

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Juni 2010 (10.06.2010)

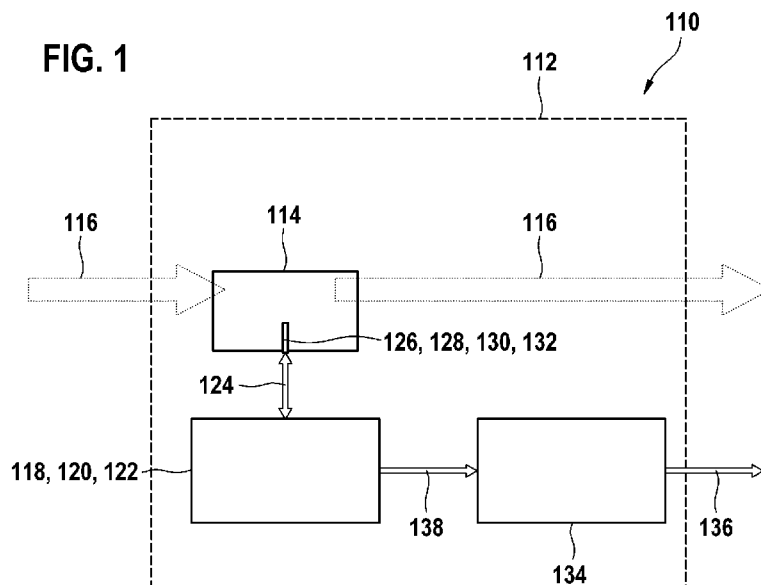
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2010/063566 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*G01N 22/00* (2006.01) *F02D 41/00* (2006.01)  
*G01N 33/28* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/065284
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. November 2009 (17.11.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2008 044 383.2  
5. Dezember 2008 (05.12.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SEIDEL, Juergen** [DE/DE]; Reutlinger Str. 59, 73728 Esslingen (DE). **HASCH, Juergen** [DE/DE]; Alte Stuttgarter Str. 12, 70195 Stuttgart (DE). **WALDSCHMIDT, Christian** [DE/DE]; Grimmstr. 4, 70197 Stuttgart (DE). **HUBER, Bernd** [DE/DE]; Landhausstr. 25, 70825 Korntal (DE). **WENDT, Juergen** [DE/DE]; Martin-Luther-Str. 95, 70372 Stuttgart (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A COMPOSITION OF A FUEL MIXTURE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER ZUSAMMENSETZUNG EINES KRAFTSTOFFGEMISCHS



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a composition of a fuel mixture (116), particularly for determining an ethanol proportion and/or a water proportion in the fuel mixture (116). A first microwave radiation having at least two microwave frequencies is radiated into the fuel mixture (116), and at least one second microwave radiation is received from the fuel mixture (116). The second microwave radiation is compared with the first microwave radiation, and at least one characteristic value is determined based on the microwave frequency of the first microwave radiation. The composition of the fuel mixture (116) is inferred from the course of the characteristic value over the microwave frequency of the first microwave radiation.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Zusammensetzung eines Kraftstoffgemischs (116), insbesondere zur Bestimmung eines Ethanolanteils und/oder eines Wasseranteils in dem Kraftstoffgemisch

(116). Es wird eine erste Mikrowellen-Strahlung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/063566 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

mit mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen in das Kraftstoffgemisch (116) eingestrahlt und mindestens eine zweite Mikrowellenstrahlung aus dem Kraftstoffgemisch (116) empfangen. Die zweite Mikrowellenstrahlung wird mit der ersten Mikrowellenstrahlung verglichen und mindestens eine Kenngröße in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung bestimmt. Aus dem Verlauf der Kenngröße über die Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung wird auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs (116) geschlossen.

## 5 Beschreibung

## Titel

Verfahren zur Bestimmung einer Zusammensetzung eines Kraftstoffgemischs

## 10 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von bekannten Verfahren und Vorrichtungen zur Bestimmung von Zusammensetzung von Kraftstoffgemischen. So sind beispielsweise in Kraftfahrzeugen zunehmend Kraftstoffgemische im Einsatz, welche neben den eigentlichen Mineralöl-Kraftstoffen eine Beimischung an Ethanol und/oder anderen Alkoholen verarbeiten können. Beispielsweise sind so genannte Flex-Fuel-Fahrzeuge bekannt, welche mit variablen Ethanol-/Benzin-Gemischen betrieben werden können. Üblicherweise werden dabei die Parameter der Motorsteuerung des Kraftfahrzeugs auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs angepasst. Dabei lassen sich weltweit unterschiedliche Konzepte beobachten. Während in den USA üblicherweise bislang lediglich notwendige Anpassungen der Motorsteuerung an das Kraftstoffgemisch vorgenommen werden, um überhaupt Flex-Fuel-Fahrzeuge anbieten zu können, werden in Europa typischerweise auch Wirkungsgrad- und Leistungssteigerungen angestrebt. Insbesondere letzteres setzt jedoch zur Bestimmung optimaler Parameter der Motorsteuerung in der Regel eine genaue Kenntnis der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs, insbesondere eines Ethanol-Kraftstoff-Mischungsverhältnisses, voraus.

Die Bestimmung des Ethanol-Kraftstoff-Mischungsverhältnisses erfolgt in der Regel entweder anhand vorliegender Messgrößen mittels einer Software im Steuergerät selbst, oder dieses Mischungsverhältnis kann mit einem Ethanolsensor erkannt werden. Derartigen Ethanolsensoren können zahlreiche unterschiedliche Messprinzipien zugrunde liegen. Insbesondere kommen hier auf der Permittivität und der Leitfähigkeitsbestimmung basierende Kapazitätsmessverfahren zum Einsatz. In der Regel wird dabei bei Frequenzen bis ca. 1 MHz die Permittivität des Kraftstoffgemischs bestimmt. Nachteilig an einer reinen Permittivitätsbestimmung (mit Temperaturkorrektur) bei Frequenzen bis ca. 1 MHz ist jedoch, dass mittels dieser Verfahren prinzipiell lediglich

die genaue Bestimmung der Zusammensetzung von Gemischen mit maximal zwei Komponenten möglich ist. Weitere Komponenten des Kraftstoffgemischs können mittels dieser Methode in der Regel nicht erkannt werden.

5 Um weitere Komponenten, wie beispielsweise Wasser zu identifizieren, sind Messungen im GHz-Bereich notwendig, da hier die Permittivität von Alkohol, Wasser und weiterer polarer Komponenten, beispielsweise Störkomponenten, aufgrund der Orientierungspolarisation mit zunehmender Frequenz stark abnimmt. Ein Beispiel derartiger im GHz-Bereich arbeitender Verfahren wird in DE 34 12 704 A1 offenbart. Es wird eine  
10 Vorrichtung zum Messen des Alkoholgehalts in einem Kraftstoffgemisch eingesetzt, welche in einer Kraftstoffleitung eingesetzt werden kann. Die Kraftstoffleitung ist aus einem Material gefertigt, welches für Hochfrequenzsignale durchlässig ist. Eine Mikrowellenkammer ist außerhalb der Kraftstoffleitung angeordnet und umschließt dabei einen Teil dieser Kraftstoffleitung. Die Mikrowellenkammer weist ein Paar von Wellenleitern auf, die einander gegenüberliegend mit der Kraftstoffleitung dazwischen angeordnet sind. Einer der Wellenleiter ist mit einem Antennenabschnitt zur Übertragung von Mikrowellen von einem Mikrowellengenerator versehen. Der andere Mikrowellenleiter ist mit einem Empfangsantennenabschnitt versehen, um die Mikrowellen zu empfangen, welche die Kraftstoffleitung durchtreten. Mikrowellen, welche von den Antennenabschnitt empfangen werden, werden von einem Detektor erkannt und in Gleichspannungs-Signale umgewandelt, welche der Stärke der empfangenen Mikrowellen entsprechen.

Verfahren wie das beispielsweise in DE 34 12 704 A1 beschriebene Verfahren arbeiten  
25 üblicherweise bei einer Messfrequenz, bei welcher die Absorptionsrate des Kraftstoffgemischs stark vom Mischungsverhältnis abhängt. Nachteilig an derartigen Verfahren ist jedoch, dass die Genauigkeit dieser Verfahren in vielen Fällen Raum für Verbesserungen lässt. Insbesondere bei Mehrstoffgemischen, die zusätzlich zu Ethanol und Kraftstoff weitere Anteile enthalten, wie beispielsweise einen Wasseranteil und/oder  
30 Additive, lassen sich mittels der bekannten Verfahren nur schwer untersuchen. Derartige Mehrkomponenten-Gemische gewinnen jedoch in der modernen Motortechnologie zunehmend an Bedeutung. Um auch bei derartigen komplexeren Gemischen zuverlässige und präzise Messergebnisse erzielen zu können und damit eine präzise, optimierte Motorsteuerung vornehmen zu können, sind daher genauere Verfahren und Vorrichtungen  
35 notwendig.

## Offenbarung der Erfindung

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Genauigkeit bekannter Verfahren erheblich gesteigert werden kann, indem nicht punktuell bei einer einzigen, schmalbandigen Frequenz, das heißt innerhalb eines sehr kleinen Frequenzbereichs, gemessen  
5 wird, sondern über einen größeren Frequenzbereich hinweg. Auf diese Weise lassen sich insbesondere Mehrstoffgemische, beispielsweise Alkohol-Kraftstoff-Gemische, insbesondere Ethanol-Benzin-Gemische, welche zusätzlich noch einen Wasseranteil und/oder Additive enthalten, erheblich genauer charakterisieren als mit den herkömmlichen Verfahren. Die vorliegende Erfindung nutzt dementsprechend den charakteristischen Verlauf einer bestimmten Antwort auf eine Mikrowelleneinstrahlung über einen  
10 vergleichsweise großen Frequenzbereich hinweg zur Ermittlung der Eigenschaften des Kraftstoffgemischs.

Dementsprechend werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Zusammensetzung eines Kraftstoffgemischs vorgeschlagen, welche insbesondere zur Bestimmung eines Ethanolanteils und/oder eines Wasseranteils und/oder eines Anteils mindestens einer weiteren Komponente des Kraftstoffgemischs eingesetzt werden können. Dabei kann das Verfahren unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Vor-  
15 richtung durchgeführt werden und die Vorrichtung kann eingerichtet sein, um ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen. Dementsprechend kann für mögliche Ausgestaltungen des Verfahrens auf die Beschreibung der Vorrichtung verwiesen werden und umgekehrt.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren wird eine erste Mikrowellenstrahlung mit mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen in das Kraftstoffgemisch eingestrahlt. Unter einer Mikrowellenstrahlung ist dabei allgemein eine elektromagnetische Strahlung zu verstehen, welche in einem Frequenzbereich von ca. 300 MHz bis ca. 300 GHz liegt. Insbesondere werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung Frequenzbereiche im Bereich  
25 zwischen 0,3 GHz und 20 GHz, vorzugsweise zwischen 0,5 und 10 GHz und besonders bevorzugt im Bereich zwischen 0,5 und 6 GHz eingesetzt.

Unter dem Begriff einer Mikrowellenstrahlung mit mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen ist dabei eine Mikrowellenstrahlung zu verstehen, welche, nacheinander  
35 und//oder gleichzeitig, einen Frequenzbereich von mindestens 100 MHz abdeckt. Dabei kann dieser Frequenzbereich durch die mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen

kontinuierlich oder auch in regelmäßigen oder unregelmäßigen Schritten abgedeckt sein. Wie unten näher ausgeführt wird, ist es besonders bevorzugt, wenn die erste Mikrowellenstrahlung eine Ultrabreitband-Mikrowellenstrahlung umfasst. Unter einer Ultrabreitband-Mikrowellenstrahlung (englisch: Ultra Wide Band, UWB) wird dabei eine Mikrowellenstrahlung im Sinne der obigen Definition verstanden, welche einen extrem großen Frequenzbereich nutzt, mit einer Bandbreite von mindestens 500 MHz.

Das Verfahren umfasst weiterhin einen Schritt, bei welchem mindestens eine zweite Mikrowellenstrahlung aus dem Kraftstoffgemisch empfangen wird. Diese zweite Mikrowellenstrahlung kann beispielsweise, wie in DE 34 12 704 A1 beschrieben, mindestens einen durch das Kraftstoffgemisch transmittierten Anteil der ersten Mikrowellenstrahlung umfassen. Alternativ oder zusätzlich kann die zweite Mikrowellenstrahlung jedoch, was im Rahmen der vorliegenden Erfindung besonders bevorzugt ist, mindestens einen reflektierten Anteil der ersten Mikrowellenstrahlung umfassen. So können beispielsweise die Reflexionseigenschaften des Kraftstoffgemischs gemessen werden.

Weiterhin umfasst das erfindungsgemäße Verfahren einen Schritt, in welchem die zweite Mikrowellenstrahlung mit der ersten Mikrowellenstrahlung verglichen und aus diesem Vergleich mindestens eine Kenngröße in Abhängigkeit von der Frequenz der ersten Mikrowellenstrahlung bestimmt wird. So kann diese mindestens eine Kenngröße beispielsweise bei einer ersten der mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen, einer zweiten der mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen sowie gegebenenfalls bei weiteren der mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen bestimmt werden. Wie oben dargelegt, müssen diese mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen jedoch nicht notwendigerweise diskrete Mikrowellenfrequenzen sein, sondern es kann sich die erste Mikrowellenstrahlung über ein kontinuierliches, breites Frequenzband erstrecken. In diesem Fall kann die mindestens eine Kenngröße beispielsweise über dieses gesamte Frequenzband hinweg kontinuierlich oder in konstanten oder nicht-konstanten Abständen bestimmt werden. Die Gesamtheit der auf diese Weise ermittelten Kenngrößen in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz wird im Folgenden auch als Verlauf der Kenngröße bezeichnet, wobei dieser Begriff eine endliche oder unendliche Menge von Kenngrößen beinhalten kann, die jeweils den Mikrowellenfrequenzen der ersten Mikrowellenstrahlung zugeordnet sind.

Die zweite Mikrowellenstrahlung kann, wie oben dargestellt, eine Reaktion des Kraftstoffgemischs auf die Einstrahlung der ersten Mikrowellenstrahlung darstellen. Die

zweite Mikrowellenstrahlung stellt also vorzugsweise eine Antwortstrahlung dar, welche von dem Kraftstoffgemisch, in Antwort auf die Einstrahlung der ersten Mikrowellenstrahlung, beispielsweise transmittiert, reflektiert, remittiert oder emittiert wird. Auch eine Kombination mehrerer Arten von zweiten Mikrowellenstrahlungen ist denkbar.

5

Unter einem „Empfangen“ der zweiten Mikrowellenstrahlung kann dabei beispielsweise eine Aufnahme einer Intensität und/oder einer Amplitude und/oder einer Phase der zweiten Mikrowellenstrahlung verstanden werden. Entsprechende Größen können auch für die erste Mikrowellenstrahlung ermittelt werden. Wird die zweite Mikrowellenstrahlung mit der ersten Mikrowellenstrahlung verglichen, so kann der Vergleich, welcher in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung durchgeführt wird, mehrere Arten von Vergleichsverfahren umfassen. So kann beispielsweise eine Linearkombination aus den Amplituden und/oder Phasen der ersten Mikrowellenstrahlung und der entsprechenden Größen der zweiten Mikrowellenstrahlung gebildet werden. Beispielsweise kann eine Differenz zwischen einer Amplitude der ersten Mikrowellenstrahlung und einer Amplitude der zweiten Mikrowellenstrahlung und eine Differenz aus der Phase der ersten Mikrowellenstrahlung und der Phase der zweiten Mikrowellenstrahlung gebildet werden. Diese Differenzen können dann jeweils die Kenngröße bilden und/oder einen Teil dieser Kenngröße bilden.

10

15

20

Entsprechend der Art des Vergleichs kann die Kenngröße beispielsweise mindestens eine der folgenden Kenngrößen umfassen: eine Permittivität, insbesondere eine komplexe Permittivität; eine Permittivitätszahl, insbesondere eine komplexe Permittivitätszahl; eine Absorption, insbesondere eine komplexe Absorption; eine Transmission, insbesondere eine komplexe Transmission. Unter komplexen Größen ist dabei jeweils eine Größe zu verstehen, welche eine Amplitude und eine Phase beinhaltet. Die Permittivität, welche häufig auch mit dem Buchstaben  $\epsilon$  bezeichnet wird, beschreibt die Durchlässigkeit von Materialien für elektrische Felder. Sie ist eine Materialeigenschaft von Dielektrika oder zumindest nur schwach elektrisch leitfähigen Materialien, welche sich bei der Beaufschlagung dieser Materialien mit elektrischen Feldern äußert. Sie stellt die Proportionalitätskonstante zwischen der elektrischen Flussdichte  $D$  und dem elektrischen Feld dar:  $D = \epsilon \cdot E$ . Die Permittivitätszahl, häufig auch als  $\epsilon_r$  bezeichnet oder auch als relative Permittivität, ist das Verhältnis der Permittivität  $\epsilon$  zur elektrischen Feldkonstante  $\epsilon_0$  (Permittivität des Vakuums):

25

30

35

$\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$ . Die Permittivitätszahl  $\epsilon_r$  kennzeichnet somit die feldschwächenden Effekte der dielektrischen Polarisierung innerhalb elektrisch isolierender Materialien. Im Rahmen der

vorliegenden Erfindung gleichwertig mit der Permittivitätszahl  $\epsilon_r$  ist die so genannte elektrische Suszeptibilität  $\chi = \epsilon - 1$ . Zwischen der Suszeptibilität und der Permittivitätszahl wird im Sinne der vorliegenden Erfindung begrifflich nicht unterschieden.

5 Erfindungsgemäß wird bei dem vorgeschlagenen Verfahren aus dem Verlauf der Kenngröße über die Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs geschlossen. Wie oben dargestellt, kann dieser Verlauf beispielsweise die Kenntnis der mindestens einen Kenngröße über einen Frequenzbereich der ersten Mikrowellenstrahlung hinweg kontinuierlich oder in vorgegebenen Abständen umfassen. Dabei kann der Verlauf der Kenngröße in einem einzelnen Schritt bestimmt werden, beispielsweise indem die Kenngrößen über den Frequenzbereich hinweg gleichzeitig und/oder nacheinander bestimmt werden, oder es kann eine iterative oder schrittweise Bestimmung der Kenngrößen über den Frequenzbereich hinweg erfolgen.

15 Zur Auswertung des Verlaufs der Kenngröße und somit zur Bestimmung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs können verschiedene Verfahren herangezogen werden. Allgemein kann unter dem Begriff der Bestimmung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs beispielsweise die Bestimmung einer Konzentration einer einzelnen oder mehrerer Komponenten dieses Kraftstoffgemischs und/oder ein Mischungsverhältnis verstanden werden. Dementsprechend kann die Bestimmung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs vollständig, im Sinne einer vollständigen Analyse, oder lediglich teilweise erfolgen, beispielsweise indem lediglich die Konzentration und/oder das Mischungsverhältnis einer einzelnen Komponente und/oder mehrerer Komponenten bestimmt werden.

25 Zur Auswertung des gemessenen Verlaufs der Kenngröße und damit zur Bestimmung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs können grundsätzlich beliebige analytische, semiempirische oder empirische Verfahren herangezogen werden. Beispielsweise können Referenzverläufe der Kenngröße analytisch, empirisch oder semiempirisch bestimmt werden. So kann das Kraftstoffgemisch beispielsweise mindestens zwei, vorzugsweise drei, vier oder mehr Komponenten umfassen, wobei jeweils Referenzverläufe der Kenngröße über die Frequenz der ersten Mikrowellenstrahlung für diese Komponenten zumindest teilweise bekannt sind. Beispielsweise können diese Referenzverläufe dadurch ermittelt werden, dass die jeweiligen Komponenten als Reinstoffe oder als im Wesentlichen reine Stoffe mittels des oben beschriebenen Verfahrens unter-

sucht und dabei Kennlinienverläufe aufgenommen werden. Diese Kennlinienverläufe können dann als Referenzverläufe für die jeweilige Komponente beispielsweise in einem Speicher hinterlegt sein.

5 Bei der eigentlichen Messung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs kann dann aus dem gemessenen Verlauf der Kenngröße mittels der bekannten Referenzverläufe auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs geschlossen werden. Dieser Rückschluss auf die Zusammensetzung kann beispielsweise durch einen Einzelvergleich des gemessenen Verlaufs mit den Referenzverläufen erfolgen. Auch andere  
10 Verfahren sind denkbar. So kann beispielsweise eine Linearkombination der Referenzverläufe gebildet werden, um auf diese Weise die Linearkombination der Referenzverläufe an den gemessenen Verlauf anzupassen. Aus den bei dieser Anpassung an den gemessenen Verlauf bestimmten Koeffizienten der Linearkombination, welche beispielsweise nach bekannten Anpassungsverfahren bestimmt werden können, kann  
15 dann auf die Anteile der einzelnen Komponenten geschlossen werden. Auch andere Möglichkeiten sind denkbar, beispielsweise indem eine Vielzahl von Kombinationen und entsprechenden Referenzverläufen für verschiedene Kraftstoffgemischzusammensetzungen in einem Speicher hinterlegt werden und dementsprechend aus dem gemessenen Verlauf Referenzverläufe mit der größtmöglichen Übereinstimmung herausgesucht werden. Auch auf diese Weise lässt sich auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs schließen.  
20

Wie oben dargestellt, wird neben dem vorgeschlagenen Verfahren eine Vorrichtung zur Bestimmung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs vorgeschlagen. Diese  
25 kann insbesondere eingerichtet sein, um ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung beispielsweise entsprechend programmtechnisch eingerichtet sein, um die Verfahrensschritte zu steuern und/oder durchzuführen. Zu diesem Zweck kann die Vorrichtung beispielsweise ein oder mehrere Datenverarbeitungsgeräte, beispielsweise Mikrocomputer, umfassen. Die Vorrichtung umfasst mindestens ein Messvolumen zur Aufnahme einer  
30 Menge des Kraftstoffgemischs. Dieses Messvolumen kann beispielsweise einen Kraftstofftank und/oder eine Kraftstoffleitung umfassen. Auch eine Messkammer in der Kraftstoffleitung kann umfasst sein, beispielsweise in Form einer Erweiterung in der Kraftstoffleitung.  
35

Weiterhin umfasst die Vorrichtung mindestens einen Mikrowellensender, welcher eingerichtet ist, um eine erste Mikrowellenstrahlung mit mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen in das Kraftstoffgemisch in dem Messvolumen einzustrahlen. Weiterhin umfasst die Vorrichtung mindestens einen Mikrowellenempfänger, welcher eingerichtet ist, um eine zweite Mikrowellenstrahlung aus dem Kraftstoffgemisch in dem Messvolumen zu empfangen. Bezüglich der Ausgestaltungen der Mikrowellensender und/oder Mikrowellenempfänger kann beispielsweise auf bekannte Vorrichtungen dieser Art aus der Mikrowellentechnik verwiesen werden.

5

10

Der Mikrowellensender kann dabei auf verschiedene Weisen ausgestaltet sein. So kann der Mikrowellensender beispielsweise eine in das Messvolumen einbringbare Sonde umfassen. Unter einer Sonde ist dabei beispielsweise eine stabförmige Vorrichtung zu umfassen, welche derart in das Messvolumen einbringbar ist, dass diese dort permanent oder vorübergehend befestigt werden kann. Diese Sonde kann, neben dem Mikrowellensender, auch weitere Komponenten der Vorrichtung umfassen, beispielsweise auch den Mikrowellenempfänger.

15

20

Alternativ oder zusätzlich zur Ausgestaltung des Mikrowellensenders als Sonde kann der Mikrowellensender auch eingerichtet sein, um die erste Mikrowellenstrahlung durch einen für die erste Mikrowellenstrahlung und vorzugsweise auch für die zweite Mikrowellenstrahlung zumindest teilweise transparenten Wandbereich des Messvolumens einzustrahlen. Insbesondere kann es sich hierbei um ein Messfenster handeln. In diesem Wandbereich kann das Messvolumen beispielsweise einen Kunststoff oder ein ähnliches Material, welches für die Mikrowellenstrahlung transparent ist, umfassen.

25

30

35

Die Vorrichtung kann weiterhin eine Einkoppelvorrichtung zum Einkoppeln der ersten Mikrowellenstrahlung umfassen sowie eine Auskoppelvorrichtung zum Auskoppeln der zweiten Mikrowellenstrahlung. Dabei können die Einkoppelvorrichtung und die Auskoppelvorrichtung auch zumindest teilweise bauteilidentisch sein und mindestens einen Richtkoppler zum Trennen der zweiten Mikrowellenstrahlung von der ersten Mikrowellenstrahlung aufweisen. Derartige Richtkoppler sind Bauteile aus der Hochfrequenztechnik, welche einen Teil der in einer Leitung laufenden elektromagnetischen Wellen richtungsabhängig abzweigen. In diesem Fall kann der Richtkoppler zur Trennung der ersten und zweiten Mikrowellenstrahlung eingesetzt werden. Diese Ausgestaltung der Vorrichtung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn Reflexionsmessungen durchgeführt werden.

Weiterhin umfasst die Vorrichtung mindestens eine Auswertevorrichtung, welche eingerichtet ist, um die zweite Mikrowellenstrahlung mit der ersten Mikrowellenstrahlung zu vergleichen und mindestens eine Kenngröße in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung zu bestimmen, sowie um aus dem Verlauf der Kenngröße über die Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs zu schließen. Wie oben dargestellt, kann diese Auswertevorrichtung beispielsweise ein oder mehrere Datenverarbeitungsgeräte umfassen. Dabei kann es sich um dezentral angeordnete Datenverarbeitungsgeräte handeln, welche beispielsweise als Teil eines Sensors der Vorrichtung ausgestaltet sein können. Alternativ oder zusätzlich können die Auswertevorrichtung, insbesondere ein oder mehrere Datenverarbeitungsgeräte der Auswertevorrichtung, auch ganz oder teilweise mit anderen Vorrichtungen kombiniert werden. So können beispielsweise Motorsteuerungsgeräte genutzt werden, so dass beispielsweise zumindest ein Teil der Auswertevorrichtung in einer Motorsteuerung integriert sein kann. Auf diese Weise können ohnehin vorhandene Ressourcen genutzt werden.

Bei dem vorgeschlagenen Verfahren und der vorgeschlagenen Vorrichtung muss die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs nicht notwendigerweise in absoluten Einheiten bestimmt werden. So kann ein Schluss auf diese Zusammensetzung beispielsweise auch lediglich die Ermittlung einer oder mehrerer Ergebnisgrößen umfassen, aus welchen sich direkt oder indirekt auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs schließen lässt. Beispielsweise können diese Ergebnisgrößen einfache Signale sein, beispielsweise Signale, welche proportional zur Konzentration einer oder mehrerer Komponenten des Kraftstoffgemischs sind. Beispielsweise kann ein Signal ausgegeben werden und/oder umfasst sein, welches proportional zum Ethanolgehalt in dem Kraftstoffgemisch ist. Diese Signale können von der Auswertevorrichtung bereitgestellt werden. Insbesondere können diese Signale auch an eine Motorsteuerung übermittelt werden, so dass die Motorsteuerung auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs besonders angepasst werden kann. In diesem Fall ist es besonders bevorzugt, wenn die Auswertevorrichtung mit der Motorsteuerung über mindestens eine drahtlose und/oder drahtgebundene Stelle in Verbindung steht und/oder ganz oder teilweise in der Motorsteuerung integriert ist. Auf diese Weise können die Ergebnisse der Bestimmung der Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs effizient und schnell benutzt werden. Diese Information über die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs kann dann beispielsweise von der Motorsteuerung, wie oben dargestellt, genutzt werden, um eine

Anpassung an die tatsächliche Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs vorzunehmen und/oder um eine Optimierung der Motorsteuerungsparameter entsprechend der erfassten Kraftstoffgemischzusammensetzung durchzuführen.

5 Die oben beschriebene Vorrichtung und das oben beschriebene Verfahren in einer oder mehreren der beschriebenen Ausführungsformen weisen gegenüber bekannten Vorrichtungen und Verfahren zahlreiche Vorteile auf. Im Gegensatz zu den bekannten Verfahren, welche schmalbandig arbeiten und lediglich punktuell Messungen durchführen, lassen sich mittels des vorgeschlagenen Verfahrens und der vorgeschlagenen  
10 Vorrichtung auch aus mehreren Komponenten zusammengesetzte Kraftstoffgemische zuverlässig und sicher untersuchen. So kann die vorliegende Erfindung beispielsweise einen charakteristischen Verlauf der Permittivität über einen großen Frequenzbereich zur Ermittlung der Gemischeigenschaften des Kraftstoffgemischs einsetzen. Dieser Permittivitätsverlauf hat in der Regel eine wesentlich höhere Aussagekraft gegenüber  
15 den bei bisherigen Verfahren genutzten einzelnen Messpunkten. Erfindungsgemäß kann beispielsweise der komplexe Reflexionsfaktor des Kraftstoffgemischs erfasst werden. Zu diesem Zweck kann beispielsweise ein Messaufbau mit einer IQ-Auswertung verwendet werden. Unter einer derartigen IQ-Auswertung wird eine Anordnung verstanden, bei welcher zusätzlich zu dem eigentlichen Signal ein um  $90^\circ$   
20 phasenverschobenes Signal eingesetzt wird, um dann die Antwortsignale auf diese beiden phasenverschobenen Eingangssignale zu addieren und auf diese Weise die komplexe Amplitude eines Mischsignals zu erhalten. So kann beispielsweise die erste Mikrowellenstrahlung eine erste Teilstrahlung enthalten sowie eine zweite Teilstrahlung, welche gegenüber der ersten Teilstrahlung phasenverschoben ist, beispielsweise  
25 um  $90^\circ$ . Anschließend kann eine phasensensitive Detektion der zweiten Mikrowellenstrahlung erfolgen. Auch andere Messverfahren zur Ermittlung eines Verlaufs der komplexen Permittivität und/oder anderer Kenngrößen sind denkbar.

Durch die Möglichkeit einer sehr breitbandigen Messung der Absorptionseigenschaften  
30 des Kraftstoffs im Hochfrequenzbereichs kann die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs und damit die Kraftstoffgüte auf einfache und schnelle Weise ermittelt werden. Dabei wird auch die Bestimmung beispielsweise wasserhaltiger Kraftstoffgemische genauer ausgestaltet oder sogar erst ermöglicht. Insbesondere macht sich hier die optionale Verwendung von UWB-Mikrowellensystemen mit extrem hoher Bandbreite  
35 positiv bemerkbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung beruhen vorzugsweise auf der Erfassung dielektrischer Eigenschaften des Kraftstoffgemischs über einen Frequenzbereich hinweg, insbesondere auf einer Messung der komplexen Permittivität von Kraftstoffen bzw. Kraftstoffgemischen. Die Vorrichtung, welche beispielsweise als Hochfrequenz-Sensorschaltung ausgestaltet sein kann, kann durch eine Sonde an das Messvolumen angekoppelt sein. Aus der Differenz (Amplitude und Phase) zwischen ausgesendetem und empfangenem Signal kann auf die Permittivität des sich im Messvolumen befindlichen Kraftstoffgemischs geschlossen werden. Durch den Einsatz eines Ultrabreitband-Sensors kann dabei die Permittivität nicht nur bei einzelnen Frequenzlinien ermittelt werden, sondern deren Verlauf über den gesamten gemessenen Frequenzbereich hinweg, beispielsweise einen Bereich zwischen 0,5 und 6 GHz.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel der Messung eines Verlaufs dielektrischer Kenngrößen über einen Frequenzbereich.

In Figur 1 ist schematisiert und als Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 110 zur Bestimmung einer Zusammensetzung eines Kraftstoffgemischs dargestellt, anhand derer auch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert werden soll. Die Vorrichtung 110 kann beispielsweise in einem Kraftfahrzeug als Ethanol-Sensor und/oder als Kraftstoffgütesensor eingesetzt werden. Die Vorrichtung 110 kann beispielsweise als Komponente 112 eingesetzt werden, was in Figur 1 durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist. Alternativ kann auch eine andere Aufteilung der einzelnen Bauelemente der Vorrichtung 110 erfolgen, so dass diese Bauelemente einzeln oder in Gruppen auch ganz oder teilweise in andere Komponenten eines Kraftfahrzeugs integriert sein können. Es kann auch die

Integration in einen anderen Sensor oder in eine andere Komponente, z.B. in eine Pumpe erfolgen. Auch andere Ausgestaltungen sind möglich.

5 Die Vorrichtung 110 umfasst ein Messvolumen 114, welches eine Menge des Kraftstoffgemischs aufnehmen kann. Beispielsweise kann das Messvolumen 114, wie in Figur 1 durch die Bezugswerte 116 angedeutet, von Kraftstoff durchströmt werden. Das Messvolumen 114 kann dementsprechend beispielsweise als Tank und/oder als Teil einer Kraftstoffleitung ausgestaltet sein. Verschiedene Ausgestaltungen sind möglich.

10 Weiterhin umfasst die Vorrichtung 110 gemäß Figur 1 eine Hochfrequenz-Sensorschaltung 118, welche einen Mikrowellensender 120 und einen Mikrowellenempfänger 122 umfasst. Sowohl der Mikrowellensender 120 als auch der Mikrowellenempfänger 122 sind in diesem Ausführungsbeispiel breitbandig ausgestaltet und über eine Richtkopplerstruktur 124 mit einem Koppellement 126 verbunden. Das Koppellement 126 vereint in diesem Ausführungsbeispiel die Eigenschaften einer Einkoppelvorrichtung 128 zum Einkoppeln von Mikrowellenstrahlung in den Kraftstoff und einer Auskoppelvorrichtung 130 zum Auskoppeln der Mikrowellenstrahlung aus dem Kraftstoff. Das Koppellement 126 ist in diesem Ausführungsbeispiel als in das Messvolumen 114 einbringbare Sonde 132 dargestellt. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich, beispielsweise ein Messvolumen 114, welches im Bereich des Koppellements 126 einen für Mikrowellenstrahlung zumindest teilweise durchlässigen Wandbereich aufweist.

25 Weiterhin weist die Vorrichtung 110 eine Signalauswertung auf, welche als Auswertevorrichtung 134 dient und welche beispielsweise dem Mikrowellenempfänger 122 und/oder anderen Komponenten der Hochfrequenz-Sensorschaltung 118 verbunden ist. Neben der Signalauswertung kann diese Auswertevorrichtung 134 auch andere Aufgaben der Vorrichtung 110 übernehmen, beispielsweise eine Steuerung der Hochfrequenz-Sensorschaltung 118. Die Auswertevorrichtung 134 kann beispielsweise ein oder mehrere Datenverarbeitungsgeräte umfassen, beispielsweise einen Mikrocomputer. Es kann eine programmtechnische Einrichtung der Auswertevorrichtung 134 vorgesehen sein, welche die Auswertevorrichtung 134 für die Steuer- und/oder Auswerteaufgaben einrichtet. Wie oben dargestellt, kann die Auswertevorrichtung 134 auch ganz oder teilweise mit anderen Komponenten einer Brennkraftmaschine und/oder eines Kraftfahrzeugs zusammengefasst sein, beispielsweise einer Motorsteuerung. In dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Auswertevorrichtung 134

einen Datenausgang 136, über welchen Signale an andere Komponenten, beispielsweise ein Motorsteuerungsgerät, übermittelt werden können. Bei einer Zusammenfassung mit dem Motorsteuerungsgerät kann dieser Datenausgang 136 optional auch entfallen. Weiterhin kann der Datenausgang 136 auch, im Gegensatz zu der in Figur 1  
5 angedeuteten unidirektionalen Ausgestaltung, bidirektional ausgestaltet sein, so dass die Vorrichtung 110 beispielsweise auch über diesen Datenausgang 136 Steuerbefehle empfangen kann. Alternativ oder zusätzlich kann, zusätzlich zu dem Datenausgang 136, auch mindestens ein zusätzlicher Eingang und/oder mindestens eine zusätzliche Schnittstelle vorgesehen sein, über welche ein Austausch von Daten und/oder Steuerbefehlen zwischen der Vorrichtung 110 und anderen Komponenten, beispielsweise  
10 dem Motorsteuergerät, erfolgen kann.

Der Mikrowellensender 120 kann beispielsweise als Ultrabreitband-Sender (UWB) ausgestaltet sein und ein breitbandiges Hochfrequenzsignal, beispielsweise im Frequenzbereich zwischen 1 und 10 GHz, erzeugen. Dieses Mikrowellensignal, welches  
15 als erste Mikrowellenstrahlung fungiert, wird mit Hilfe der Einkoppelvorrichtung 128 in das mit dem Kraftstoffgemisch gefüllte Messvolumen 114 eingespeist. Dort kann ein Teil der Energie des Hochfrequenzsignals der ersten Mikrowellenstrahlung durch den Kraftstoff absorbiert werden, wohingegen der restliche Anteil des Signals als zweite  
20 Mikrowellenstrahlung über die Auskoppelvorrichtung 130 wieder aus dem Behältnis des Messvolumens 114 herausgelangt. Über die Richtkopplerstruktur 124 wird dieser reflektierte Anteil des Hochfrequenzsignals in den Mikrowellenempfänger 122 geführt, welcher beispielsweise ebenfalls als Ultrabreitband-Empfänger (UWB-Empfänger) ausgestaltet sein kann. Die von dem Mikrowellenempfänger 122 erzeugten Signale,  
25 entsprechend der empfangenen zweiten Mikrowellenstrahlung, in diesem Fall der reflektierten Mikrowellenstrahlung, können, beispielsweise über eine Datenleitung 138, an die Auswertevorrichtung 134 übermittelt und dort ganz oder teilweise ausgewertet werden. Durch Vergleich von eingespeister und reflektierter Mikrowellenstrahlung kann dann mindestens eine Kenngröße in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz ermit-  
30 telt werden. In dem vorliegenden Fall kann dies beispielsweise die Absorptionsrate als Funktion der Mikrowellenfrequenz sein.

In Figur 2 ist beispielhaft ein Verlauf der Absorptionsrate (in dieser Darstellung als dimensionslose Größe  $a$  bezeichnet) als Funktion der Mikrowellenfrequenz  $f$  dargestellt.  
35 Die Mikrowellenfrequenz ist in Figur 2 ebenfalls ohne Einheiten gezeigt und kann beispielsweise in Hz, MHz oder GHz angegeben sein. In diesem Fall ist der Verlauf der

Absorptionsrate zwischen einer unteren Frequenz  $f_u$  und einer oberen Frequenz  $f_o$  aufgetragen. Als Beispiel kann  $f_u = 1$  GHz und  $f_o = 10$  GHz angenommen werden. Auch andere Frequenzbereiche sind jedoch grundsätzlich möglich.

5           Dabei zeigt Figur 2 exemplarisch den Verlauf der Absorptionskurven über der Frequenz für verschiedene Stoffe 140, 142 und 144. Die Kurven sind jeweils entsprechend bezeichnet. Mit der Bezugsziffer 146 ist die Summenkurve aus den Kurven 140, 142 und 144 bezeichnet. Es lässt sich erkennen, dass das Verhältnis der Absorptionskurven 140, 142 und 144 und/oder die jeweilige Summe stark von der Frequenz abhängt.  
10           So bilden sich verschiedene Bereiche, welche in Figur 2 mit der Bezugsziffer 148 bezeichnet sind, in welchen unterschiedliche Stoffe gleiche Absorption aufweisen. In diesen Bereichen 148 ändert sich das Gesamtsignal der Absorption auch bei einer Änderung der Zusammensetzung nur vergleichsweise wenig.

15           Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, das Absorptionssignal über den gesamten Wellenlängenbereich zwischen  $f_u$  und  $f_o$  auszuwerten, um eine präzisere Information über die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs 116 zu erhalten. Für ein Kraftstoffgemisch mit  $n$  unterschiedlichen Anteilen ergibt sich für das in Figur 2 gezeigte Beispiel mit einem Gemisch von  $n = 3$  unterschiedlichen Anteilen die folgende Auswertung. So weist jede Komponente jeweils eine Absorptionsrate  $a_i(f)$  auf, mit  $i = 1, \dots, 3$ .  
20           Der Verlauf dieser Kurven  $a_i(f)$  ist in Figur 2 mit den oben genannten Bezugsziffern 140, 142 und 144 bezeichnet. Für die daraus resultierende Summen-Absorptionsrate  $a(f)$ , welche in Figur 2 mit der Bezugsziffer 146 bezeichnet ist, ergibt sich damit folgender Zusammenhang:

25

$$a(f) = a_1(f) + a_2(f) + a_3(f).$$

Dabei muss die Verknüpfung der einzelnen Absorptionsraten  $a_i$  von  $f$  nicht zwingend linear sein. Auch andere Kombinationen dieser Absorptionsraten können gewählt werden, wobei jedoch Linearkombinationen aufgrund der einfacheren Auswertung bevorzugt sind. Grundsätzlich ist es jedoch ausreichend, wenn sich die Absorptionseigenschaften des Gemisches als Funktion  $F$  bzw. Funktional  $F$  der Absorptionsraten der Einzelkomponenten beschreiben lassen:

35

$$a(f) = F[a_1(f), a_2(f), a_3(f)].$$

Der Verlauf der einzelnen Absorptionsraten  $a_1(f)$ , ...,  $a_n(f)$  kann beispielsweise durch ein Modell und/oder eine Referenzmessung bestimmt werden. Diese einzelnen Absorptionsraten können dann als Referenzverläufe dienen und beispielsweise ganz oder teilweise in einem Datenspeicher hinterlegt werden, beispielsweise einem Datenspeicher der Auswertevorrichtung 134. Durch Vergleich eines Verlaufs einer tatsächlich gemessenen Absorption über der Frequenz in einem Kraftstoffgemisch 116 mit diesen hinterlegten Referenzverläufen kann dann der Anteil eines oder mehrerer Stoffe im Kraftstoffgemisch 116 ermittelt werden. Dies kann beispielsweise mit Hilfe eines Gleichungssystems erfolgen, bei welchem Koeffizienten einer Linearkombination der Referenzverläufe angepasst werden. Für das oben angegebene Dreistoffgemisch kann sich beispielsweise folgende Kurve ergeben:

$$a(f) = k_1 \cdot a_{1,\text{ref}}(f) + k_2 \cdot a_{2,\text{ref}}(f) + k_3 \cdot a_{3,\text{ref}}(f).$$

Dabei bezeichnet  $a(f)$  den tatsächlich in einem realen Kraftstoffgemisch 116 gemessenen Verlauf der Absorption über der Frequenz,  $a_{1,\text{ref}}(f)$ ,  $a_{2,\text{ref}}(f)$ ,  $a_{3,\text{ref}}(f)$  die Referenzverläufe der Absorptionsraten der einzelnen möglichen Komponenten und  $k_1$ ,  $k_2$  und  $k_3$  Koeffizienten, welche den Anteil der jeweiligen Stoffkomponente im Kraftstoffgemisch 116 beschreiben. Durch Anpassung dieser Koeffizienten, beispielsweise durch übliche Anpassungsverfahren (beispielsweise Minimierung der Fehlerquadrate) können diese Koeffizienten bestimmt werden. Diese Koeffizienten können dann beispielsweise als linear zum Anteil des jeweiligen Stoffes im Kraftstoffgemisch 116 betrachtet werden, so dass sich aus diesen Koeffizienten die Anteile ermitteln lassen.

Es sei darauf hingewiesen, dass das oben beschriebene Auswerteverfahren zur Auswertung des Verlaufs der Kenngröße über der Frequenz der Mikrowellenstrahlung lediglich eine von vielen Möglichkeiten skizziert. Alternativ oder zusätzlich lassen sich andere Kenngrößen verwenden, beispielsweise die Transmission der Mikrowellenstrahlung, oder es lassen sich andere Arten von Auswerteverfahren einsetzen, beispielsweise eine unmittelbare Analyse des Verlaufs der Kenngröße über Mustervergleiche mit hinterlegten Verläufen. Verschiedene Ausführungsformen sind denkbar.

## 5 Ansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Zusammensetzung eines Kraftstoffgemischs (116), insbesondere zur Bestimmung eines Ethanolanteils und/oder eines Wasseranteils in dem Kraftstoffgemisch (116), wobei eine erste Mikrowellenstrahlung mit mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen in das Kraftstoffgemisch (116) eingestrahlt wird, wobei mindestens eine zweite Mikrowellenstrahlung aus dem Kraftstoffgemisch (116) empfangen wird, wobei die zweite Mikrowellenstrahlung mit der ersten Mikrowellenstrahlung verglichen und mindestens eine Kenngröße in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung bestimmt wird, wobei aus dem Verlauf der Kenngröße über die Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs (116) geschlossen wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die zweite Mikrowellenstrahlung einen reflektierten und/oder transmittierten Anteil der ersten Mikrowellenstrahlung umfasst.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kenngröße mindestens eine der folgenden Kenngrößen umfasst: eine Permittivität, insbesondere eine komplexe Permittivität; eine Permittivitätszahl, insbesondere eine komplexe Permittivitätszahl; eine Absorption, insbesondere eine komplexe Absorption; eine Transmission, insbesondere eine komplexe Transmission.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei aus einer Differenz zwischen einer Amplitude und/oder Phase der ersten Mikrowellenstrahlung und einer Amplitude und/oder Phase der zweiten Mikrowellenstrahlung auf die Kenngröße geschlossen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kenngröße über einen Frequenzbereich der ersten Mikrowellenstrahlung hinweg kontinuierlich oder in vorgegebenen Abständen bestimmt wird.

- 5 6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Frequenzbereich im Bereich zwischen 0,3 GHz und 20 GHz, insbesondere im Bereich zwischen 0,5 und 10 GHz und besonders bevorzugt im Bereich zwischen 0,5 GHz und 6 GHz liegt.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Mikrowellenstrahlung und/oder die zweite Mikrowellenstrahlung eine Ultrabreitband-Mikrowellenstrahlung umfasst.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kraftstoffgemisch (116) mindestens zwei Komponenten umfasst, wobei jeweils Referenzverläufe der Kenngröße über die Frequenz der ersten Mikrowellenstrahlung für die Komponenten zumindest teilweise bekannt sind und aus dem gemessenen Verlauf der Kenngröße mittels der bekannten Referenzverläufe auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs (116) geschlossen wird.
- 20 9. Vorrichtung zur Bestimmung einer Zusammensetzung eines Kraftstoffgemischs (116), insbesondere unter Verwendung eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend mindestens ein Messvolumen (114) zur Aufnahme einer Menge des Kraftstoffgemischs (116), insbesondere einen Kraftstofftank und/oder eine Kraftstoffleitung, weiterhin umfassend mindestens einen Mikrowellensender (120), wobei der Mikrowellensender (120) eingerichtet ist, um eine erste Mikrowellenstrahlung mit mindestens zwei Mikrowellenfrequenzen in das Kraftstoffgemisch (116) einzustrahlen, weiterhin umfassend mindestens einen Mikrowellenempfänger (122), wobei der Mikrowellenempfänger (122) eingerichtet ist, um eine zweite Mikrowellenstrahlung aus dem Kraftstoffgemisch (116) zu empfangen, weiterhin umfassend mindestens eine Auswertevorrichtung (134), wobei die Auswertevorrichtung (134) eingerichtet ist, um die zweite Mikrowellenstrahlung mit der ersten Mikrowellenstrahlung zu vergleichen und mindestens eine Kenngröße in Abhängigkeit von der Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung zu bestimmen sowie um aus dem Verlauf der Kenngröße über die Mikrowellenfrequenz der ersten Mikrowellenstrahlung auf die Zusammensetzung des Kraftstoffgemischs (116) zu schließen.
- 35

10. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Mikrowellensender (120) eine in das Messvolumen (114) einbringbare Sonde (132) umfasst.
- 5 11. Vorrichtung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mikrowellensender (120) eingerichtet ist, um die erste Mikrowellenstrahlung durch einen für die erste Mikrowellenstrahlung und vorzugsweise für die zweite Mikrowellenstrahlung zumindest teilweise durchlässigen Wandbereich des Messvolumens (114), insbesondere einen einen Kunststoff umfassenden Wandbereich des Messvolumens (114), einzustrahlen.
- 10 12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, umfassend eine Einkoppelvorrichtung (128) zum Einkoppeln der ersten Mikrowellenstrahlung in das Messvolumen (114), weiterhin umfassend eine Auskoppelvorrichtung (130) zum Auskoppeln der zweiten Mikrowellenstrahlung, wobei die Einkoppelvorrichtung (128) und die Auskoppelvorrichtung (130) zumindest teilweise bauteilidentisch sind und mindestens einen Richtkoppler (124) zum Trennen der zweiten Mikrowellenstrahlung von der ersten Mikrowellenstrahlung aufweisen.
- 15

FIG. 1

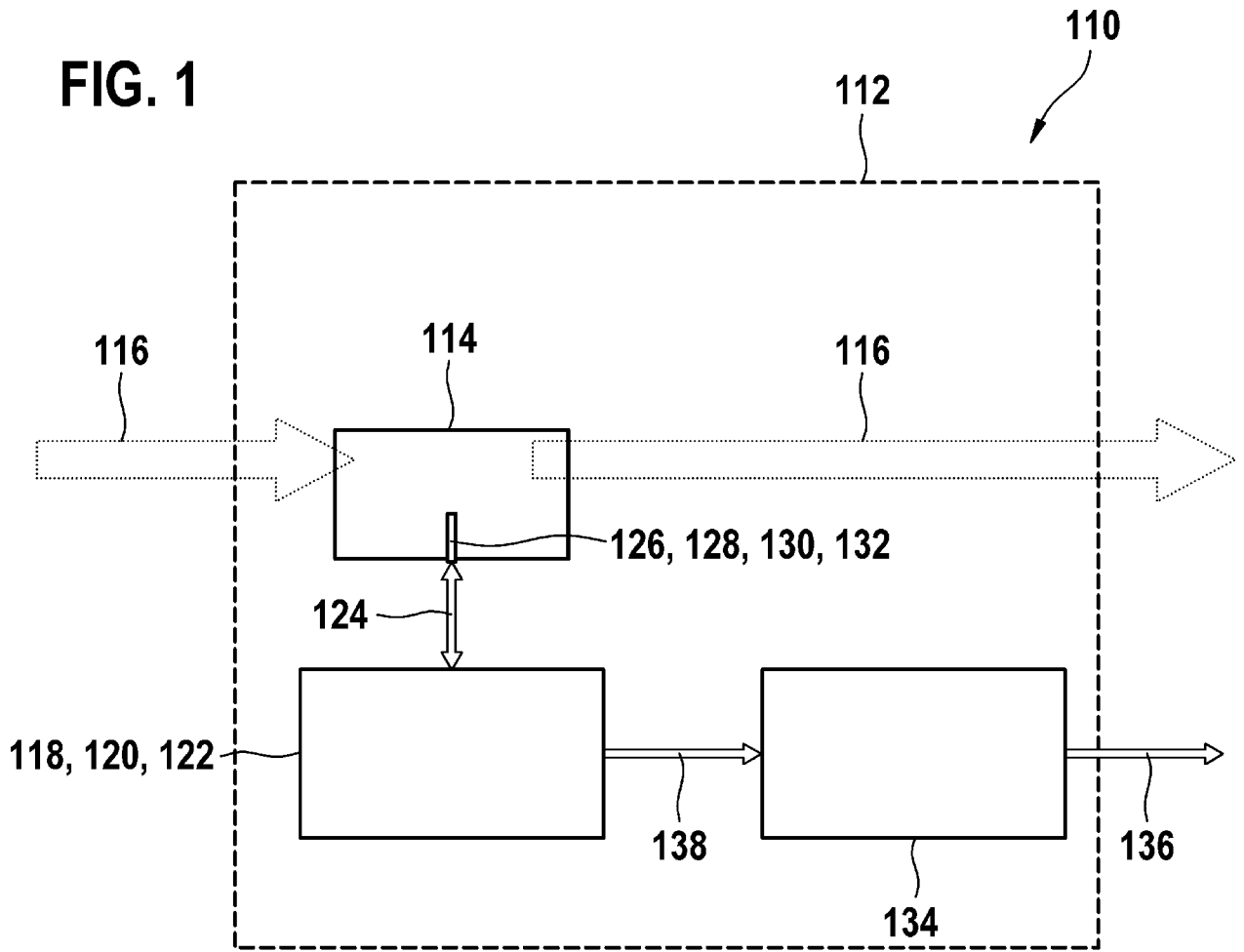


FIG. 2

