einspritzung genannt wird, wird Kraftstoff in die Brennkammer eingeführt. Bei einem Vorgang, der unten Zündung genannt wird, wird der eingespritzte Kraftstoff durch bekannte Zündmittel, wie zum Beispiel die Zündkerze **92**, gezündet, was zur Verbrennung führt. Während des Expansionshubs, schieben die sich ausdehnenden Gase den Kolben **36** zum UT zurück. Die Kurbelwelle **40** wandelt die Kolbenbewegung in ein Drehmoment der Drehwelle um. Schließlich, während des Auspuffhubs, öffnet sich das Auslassventil **54**, um das verbrannte Luft-Kraftstoffgemisch zu dem Auspuffkrümmer **48** freizugeben, und der Kolben kehrt zu dem OT zurück. Zu beachten ist, dass oben Stehendes allein beispielhaft beschrieben wird, und dass die Zeitpunkte des Öffnens und/oder Schließens des Einlass- und Auslassventils variieren können, so dass positive oder negative Ventilüberschneidung, verzögertes Schließen des Einlassventils oder verschiedene andere Beispiele bereitgestellt werden.

[0023] Die Erfinder haben für einen Kraftstoff beobachtet, dass die klopfbeschränkte Verbrennungsphasenfolge (zum Beispiel Kurbelwellenwinkel, bei dem 50% des Massenanteils für ein Verbrennungsereignis verbrennen) eine lineare Funktion der Motorlast ist. Diese Beziehung gilt für niedrige und hohe Motorlasten, außer wenn Kraftstoffanreicherung vorliegt. Ferner kann die Verbrennungslage des Massenanteils von 50% eine Schätzung der klopfbeschränkten Zündungseinstellung sein. Die Erfinder schätzen die klopfbeschränkte Zündungseinstellung basierend auf einem linearen Verhältnis zwischen der Motorlast und klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT. Die **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen zwei Beispiele für das Schätzen der klopfbeschränkten Zündungseinstellung basierend auf dem linearen Verhältnis zwi-

schen der Motorlast und der klopfbeschränkten Zündungsnacheilung von der MBT.

[0024] Das System der **Fig. 1** stellt daher ein Fahrzeugsystem bereit, das Folgendes aufweist: einen Motor; einen ersten und zweiten Kraftstoffeinspritzer, die mit dem Motor gekoppelt sind, wobei der erste Kraftstoffeinspritzer einen ersten Kraftstoff zu dem Motor liefert, der zweite Kraftstoffeinspritzer einen zweiten Kraftstoff zu dem Motor liefert, wobei der erste Kraftstoff von dem zweiten Kraftstoff unterschiedlich ist; und eine Steuervorrichtung, die nicht flüchtige Anweisungen enthält, die ausführbar sind, um die Motorzündungseinstellung als Reaktion auf ein Verhältnis von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast einzustellen, das von zwei anderen Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast abgeleitet ist. Das Fahrzeugsystem weist auf, dass die zwei anderen Verhältnisse klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast als gerade Linien ausgedrückt sind. Das Fahrzeugsystem weist das Ausdrücken des Verhältnisses von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast als eine gerade Linie auf. Das Fahrzeugsystem weist ferner zusätzliche Anweisungen zum Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf Motorklopfen auf. Das Fahrzeugsystem weist auf, dass das Verhältnis von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast niedrigere Motorlasten aufweist, bei welchen kein Klopfen besteht.

[0025] **Fig. 2** ist eine Plotterdarstellung einer ersten Art des Interpolierens klopfbeschränkter Zündungseinstellung für einen Motor, der ein Gemisch aus zwei unterschiedlichen Kraftstoffen während eines Motorzyklus verbrennt. Die Plotterdarstellung weist eine X-Achse auf, die die Motorlast darstellt (zum Beispiel die tatsächliche Motorluftmenge geteilt durch eine theoretische Motorluftmenge). Die Motorlast kann als ein Wert zwischen 0 und 1 ausgedrückt werden, wobei 1 die volle Motorlast und 0 null Luftstrom durch den Motor darstellt. Die Motorlast steigt in der Richtung des Pfeils der X-Achse. Die Y-Achse stellt die klopfbeschränkte Zündungseinstellung nacheilend von der Zündungseinstellung Mindestzünden für bestes Drehmoment (Minimum Spark for Best Torque – MBT) dar. Die Motorzündungseinstellung wird weiter von der MBT-Zündungseinstellung in der Richtung des Pfeils der Y-Achse verzögert.

[0026] Die Linie **202** stellt ein Verhältnis zwischen klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung und Motorlast für einen Kraftstoff mit niedriger Oktanzahl dar. Die Linie **206** stellt ein Verhältnis zwischen klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung

und Motorlast für einen Kraftstoff mit höherer Oktanzahl dar. Die Linie **204** stellt ein Verhältnis zwischen klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung und Motorlast für ein Gemisch aus dem Kraftstoff mit höherer Oktanzahl und dem Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl dar.

[0027] Bei diesem Beispiel wird der Motor mit dem Kraftstoff mit höherer Oktanzahl betrieben, und das Motorklopfen wird anhand eines Motorklopfsensors bei zwei Motorlasten und Zündungseinstellungen, die durch Punkte **221** angezeigt sind, erfasst. Die Gleichung der Zeile **206** wird über die Gleichung einer geraden Linie (zum Beispiel $y = mx + b$; wobei x die x-Achsen-Variable, y die y-Achsen-Variable, m das Gefälle und b der Versatz ist) und die Punkt-/Gefälleformel (zum Beispiel

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

wobei (x_1, y_1) ein erster Punkt auf der Linie ist und wobei (x_2, y_2) ein zweiter Punkt auf der Linie ist), wie in der Beschreibung der **Fig. 4** ausführlicher beschrieben, bestimmt. Ähnlich wird die Gleichung der Linie **202** basierend auf zwei Angaben des Motorklopfs bei zwei Motorlasten und Zündungseinstellungen **220** bestimmt.

[0028] Die Gleichung für Linie **204** kann basierend auf dem Verhältnis der Kraftstoffmenge mit höherer Oktanzahl zu Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl, die in dem Motor verbrannt wird, und auf den Gleichungen der Linien **202** und **206**, wie ausführlicher in der Beschreibung der **Fig. 4** beschrieben, bestimmt werden. Das Gefälle der Linie **204** wird von den Gefällen der Linien **202** und **206** abgeleitet. Ähnlich wird der Versatz der Linie **204** von den Versätzen der Linien **202** und **206** abgeleitet. Wenn der Motor mit einem Gemisch aus Kraftstoffen mit höherer und niedrigerer Oktanzahl betrieben wird, kann die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für den gemischten Kraftstoff durch einfaches Einsetzen der aktuellen Motorlast in die Gleichung, die die Linie **202** beschreibt, bestimmt werden. Derart kann klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für ein Kraftstoffgemisch basierend auf klopfbeschränkten Zündungsnacheilungen der Bestandteilkraftstoffe des Kraftstoffgemischs bestimmt werden. Die Zündungseinstellungstabellen für jedes vorstellbare Verhältnis von Kraftstoffen brauchen folglich nicht empirisch bestimmt zu werden.

[0029] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3**, ist eine alternative Art des Bestimmens der klopfbeschränkten Motorzündungseinstellung grafisch dargestellt. Ähnlich wie **Fig. 2** weist die Plotterdarstellung eine X-Achse auf, die die Motorlast darstellt (zum Beispiel die tatsächliche Motorluftmenge geteilt durch ei-

ne theoretische Motorluftmenge). Die Motorlast kann als ein Wert zwischen 0 und 1 ausgedrückt werden, wobei 1 die volle Motorlast und 0 null Luftstrom durch den Motor darstellt. Die Motorlast steigt in der Richtung des Pfeils der X-Achse. Die Y-Achse stellt die klopfbeschränkte Zündungseinstellung nacheilend von der Zündungseinstellung Mindestzündungen für bestes Drehmoment (Minimum Spark for Best Torque – MBT) dar. Die Motorzündungseinstellung wird weiter von der MBT-Zündungseinstellung in der Richtung des Pfeils der Y-Achse verzögert.

[0030] Die Linie **302** stellt ein Verhältnis zwischen klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung und Motorlast für einen Kraftstoff mit niedriger Oktanzahl dar. Die Linie **308** stellt ein Verhältnis zwischen klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung und Motorlast für einen Kraftstoff mit höherer Oktanzahl dar. Die Linien **304** und **306** stellen Verhältnisse zwischen klopfbeschränkter Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung und Motorlast für ein Gemisch aus Kraftstoff mit höherer Oktanzahl und Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl dar. Die Linie **304** stellt klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für ein Kraftstoffgemisch dar, das aus einem größeren Anteil an Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl besteht. Die Linie **306** stellt klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für ein Kraftstoffgemisch dar, das aus einem größeren Anteil an Kraftstoff mit der höheren Oktanzahl besteht.

[0031] Bei diesem Beispiel wird der Motor mit Kraftstoffen betrieben, die die Verhältnisse von klopfbeschränkter Zündung zu Motorlast haben, die durch die Linien **304** und **306** angezeigt sind. Für das erste Kraftstoffgemisch, dargestellt durch Linie **304**, wird das Motorklopfen über einen Motorklopfsensor bei zwei Motorlasten und Zündungseinstellungen, die durch Punkte **320** dargestellt sind, erfasst. Die Gleichung der Zeile **304** wird über die Gleichung einer geraden Linie (zum Beispiel $y = mx + b$; wobei x die x-Achsen-Variable, y die y-Achsen-Variable, m das Gefälle und b der Versatz ist) und die Punkt/Gefälleformel (zum Beispiel

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1},$$

wobei (x_1, y_1) ein erster Punkt auf der Linie ist und wobei (x_2, y_2) ein zweiter Punkt auf der Linie ist), wie in der Beschreibung der **Fig. 4** ausführlicher beschrieben, bestimmt. Ähnlich wird die Gleichung der Linie **306** basierend auf zwei Angaben des Motorklopfens bei zwei Motorlasten und Zündungseinstellungen **321** bestimmt.

[0032] Die Gleichung für Linie **302** kann basierend auf dem Verhältnis der Menge an Kraftstoff mit hö-

herer Oktanzahl zu Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl, die in dem Motor verbrannt wird, und auf den Gleichungen der Linien **304** und **306**, wie ausführlicher in der Beschreibung der **Fig. 4** beschrieben, bestimmt werden. Das Gefälle der Linie **302** wird von den Gefällen der Linien **304** und **306** abgeleitet. Ähnlich wird der Versatz der Linie **302** von den Versätzen der Linien **304** und **306** abgeleitet. Falls der Motor nur mit dem Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl betrieben wird, kann die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung durch einfaches Einsetzen der aktuellen Motorlast in der Gleichung, die die Linie **302** beschreibt, bestimmt werden. Die Gleichung der Linie **308** wird auf eine ähnliche Art bestimmt. Basierend auf der Gleichung von zwei Linien, kann daher eine Gleichung einer dritten Linie, die einen reinen Kraftstoff oder irgendein gewünschtes Verhältnis von Kraftstoffen darstellt, bestimmt werden. Derart kann die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für einen Kraftstoff ausgehend von Kraftstoffgemischen, die Anteile von zwei Kraftstoffen enthalten, extrapoliert werden.

[0033] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4**, wird ein Verfahren zum Bestimmen der Motorzündungseinstellung gezeigt. Das Verfahren der **Fig. 4** kann als ausführbare Anweisungen in einem nicht flüchtigen Speicher in dem System, das in **Fig. 1** gezeigt ist, gespeichert sein.

[0034] Bei **402** entscheidet das Verfahren **400**, ob der Motor ein System ist oder nicht, das mit einem einzigen Kraftstofftyp arbeitet. Der einzige Kraftstofftyp kann ein Gemisch aus zwei Kraftstoffen sein, die zu dem Motor in einem konstanten Verhältnis geliefert werden (zum Beispiel E10 (90% Benzin und 10% Ethanol), E15 oder E85) mit keiner Fähigkeit, das Gemisch oder den Typ des Kraftstoffs zwischen Nachtankereignissen zu wechseln. Im Gegensatz dazu kann ein Doppelkraftstoffsystem zwei Kraftstoffe verwenden und die relative Menge der zwei Kraftstoffe als eine Funktion von Motobetriebsbedingungen variieren. Ein höheres Verhältnis an Kraftstoff mit niedriger Oktanzahl (zum Beispiel Benzin) kann zum Beispiel bei niedrigeren Lasten verwendet werden, und ein höheres Verhältnis an Kraftstoff mit hoher Oktanzahl (zum Beispiel E85 oder CNG/LPG) kann bei höheren Lasten verwendet werden. Bei einem Beispiel speichert eine Variable in einem Steuervorrichtungssystem einen Wert, der den Typ des Kraftstoffsystems anzeigt. Falls das Verfahren **400** entscheidet, dass der Motor ein einziges Kraftstoffsystem aufweist, lautet die Antwort ja und das Verfahren **400** geht weiter zu **406**. Anderenfalls lautet die Antwort nein, und das Verfahren **400** geht zu **430** weiter.

[0035] Bei **406** entscheidet das Verfahren **400**, ob klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast

bereits für den Typ des Kraftstoffs, der zu dem Motor geliefert wird, bestimmt wurde oder nicht. Wenn das Verfahren **400** entscheidet, dass die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für den besonderen Kraftstoff, der zu dem Motor geliefert wird, bekannt ist, lautet die Antwort ja und das Verfahren **400** geht weiter zu **414**. Anderenfalls lautet die Antwort nein, und das Verfahren **400** geht zu **408** weiter.

[0036] Bei **408** bestimmt das Verfahren **400** die klopfbeschränkte Zündungseinstellung bei zwei unterschiedlichen Motorlasten. Bei einem Beispiel kann das Verfahren **400** die Zündungseinstellung zu der MBT-Zündungseinstellung bei einer ersten Motorlast vorstellen, bis eine Anzeige von Klopfen über einen Klopfsensor erzeugt wird. Das Verfahren **400** stellt die Zündungseinstellung auch zu der MBT-Zündungseinstellung bei einer zweiten Motorlast vor, wobei die zweite Motorlast von der ersten Motorlast unterschiedlich ist, bis eine Klopfanzeige erzeugt wird. Das Zündungsnacheilen von MBT und die Motorlast werden in den Speicher gespeichert, wenn das Motorklopfen bei den unterschiedlichen Motorlasten erfasst wird. Das Verfahren **400** kann warten, bis der Fahrer das Fahreranfragedrehmoment ändert, bevor die Zündungseinstellung derart vorgestellt wird, dass sich die Motordrehzahl und die Last nicht unerwartet ändern. Derart können klopfbeschränkte Zündungseinstellungen auf eine Art bestimmt werden, die nicht intrusiv ist. Bei einigen Beispielen kann das Verfahren **400** eine vorbestimmte Änderung der Motorlast, von der die erste klopfbeschränkte Zündungseinstellung bestimmt wird, zu der Motorlast, an der die zweite klopfbeschränkte Zündungseinstellung bestimmt wird, erfordern. Die aufgezeichneten Zündungseinstellungen stellen klopfbeschränkte Zündungseinstellung dar, und die klopfbeschränkte Zündungseinstellung kann von der MBT-Zündungseinstellung verzögert sein. Das Verfahren **400** geht weiter zu **410**, nachdem die Bestimmung der klopfbeschränkten Zündungseinstellung begonnen hat.

[0037] Bei **410** entscheidet das Verfahren **400**, ob klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung bei zwei unterschiedlichen Motorlasten bestimmt wurde oder nicht. Ist das der Fall, lautet die Antwort ja, und das Verfahren **400** geht zu **412** weiter. Anderenfalls ist die Antwort nein, und das Verfahren **400** geht zu **408** zurück.

[0038] Bei **412** bestimmt das Verfahren **400** die Gleichung einer Linie, die die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion einer Motorlast basierend auf den Motorlasten und Zündungseinstellungen, bei welchen Klopfen bei **408** auftrat, beschreibt. Wenn Klopfen zum Beispiel bei einer ersten Motorlast von 0, 4 und Zündungseinstellung von vier Grad verzögert von der MBT-Zündungseinstellung auftrat, und wenn

das Klopfen bei einer zweiten Motorlast von 0,8 und 8 Grad betrachtet von der MBT-Zündungseinstellung auftrat, wird das Gefälle aus der Punkt-/Gefälleformel als $\text{Gefälle} = 10 = \frac{8-4}{0,8-0,4}$ bestimmt. Der Versatz ist gleich null, wie aus $b = 4 - (0,4) \cdot 10$ bestimmt. Derart kann die Gleichung einer Linie, die die klopfbeschränkte Zündungseinstellung basierend auf Motorlast darstellt, bestimmt werden. Das Verfahren **400** geht weiter zu **414**, nachdem die Gleichung der Linie bestimmt wurde.

[0039] Bei **414** bestimmt das Verfahren **400** die aktuelle Motorlast. Die aktuelle Motorlast kann durch Teilen der aktuellen Motorluftmenge durch die theoretische Motorluftmenge bestimmt werden (zum Beispiel die Menge an Luft, die der Motor theoretisch ansaugen kann). Das Verfahren **400** geht zu **416** weiter, nachdem die Motorlast bestimmt wurde.

[0040] Bei **416** bestimmt das Verfahren **400** die klopfbeschränkte Zündung basierend auf der aktuellen Motorlast und der Gleichung der Linie, die bei **412** bestimmt wurde. Falls daher die aktuelle Motorlast 0, 5 beträgt, beträgt die klopfbeschränkte Zündungseinstellung 5 Grad nacheilend von der MBT-Zündungseinstellung. Das Verfahren **400** geht weiter zu **418**, nachdem die Bestimmung der klopfbeschränkten Motorzündungseinstellung beendet wurde.

[0041] Bei **418** stellt das Verfahren **400** die klopfbeschränkte Motorzündungseinstellung für Feuchtigkeit und Motortemperatur ein. Bei einem Beispiel werden empirisch bestimmte Einstellungen für Feuchtigkeit und Motortemperatur in Tabellen oder Funktionen im Speicher der Steuervorrichtung gespeichert. Die aktuelle Motortemperatur und die Feuchtigkeit indizieren die Tabelle oder Funktion, und eine Einstellung zur klopfbeschränkten Zündungseinstellung wird ausgegeben und zu der klopfbeschränkten Zündungseinstellung, die bei **416** bestimmt wurde, hinzugefügt. Das Verfahren **400** geht zu **420** weiter, nachdem die klopfbeschränkte Zündungseinstellung für Feuchtigkeit und Motortemperatur eingestellt wurde.

[0042] Bei **420** liefert das Verfahren **400** die klopfbeschränkte Zündungseinstellung zu dem Motor. Bei einem Beispiel wird die klopfbeschränkte Zündungseinstellung zu dem Motor über ein Zündsystem, das eine Zündkerze aufweist, geliefert. Das Verfahren **400** geht weiter zu **422**, nachdem die klopfbeschränkte Motorzündungseinstellung zu dem Motor ausgegeben wurde.

[0043] Bei **422** stellt das Verfahren **400** die Zündungseinstellung auf Motorklopfen ein. Falls das Motorklopfen über einen Klopfsensor erfasst wird, nachdem klopfbeschränktes Zünden zu dem Motor ausgegeben wurde, kann die Zündungseinstellung als Reaktion auf eine Anzeige eines Motorklopfens verzö-

gert werden. Das Verfahren **400** endet, nachdem die Motorzündungseinstellung eingestellt wurde.

[0044] Bei **430** bestimmt das Verfahren **400** das aktuelle Verhältnis oder Anteile des Kraftstoffs, der zu dem Motor geliefert wird. Falls eine Zylinderkraftstoffcharge für einen Zylinderzyklus zum Beispiel aus fünfundzwanzig Prozent eines ersten Kraftstoffs und fünfundsiebzig Prozent eines zweiten Kraftstoffs besteht, beträgt der erste Kraftstoffanteil fünfundzwanzig Prozent und der zweite Kraftstoffanteil beträgt fünfundsiebzig Prozent. Bei einem Beispiel basieren die Kraftstoffanteile auf einer gesamten Kraftstoffmasse, die in den Zylinder eintritt, und den Massen jedes Kraftstoffs, die zu der Gesamtmasse des Kraftstoffs während eines Zylinderzyklus beitragen. Ferner können die Kraftstoffmasse und die Masse jeder der Massen, die in der gesamten Kraftstoffmasse enthalten sind, anhand von Kraftstoffeinspritzer-Transferfunktionen, Kraftstoffdruck und der Zeit, während der die jeweiligen Kraftstoffeinspritzer offen sind, bestimmt werden. Das Verfahren **400** geht weiter zu **432**, nachdem der erste und der zweite Kraftstoffanteil oder die Verhältnisse bestimmt wurden. Bei einem alternativen Beispiel können die Kraftstoffanteile basierend auf Kraftstoffvolumen, Kraftstoffwärmewert oder anderen Kraftstoffeigenschaften bestimmt oder geändert werden.

[0045] Bei **432** entscheidet das Verfahren **400**, ob klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast für die Kraftstoffe, die zu dem Motor mit zwei unterschiedlichen Verhältnissen bereitgestellt werden, bekannt ist oder nicht. Falls zum Beispiel klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Verhältnis zu der Motorlast für ein Verhältnis von zwanzig Prozent von Kraftstoff mit höherer Oktanzahl zu achtzig Prozent Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl bekannt ist, und klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Verhältnis zu der Motorlast auch für ein Verhältnis von siebenzig Prozent Kraftstoff mit höherer Oktanzahl zu dreißig Prozent Kraftstoff mit niedrigerer Oktanzahl bekannt ist, lautet die Antwort ja und das Verfahren **400** geht weiter zu **436**. Ähnlich, falls die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Verhältnis zu der Motorlast für irgendwelche zwei Kraftstoffverhältnisse, die ausreichend voneinander unterschiedlich sind, bekannt ist, lautet die Antwort ja und das Verfahren **400** geht weiter zu **436**. Bei einem Beispiel sind zwei Kraftstoffverhältnisse ausreichend unterschiedlich, wenn die zwei unterschiedlichen Kraftstoffverhältnisse das Gefälle und/oder Interzept um eine vorbestimmte Menge für die Gleichung der Linie, die die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung darstellt, als eine Funktion der Motorlast ändern. Anderenfalls lautet die Antwort nein, und das Verfahren **400** geht zu **434** weiter.

[0046] Bei **434**, bestimmt das Verfahren **400** Gleichungen der Linien, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung darstellen, als eine Funktion der Motorlast. Wenn der Motor allein mit jedem einer Mehrzahl von Kraftstoffen (zum Beispiel zwei unterschiedliche Kraftstoffe) bei ausgewählten Betriebsbedingungen funktioniert, bestimmt das Verfahren **400** Gleichungen für Linien, die die klopfbeschränkte Motorzündungseinstellung darstellen, wenn der Motor unter Einsatz von einhundert Prozent eines der Kraftstoffe betrieben wird.

[0047] Falls der gesamte in einen Zylinder eingespritzte Kraftstoff zum Beispiel unter ausgewählten Bedingungen ein erster Kraftstofftyp ist, wird eine Gleichung einer ersten Linie, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast darstellt, bestimmt. Die erste Linie stellt die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung dar, wenn der Motor mit einhundert Prozent eines ersten Kraftstoffs betrieben wird. Die Gleichung der Linie wird durch Betreiben des Motors mit einhundert Prozent des ersten Kraftstoffs bei zwei unterschiedlichen Lasten bestimmt, während die Zündung vorgestellt wird, bis das Motorklopfen über einen Klopfsensor erfasst wird. Die Motorlast und die Zündungsnacheilung werden für jede der zwei Motorlasten aufgezeichnet. Die Gleichung der Linie, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast bei einhundert Prozent des ersten Kraftstoffs darstellt, wird über die Punkt-/Gefälleformel (zum Beispiel

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

) und die Gleichung einer geraden Linie (zum Beispiel $y = mx + b$) dargestellt.

[0048] Das Verfahren **400** bestimmt auch die Gleichung der Linie, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast darstellt, wenn der Motor allein unter Verwendung des zweiten Kraftstoffs betrieben wird. Die zweite Linie stellt die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung dar, wenn der Motor mit einhundert Prozent eines zweiten Kraftstoffs betrieben wird. Die Gleichung der Linie wird durch Betreiben des Motors mit einhundert Prozent des zweiten Kraftstoffs bei zwei unterschiedlichen Lasten bestimmt, während die Zündung vorgestellt wird, bis das Motorklopfen über einen Klopfsensor erfasst wird. Die Motorlast und die Zündungsnacheilung werden für jede der zwei Motorlasten aufgezeichnet. Die Gleichung der Linie, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungsnachei-

lung als eine Funktion der Motorlast bei einhundert Prozent des zweiten Kraftstoffs darstellt, wird über die Punkt-/Gefälleformel und die Gleichung einer geraden Linie dargestellt. Die Linien **202** und **206** der **Fig. 2** veranschaulichen grafisch Linien, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast für einen Motor darstellen, der mit einhundert Prozent von zwei unterschiedlichen Kraftstoffen bei zwei unterschiedlichen Zeiten betrieben wird. Die Gleichungen dieser zwei Linien sind die Grundlage für die Interpolationsgleichungen von Linien, die Anteilskraftstoffverhältnisse darstellen, die zwischen den Verhältnissen null und einhundert Prozent liegen (zum Beispiel 45% des ersten Kraftstoffs und 55% des zweiten Kraftstoffs).

[0049] Andererseits, falls der Motor nicht mit einhundert Prozent jedes Kraftstoffs bei unterschiedlichen Zeiten funktioniert oder wenn der Motor nicht unter alleinigem Gebrauch eines Kraftstoffs bei einer Bedingung und nur des anderen Kraftstoffs bei einer anderen Bedingung betrieben wurde, bestimmt das Verfahren **400** Gleichungen von Linien, die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast für Kraftstoffanteilmengen, die zu dem Motor geliefert werden, darstellen. Eine erste Linie, die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast für ein Kraftstoffgemisch darstellt, das zu einem Zylinder während eines Zylinderzyklus geliefert wird, der 25% eines ersten Kraftstoffs und 75% eines zweiten Kraftstoffs aufweist, kann zum Beispiel anhand der Aufzeichnung von Zündungsnacheilung und Motorlast bestimmt werden, bei welchen das Motorklopfen über einen Klopfsensor bei zwei unterschiedlichen Motorlasten erfasst wird. Eine zweite Linie, die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast für ein Kraftstoffgemisch darstellt, das zu einem Zylinder während eines Zylinderzyklus geliefert wird, der 40% eines ersten Kraftstoffs und 60% eines zweiten Kraftstoffs aufweist, kann anhand der Aufzeichnung von Zündungsnacheilung und Motorlast bestimmt werden, bei welchen das Motorklopfen über einen Klopfsensor bei zwei unterschiedlichen Motorlasten erfasst wird. Die Gleichungen der zwei Linien werden anhand der Punkt-/Gefällegleichung und der Gleichung einer geraden Linie bestimmt. Die Linien **304** und **306** der **Fig. 3** veranschaulichen grafisch Linien, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung als eine Funktion der Motorlast für einen Motor darstellen, der mit Mengenteilen oder unterschiedlichen Prozentsätzen von zwei unterschiedlichen Kraftstoffen bei zwei unterschiedlichen Zeiten betrieben wird. Die Gleichungen dieser zwei Linien sind die Grundlage für die Interpolation oder Extrapolation auf Linien, die unterschiedliche Konzentrationen an Kraftstoff, der zu dem Mo-

tor geliefert wird, darstellen (zum Beispiel 0% erster Kraftstoff und 100% zweiter Kraftstoff). Das Verfahren **400** geht weiter zu **436**, nachdem die Gleichungen von zwei Linien, die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast bei zwei unterschiedlichen Kraftstoffverhältnissen bestimmt wurden.

[0050] Bei **436**, bestimmt das Verfahren **400** die aktuelle Motorlast. Die aktuelle Motorlast kann über den Ausgang eines Motorluftmessers oder Drucksensors bestimmt werden. Bei einem Beispiel wird die Motorlast als die aktuelle Motorluftmenge geteilt durch das theoretische Maximum der Motorluftmenge ausgedrückt. Das Verfahren **400** geht zu **438** weiter, nachdem die Motorlast bestimmt wurde.

[0051] Bei **438** bestimmt das Verfahren **400** die klopfbeschränkte Zündungseinstellung basierend auf der Motorlast. Falls die Gleichung der Linie, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast für das aktuelle Kraftstoffgemisch, das zu dem Motor geliefert wird, beschreibt, bekannt ist, wird die Motorlast von **436** als Eingabe für die Gleichung einer geraden Linie, die klopfbeschränkte Motorzündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, verwendet. Die Gleichung ergibt klopfbeschränkte Motorzündung basierend auf der aktuellen Motorlast aus.

[0052] Falls eine Gleichung einer Linie, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, nicht bekannt ist, wird eine Gleichung einer Linie, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, aus den Gleichungen der Linien, die bei **434** bestimmt wurden, bestimmt. Die Gleichung der bekannten Linie kann aus den Gleichungen, die bei **434** bestimmt wurden, interpoliert oder extrapoliert werden.

[0053] Eine Gleichung einer interpolierten Linie kann gemäß dem folgenden Beispiel bestimmt werden. Falls Gleichungen von Linien, die mit Kraftstoffanteilen bestehend aus null Prozent eines ersten Kraftstoffs und einhundert Prozent eines zweiten Kraftstoffs und einhundert Prozent des ersten Kraftstoffs und null Prozent des zweiten Kraftstoffs verbunden sind, bekannt sind, wird eine Gleichung einer Linie aus den Gleichungen der zwei bekannten Linien, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellen, interpoliert. Eine Gleichung einer ersten Linie (100% erster Kraftstoff und 0% zweiter Kraftstoff) wird zum Beispiel basierend auf Motorklopfen bei 0,3 Motorlast, 5 Grad Zündungsnacheilen von der MBT-Einstellung und Motorklopfen bei 0,1 Motorlast, 0,5 Grad Zündungsnacheilen von der MBT-Ein-

stellung bestimmt. Das Gefälle der ersten Gleichung ist $m = \frac{5-0,5}{0,3-0,1} = 22,5$ und der Versatz ist $5 - 22,5(0,3) = b = -1,75$. Eine Gleichung einer zweiten Linie (0% erster Kraftstoff und 100% zweiter Kraftstoff) wird basierend auf Motorklopfen bei 0,5 Motorlast, 1, 5 Grad Zündungsnacheilen von der MBT-Einstellung und Motorklopfen bei 0,2 Motorlast, 0,25 Grad Zündungseinstellen von der MBT-Einstellung bestimmt. Das Gefälle der zweiten Gleichung ist $m = \frac{1,5-0,25}{0,5-0,2} = 4,17$ und der Versatz ist $1,5 - 4,17(0,5) = b = -0,585$.

[0054] Eine Gleichung einer dritten Linie, die dreißig Prozent des ersten Kraftstoffs und siebenzig Prozent des zweiten Kraftstoffs darstellt, kann aus den zwei Gleichungen interpoliert werden. Insbesondere ist das Gefälle der dritten Linie $(22,5 \cdot 0,3) + (4,17 \cdot 0,7) = 9,669$ und der Versatz ist $(-1,75 \cdot 0,3) + (-0,585 \cdot 0,7) = -0,9345$. Das Gefälle der dritten Linie ist daher das Gefälle der ersten Linie multipliziert mit dem Anteil des ersten Kraftstoffs plus das Gefälle der zweiten Linie multipliziert mit dem Anteil des zweiten Kraftstoffs. Ebenso ist der Versatz der dritten Linie der Versatz der ersten Linie multipliziert mit dem Anteil des ersten Kraftstoffs plus der Versatz der zweiten Linie multipliziert mit dem Anteil des zweiten Kraftstoffs.

[0055] Andererseits, falls die Gleichung der ersten Linie eine Gleichung einer Linie für klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung für ein Kraftstoffgemisch darstellt, das zu dem Motor geliefert ist, das aus fünfundsiebzig Prozent des ersten Kraftstoffs und aus fünfundzwanzig Prozent des zweiten Kraftstoffs besteht, und die Gleichung für die zweite Linie eine Gleichung einer Linie für klopfbeschränkte Zündungseinstellung für ein Kraftstoffgemisch darstellt, das zu dem Motor geliefert wird, das aus zwanzig Prozent des ersten Kraftstoffs und achtzig Prozent des zweiten Kraftstoffs besteht, findet man die Gleichungen für die Linien für klopfbeschränkte Zündungseinstellung für einen Kraftstoff bestehend aus einhundert Prozent des einen oder des anderen Kraftstoffs durch Lösen für die zwei Gefälle und die zwei Interzepts gemäß den folgenden vier Gleichungen, die auf den Gefällen und Versätzen oder Interzepts der ersten und zweiten Linien beruhen.

$$22,5 = 0,75 \cdot m_1 + 0,25 \cdot m_2$$

$$4,17 = 0,20 \cdot m_1 + 0,80 \cdot m_2$$

$$-1,75 = 0,75 \cdot b_1 + 0,25 \cdot b_2$$

$$-0,5855 = 0,20 \cdot b_1 + 0,80 \cdot b_2$$

[0056] Die Gefälle m_1 und m_2 sowie die Interzepts b_1 und b_2 können algebraisch basierend auf zwei Gleichungen und zwei Unbekannten gelöst werden. Das Gefälle m_1 , das das Gefälle der Gleichung darstellt, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung

von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, wenn einhundert Prozent des ersten Kraftstoffs zu dem Motor geliefert werden, wird als $30,83 = 100 \cdot 0,3083$ gelöst. Das Gefälle m_2 , das das Gefälle der Gleichung darstellt, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, wenn einhundert Prozent des zweiten Kraftstoffs zu dem Motor geliefert werden, wird als $-2,495 = 100 \cdot -0,2495$ gelöst.

[0057] Der Versatz oder das Interzept b_1 , der/das das Interzept der Gleichung darstellt, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, wenn einhundert Prozent des ersten Kraftstoffs zu dem Motor geliefert wird, wird als $-2,28 = 100 \cdot -0,228$ gelöst. Der Versatz oder das Interzept b_2 , der/das das Interzept der Gleichung darstellt, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt, wenn einhundert Prozent des zweiten Kraftstoffs zu dem Motor geliefert wird, wird als $0,16 = 100 \cdot -0,0016$ gelöst.

[0058] Sobald die Gleichung der Linie, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast für das Verhältnis des ersten und zweiten Kraftstoffs, die zu dem Motor bereitgestellt werden, im aktuellen Zeitpunkt darstellt, bekannt ist, wird die aktuelle Motorlast in die Gleichung der Linie eingegeben und die klopfbeschränkte Zündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung bei der aktuellen Motorlast wird bestimmt. Das Verfahren **400** geht weiter zu **418**, nachdem die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung bestimmt wurde.

[0059] Derart können die Gefälle- und Versatzwerte von Linien, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellen, durch Interpolation oder Extrapolation von Gefälle- und Versatzgliedern von zwei bekannten Linien, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellen, bestimmt werden.

[0060] Das Verfahren der **Fig. 4** stellt daher ein Verfahren zum Einstellen der Motorzündungseinstellung bereit, das Folgendes aufweist: Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf eine klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung interpoliert oder extrapoliert aus einer Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast. Das Verfahren weist ferner das Bestimmen einer ersten Gleichung einer ersten Linie auf, die die klopfbeschränkte Mo-

torzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung als Reaktion auf die Gegenwart von Motorklopfen bei zwei unterschiedlichen Motorlasten unter Verwendung eines ersten Kraftstoffs oder Kraftstoffverhältnisses darstellt. Das Verfahren weist ferner das Bestimmen einer zweiten Gleichung einer zweiten Linie auf, die die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung als Reaktion auf die Gegenwart von Motorklopfen bei zwei unterschiedlichen Motorlasten unter Verwendung eines zweiten Kraftstoffs oder Kraftstoffverhältnisses darstellt. Das Verfahren weist auf, dass die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung aus der ersten und zweiten Gleichung interpoliert wird, wenn das aktuelle Kraftstoffverhältnis zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftstoffverhältnis ist. Das Verfahren weist ferner das Extrapolieren aus der ersten und zweiten Gleichung auf, wenn das aktuelle Kraftstoffverhältnis außerhalb des Bereichs des ersten und des zweiten Kraftstoffverhältnisses liegt.

[0061] Bei einigen Beispielen weist das Verfahren auf, dass die erste und die zweite Gleichung Gleichungen gerader Linien sind. Das Verfahren weist auf, dass die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung, interpoliert aus der Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast als eine Gleichung einer geraden Linie ausgedrückt wird. Das Verfahren weist auf, dass die Gleichung der geraden Linie auf der Interpolation eines Gefälles aus zwei anderen Gefällewerten basiert. Das Verfahren weist auf, dass die Gleichung der geraden Linie auf der Interpolation eines Versatzes aus zwei anderen Versatzwerten basiert.

[0062] Das Verfahren der **Fig. 4** stellt auch ein Verfahren zum Einstellen der Motorzündungseinstellung bereit, das Folgendes aufweist: Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf eine klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung extrapoliert aus einer Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast. Das Verfahren weist auf, dass die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung, extrapoliert aus der Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung zu Motorlast auf Gleichungen von zwei Linien basiert. Das Verfahren weist auf, dass die Gleichungen von zwei Linien auf den Betrieb eines Motors mit einem ersten Verhältnis eines ersten Kraftstoffs zu einem zweiten Kraftstoff und dem Betrieb des Motors mit einem zweiten Verhältnis des ersten Kraftstoff zu dem zweiten Kraftstoff basieren, wobei das erste Verhältnis von dem zweiten Verhältnis unterschiedlich ist.

[0063] Bei einigen Beispielen weist das Verfahren auf, dass die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung, extrapoliert aus der Mehrzahl von klopfbeschränkten Motorzündungsnaheilungen von den MBT-Zündungseinstellungswerten als Reaktion auf das Motorklopfen bei einer Mehrzahl von Motorlasten bestimmt wird. Das Verfahren weist ferner das Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf eine Anzeige eines Motorklopfens auf. Das Verfahren weist auf, dass das Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung das Extrapolieren eines Gefälles einer Gleichung einer Linie aufweist, die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt. Das Verfahren weist auf, dass das Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung das Extrapolieren eines Versatzes einer Gleichung einer Linie aufweist, die klopfbeschränkte Motorzündungsnaheilung von der MBT-Zündungseinstellung im Vergleich zu der Motorlast darstellt.

Bezugszeichenliste

Fig. 4

START	START
402	EINZIGES KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEM?
YES	JA
NO	NEIN
406	KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG ALS EINE FUNKTION DER LAST FÜR DEN EINZIGEN KRAFTSTOFF BEKANNT?
430	AKTUELLES VERHÄLTNISS VON KRAFTSTOFFEN BESTIMMEN
408	KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNGSEINSTELLUNG BEI ZWEI UNTERSCHIEDLICHEN MOTORLASTEN BESTIMMEN
432	KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG ALS EINE FUNKTION DER LAST FÜR DIE KRAFTSTOFFVERHÄLTNISSE BEKANNT?
410	KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG BEI ZWEI UNTERSCHIEDLICHEN LASTEN BEKANNT?
434	GLEICHUNG DER LINIEN BESTIMMEN, DIE KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG ALS EINE FUNKTION DER MOTORLAST FÜR ZWEI KRAFTSTOFFVERHÄLTNISSE DARSTELLEN UND AUF HÖHERE UND/ODER NIEDRIGERE VERHÄLTNISSE JEDES KRAFTSTOFFS EXTRAPOLIEREN/INTERPOLIEREN

- 412** GLEICHUNG DER LINIE BESTIMMEN, DIE KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG ALS EINE FUNKTION DER MOTORLAST DARSTELLT
- 414** MOTORLAST BESTIMMEN
- 436** MOTORLAST BESTIMMEN
- 416** KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG BASIEREND AUF MOTORLAST UND GLEICHUNG DER LINIE, DIE DIE KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG DARSTELLT, BESTIMMEN
- 438** KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG BASIEREND AUF MOTORLAST UND GLEICHUNGEN VON LINIEN, DIE KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG DARSTELLEN, BESTIMMEN
- 418** KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNG BASIEREND AUF MOTORBEDINGUNGEN (ZUM BEISPIEL FEUCHTIGKEIT, TEMPERATUR) EINSTELLEN
- 420** KLOPFBESCHRÄNKTE ZÜNDUNGSEINSTELLUNG ZUM MOTOR LIEFERN
- 422** ZÜNDUNGSEINSTELLUNG ALS REAKTION AUF MOTORKLOPFEN EINSTELLEN
- EXIT** ENDE

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Motorzündungseinstellung, das Folgendes aufweist:
Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf ein klopfbeschränktes Motor-Zündungsnacheilverhältnis, interpoliert aus einer Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast.
2. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner das Bestimmen einer ersten Gleichung einer ersten Linie aufweist, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung als Reaktion auf die Gegenwart von Motorklopfen bei zwei unterschiedlichen Motorlasten unter Verwendung eines ersten Kraftstoffs oder Kraftstoffverhältnisses darstellt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, das ferner das Bestimmen einer zweiten Gleichung einer zweiten Linie aufweist, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung als Reaktion auf die Gegenwart von Motorklopfen bei zwei unterschiedlichen Motorlasten unter Verwendung eines zweiten Kraftstoffs oder Kraftstoffverhältnisses darstellt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung aus der ersten und zweiten Gleichung interpoliert ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die erste und die zweite Gleichung Gleichungen gerader Linien sind.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung, interpoliert aus der Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast als eine Gleichung einer geraden Linie ausgedrückt ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Gleichung der geraden Linie auf der Interpolation eines Gefälles aus zwei anderen Gefällewerten basiert.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Gleichung der geraden Linie auf der Interpolation eines Versatzes aus zwei anderen Versatzwerten basiert.
9. Verfahren zum Einstellen der Motorzündungseinstellung, das Folgendes aufweist:
Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf ein klopfbeschränktes Motorzündungsnacheilverhältnis, extrapoliert aus einer Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilverhältnis, extrapoliert aus der Mehrzahl von Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast auf Gleichungen von zwei Linien basiert.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Gleichungen von zwei Linien auf dem Betrieb eines Motors mit einem ersten Verhältnis eines ersten Kraftstoffs zu einem zweiten Kraftstoff und dem Betrieb des Motors mit einem zweiten Verhältnis des ersten Kraftstoffs zu dem zweiten Kraftstoff basieren, wobei das erste Verhältnis von dem zweiten Verhältnis unterschiedlich ist.
12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung, extrapoliert aus der Mehrzahl von klopfbeschränkten Motorzündungsnacheilungswerten, als Reaktion auf Motorklopfen bei einer Mehrzahl von Motorlasten bestimmt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 9, das ferner das Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf eine Anzeige von Motorklopfen aufweist.
14. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf klopfbeschränkte Motorzündung das Extrapolieren eines Gefälles einer Gleichung einer Linie, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung im Vergleich zur Motorlast darstellt, aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf klopfbeschränkte Motorzündung das Extrapolieren eines Versatzes einer Gleichung einer Linie, die klopfbeschränkte Motorzündungsnacheilung im Vergleich zur Motorlast darstellt, aufweist.

16. Fahrzeugsystem, das Folgendes aufweist:
einen Motor,
ein erstes und zweites Kraftstoffsystem, die mit dem Motor gekoppelt sind, wobei das erste Kraftstoffsystem einen ersten Kraftstoff zu dem Motor liefert, das zweite Kraftstoffsystem einen zweiten Kraftstoff zu dem Motor liefert, wobei der erste Kraftstoff von dem zweiten Kraftstoff unterschiedlich ist, und
eine Steuervorrichtung, die nicht flüchtige Anweisungen enthält, die ausgeführt werden können, um die Motorzündungseinstellung als Reaktion auf ein Verhältnis von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast, das von zwei anderen Verhältnissen von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast abgeleitet ist, einzustellen.

17. Fahrzeugsystem nach Anspruch 16, wobei die zwei anderen Verhältnisse von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast als gerade Linien ausgedrückt sind.

18. Fahrzeugsystem nach Anspruch 17, wobei das Verhältnis von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast als eine gerade Linie ausgedrückt ist.

19. Fahrzeugsystem nach Anspruch 16, das ferner zusätzliche Anweisungen zum Einstellen der Motorzündungseinstellung als Reaktion auf Motorklopfen aufweist.

20. Fahrzeugsystem nach Anspruch 16, wobei das Verhältnis von klopfbeschränkter Motorzündungsnacheilung zu Motorlast niedrigere Motorlasten, bei welchen kein Klopfen vorliegt, aufweist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

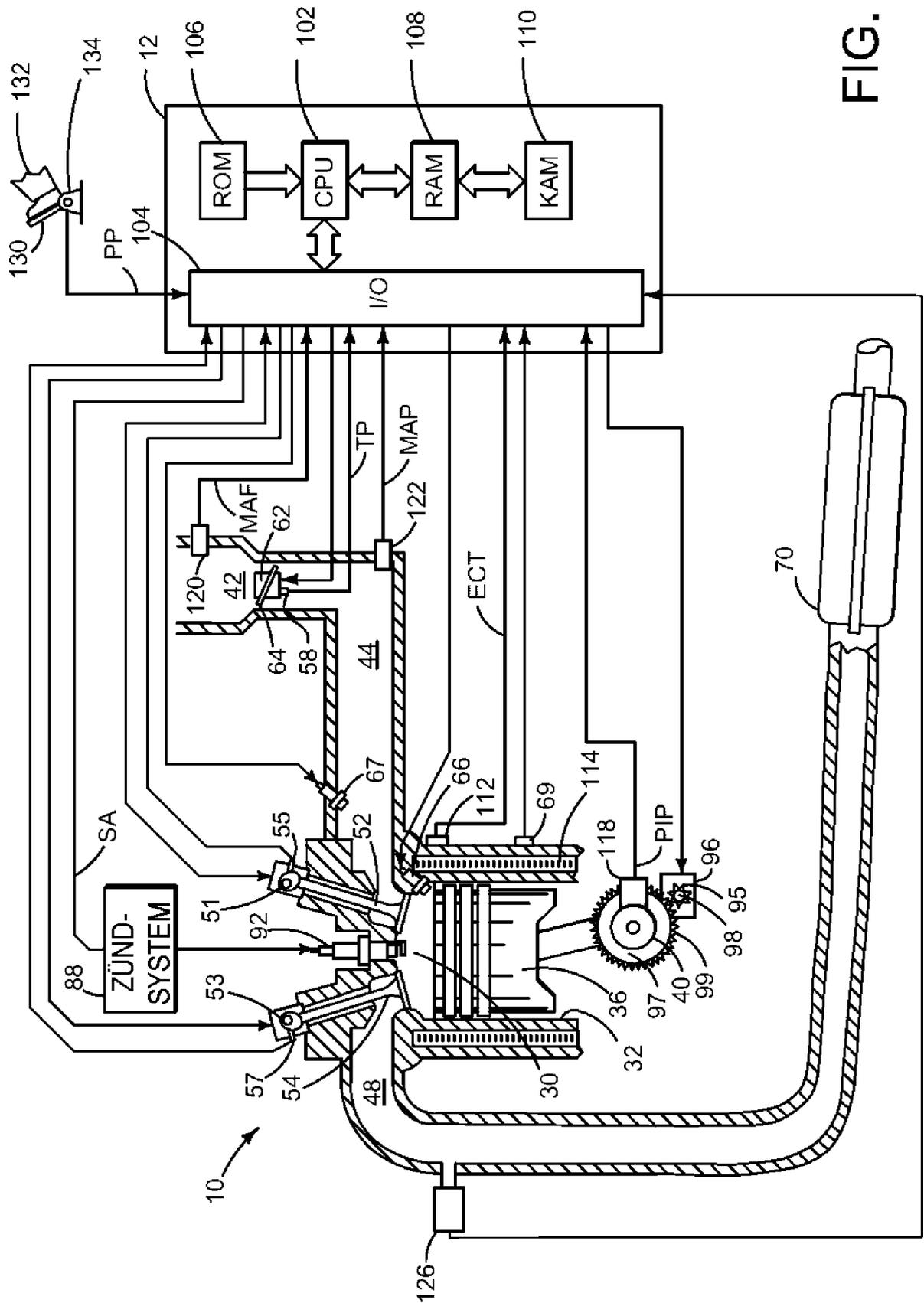


FIG. 1

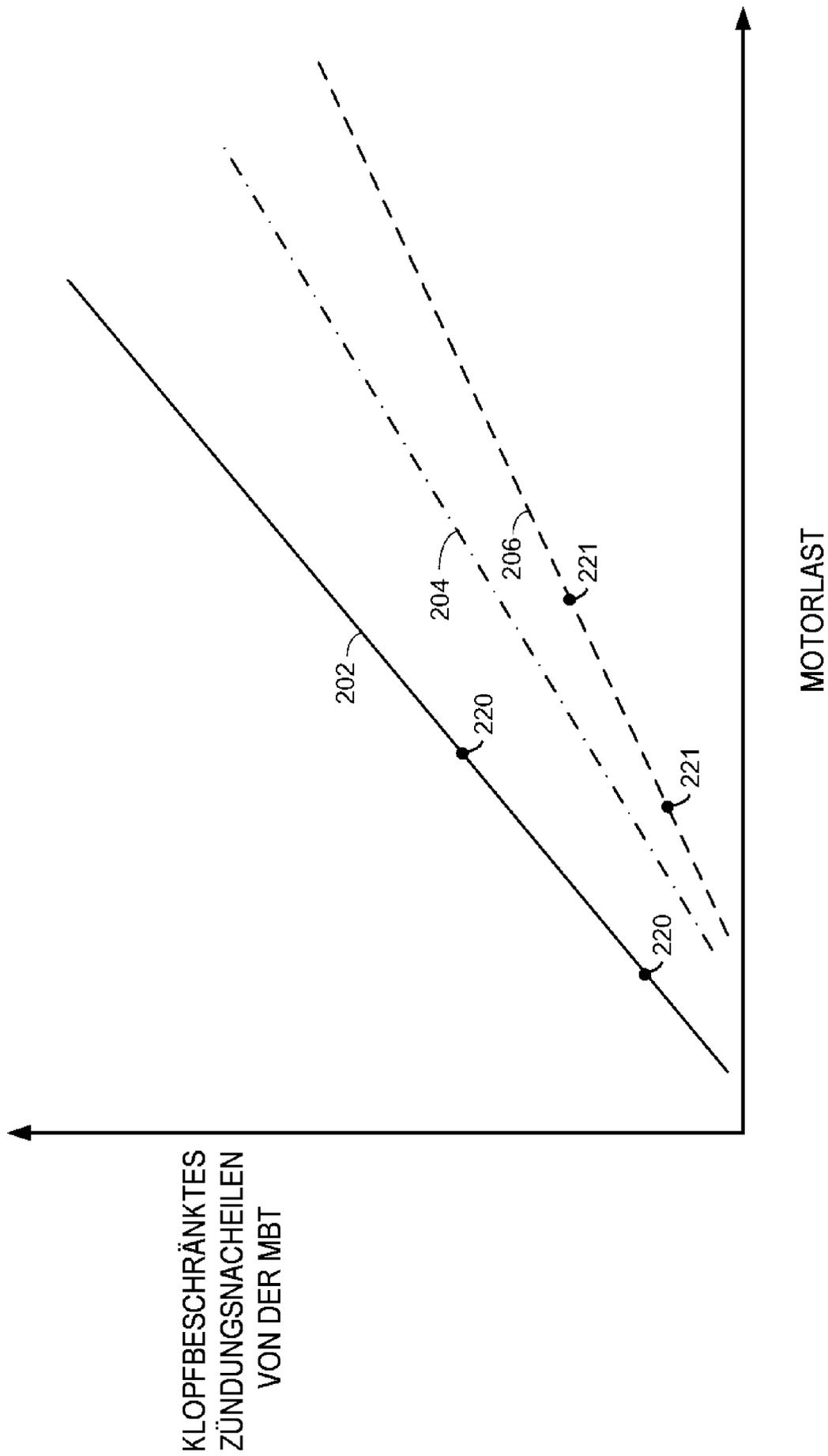


FIG. 2

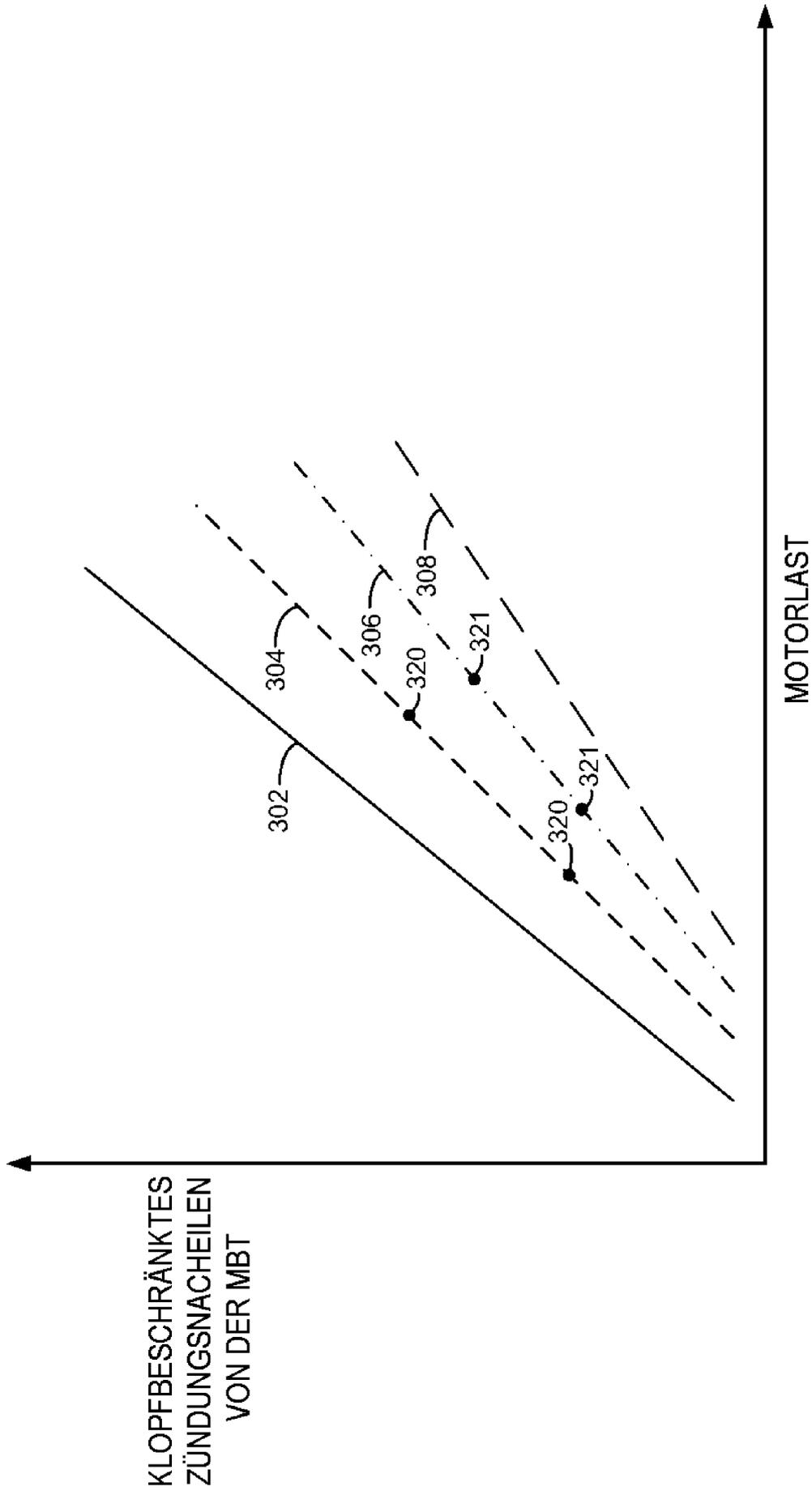


FIG. 3

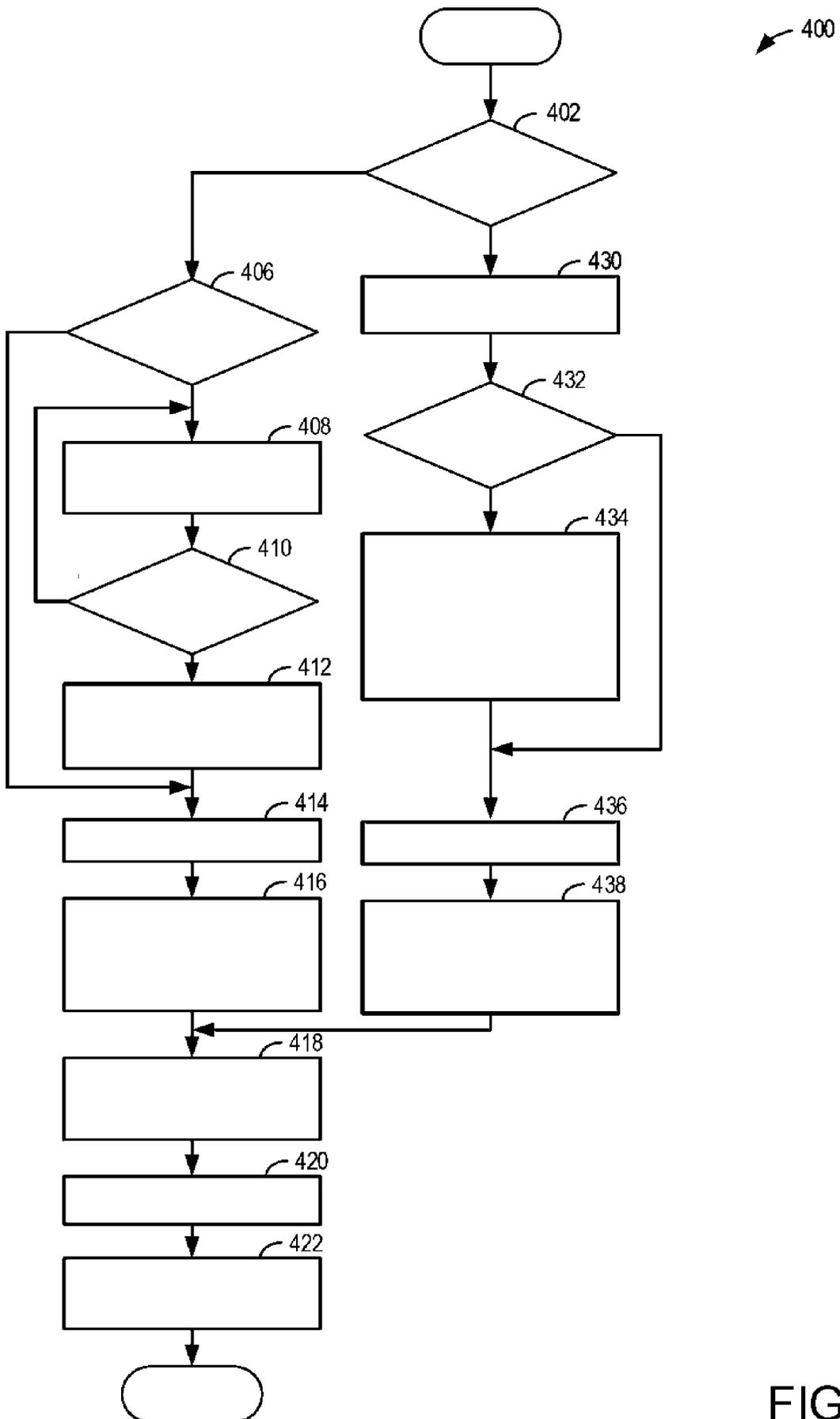


FIG. 4