



(11)

EP 3 495 456 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
12.06.2019 Patentblatt 2019/24

(51) Int Cl.:  
**C10L 1/185** (2006.01)      **C10L 1/198** (2006.01)  
**C10L 10/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 18210166.7

(22) Anmeldetag: 04.12.2018

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(30) Priorität: 06.12.2017 DE 102017129047

(71) Anmelder:  

- **MAN Truck & Bus AG**  
80995 München (DE)
- **Technische Universität München**  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:  

- **HÄRTL, Martin**  
81547 München (DE)
- **JACOB, Eberhard**  
82152 Krailling (DE)
- **PASTÖTTER, Christian**  
90429 Nürnberg (DE)
- **ROTHE, Dieter**  
90403 Nürnberg (DE)
- **SEIDENSPINNER, Phillip**  
80469 München (DE)

(74) Vertreter: **Meissner Bolte Partnerschaft mbB**  
Widenmayerstrasse 47  
80538 München (DE)

(54) **KRAFTSTOFF FÜR SELBSTZÜNDUNGSMOTOREN AUF BASIS VON  
POLYOXYALKYLENDIALKYLETHERN**

(57) Die Erfindung betrifft einen Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass der Kraftstoff mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylether der Formel

$R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  enthält, wobei  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  ein geradkettiger oder verzweigter Alkyl-Rest oder ein Wasserstoff-Rest ist und  $n$  1 bis 5 ist.

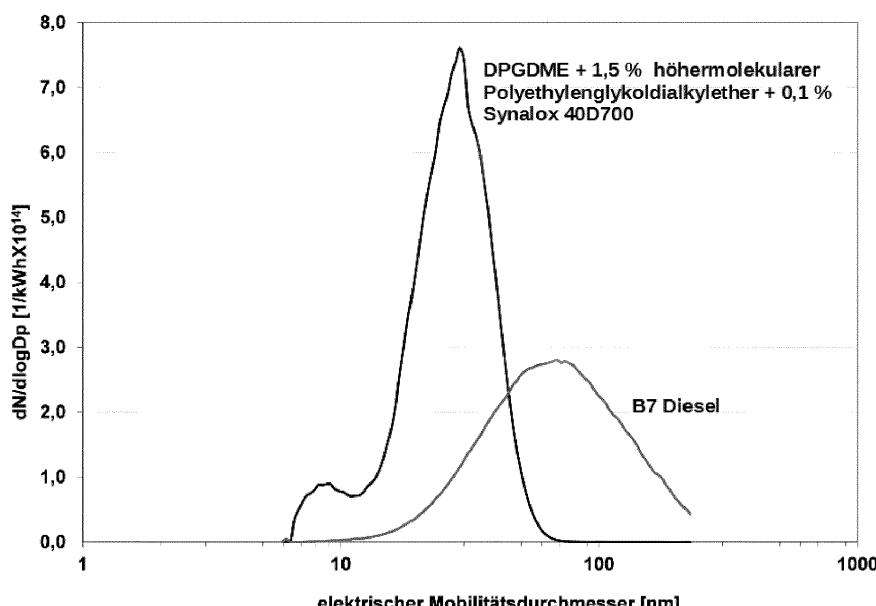


Fig. 1

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren, d. h. einen Dieselkraftstoff.

5 [0002] Aus der Motortechnischen Zeitschrift MTZ, 72. Jahrgang, Seiten 198-202 (2011) ist bekannt, dass Ruß- und Partikelemissionen durch Zumischung von Polyoxaalkanen und anderen Oxygenaten zum Dieselkraftstoff vermindert werden können. Allerdings ist es nicht möglich, diese unter den Grenzwert für die Partikelanzahl nach der Euro-VI-Norm (01.01.2013) abzusenken. Um diese gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen, ist ein Partikelfilter, der nachgeschaltet wird, erforderlich.

10 [0003] Ogawa et al. beschreibt in SAE Technical Paper Series, 2000-01-1819, Seiten 1 bis 11, dass an einem Einzylindermotor ein Sauerstoffgehalt von größer 38 Gew.-% des Kraftstoffs erforderlich ist, um eine "rauchfreie" Verbrennung zu erzeugen. Die Rußpartikelemission wurde gemäß diesem Dokument mit einem "Bosch smoke meter" (dabei handelt es sich um eine diskontinuierliche stationäre Messung der Rußkonzentration mit einer Nachweisgrenze von 0,5 mg Ruß/kWh) gemessen. Eine rauchfreie Verbrennung wurde mit Dimethoxymethan als Kraftstoff auf Kosten einer unvollständigen Verbrennung desselben demonstriert. Die THC (total hydrocarbon)- und CO-Emissionen stiegen bei 30 % 15 Abgasrückführung (AGR) bemerkenswert an, so dass wiederum ein Katalysator eingesetzt werden musste. Aus dem SAE Technical Paper Series, 2013-01-1035 ist die Verwendung eines Gemisches von Polyoxyethylendimethylethern der Formel  $\text{CH}_3\text{O}(-\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_3$  mit  $n = 3, 4$  und  $5$  als Kraftstoff in einem PKW unter Erfüllung der Euro-2-Norm bekannt. Die gravimetrisch ermittelten Partikelemissionen konnten auf das Euro-4-Niveau gesenkt werden. Die Verwendung des 20 Gemisches von Polyoxyethylendimethylethern der Formel  $\text{CH}_3\text{O}(-\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_3$  mit  $n = 3, 4$  und  $5$  konnte die Anzahl der emittierten Nanopartikel im Vergleich zu Dieselkraftstoff nicht beeinflussen. Das Emissionsniveau der emittierten Nanopartikel lag im Bereich von  $6$  bis  $7 \times 10^6 \text{ #}/\text{cm}^3$ .

25 [0004] In SAE Technical Paper Series, 2012-01-1053 wird die Verwendung eines Gemisches von Polyoxyethylendimethylethern der Formel  $\text{CH}_3\text{O}(-\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_3$  mit  $n = 3, 4$  und  $5$  an einem EURO-4-Motor beschrieben, wobei die Emissionsstufe Euro 5/1 (ohne einen Partikel-Grenzwert) ohne die Verwendung von Partikelfiltern erreicht wurde.

30 [0005] In der DE 10 2014 101 947 werden Polyoxyethylendialkylether zur Verwendung als Dieselkraftstoff beschrieben.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, obige Nachteile zu überwinden. Insbesondere liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Dieselkraftstoff auf Basis von Polyoxyalkylendialkylethern bereitzustellen, der die existierenden gesetzlichen Auflagen zur Absenkung der  $\text{CO}_2$ -Emission und der Emission von Schadstoffen, insbesondere von Particulate Matter (PM) und von Nanopartikeln (PN), erfüllt.

35 [0007] Durch die Einführung von Grenzwerten für die Partikelanzahl (PN) im Abgas von Motoren ab den Emissionsstufen Euro-5/2 für PKW und Euro VI (01.01.2013) für Nutzfahrzeuge ist die Verwendung eines Partikelfilters zwingend erforderlich, um die vorgegebenen PN-Grenzwerte zu unterschreiten. Die Einführung von Real Drive Emissionen (RDE) wird die Erfüllung der Emissionsauflagen nochmals erschweren.

40 [0008] Hier will die vorliegende Erfindung Abhilfe schaffen. Ziel der Erfindung ist es daher auch, eine weitgehend nanopartikelfreie Verbrennung des Kraftstoffes im Dieselmotor zu erzielen, um so die Basis für niedrige bis niedrigste Abgasemissionen zu schaffen. Unter nanopartikelfreier Verbrennung wird vorliegend verstanden, dass die Partikelanzahl im Motorenabgas maximal eine Größenordnung über der Partikelanzahl in der Umgebungsluft liegt und ein Wall-Flow-Partikelfilter entfallen kann. Ferner ist es Ziel der Erfindung eine hohe Abgasrückführungs (AGR)-Verträglichkeit zur innermotorischen  $\text{NO}_x$ -Absenkung zu erzielen. Schließlich ist es Aufgabe der Erfindung, den Ruß/ $\text{NO}_x$ - und PN/ $\text{NO}_x$ -Trade off zu vermeiden. Die Abgasnachbehandlung kann sich auf einen Oxidationskatalysator beschränken, um die derzeit geltenden gesetzlichen Grenzwerte für Kohlenwasserstoffe HC und CO zu unterschreiten und nichtlimitierte Emissionen, z. B. von  $\text{CH}_2\text{O}$ , zu vermeiden. Optional sollte auch die Verwendung eines SCR-Katalysators möglich sein.

45 [0009] Ferner ist es Ziel der vorliegenden Erfindung den Aufwand hinsichtlich Herstellungskosten, Platzbedarf und Wartungskosten für die Abgasnachbehandlung, insbesondere die Verminderung des Abgasgegendrucks durch den Entfall von Wall-Flow-Partikelfiltern (DPF), zu vermindern.

50 [0010] Ferner soll eine Verminderung der Emissionen durch die Vermeidung von aktiver Regeneration des Filters erzielt werden. Dieselpartikelfilter können bei ihrer Regeneration Schadstoffe, wie z. B. Schwefelsäure, polyaromatische Kohlenwasserstoffe und stickstoffhaltige polyaromatische Kohlenwasserstoffe, emittieren und erhöhen die  $\text{CO}_2$ -Emissionen (Abgasgegendruck, Zusatzkraftstoff für die Regeneration).

[0011] Schließlich liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, die  $\text{CO}_2$ -Emission zu vermindern.

55 [0012] Erfindungsgemäß werden zumindest einige der obigen Aufgaben mit einem Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren, d. h. einem Dieselkraftstoff, nach Anspruch 1 gelöst, der dadurch gekennzeichnet ist, dass der Kraftstoff mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylether der Formel  $\text{R}^1\text{O}(-\text{CHR}^2-\text{CH}_2\text{O})_n\text{R}^3$  enthält, wobei  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ ,  $\text{R}^3$  ein geradkettiger oder verzweigter Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $\text{C}_1$ - bis  $\text{C}_4$ -Alkyl-Rest, oder ein Wasserstoff-Rest ist und  $n$  1 bis 5 ist.

[0013] Der Begriff "enthalten" bzw. "enthaltend" umfasst auch den Begriff "bestehen aus" bzw. "bestehend aus". Der

Begriff "umfassen" bzw. "umfassend" umfasst ebenfalls den Begriff "bestehen aus" bzw. "bestehend aus".

**[0014]** Bevorzugt ist der mindestens eine niedermolekulare Polyoxyalkylendialkylether ein Polyoxyethylendialkylether und/oder Polyoxypropylendialkylether.

5 **[0015]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist  $R^2$  in der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O-)_nR^3$  des mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylethers H oder  $CH_3$ . Entsprechende Verbindungen sind kostengünstig und kommerziell leicht verfügbar.

10 **[0016]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist  $R^1$  und  $R^3$  in der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O-)_nR^3$  des mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylethers unabhängig voneinander ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-, ein Ethyl-, ein n-Propyl- und/oder ein n-Butyl-Rest, ganz besonders bevorzugt ein Methyl- und Ethyl-Rest und noch bevorzugter ein Methyl-Rest. Entsprechende Verbindungen sind kostengünstig und kommerziell leicht verfügbar.

15 **[0017]** In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff den mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylether der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O-)_nR^3$  zu mindestens 50 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugter zu mindestens 70 Gew.-%, besonders bevorzugt zu mindestens 80 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt zu mindestens 90 oder 95 Gew.-%.

20 **[0018]** In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff mindestens einen Schmierstoff, wobei der Schmierstoff bevorzugt einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylether nach Anspruch 2 oder 3, eine längerkettige Fettsäure nach Anspruch 5, einen höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylether nach Anspruch 7 und/oder höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate nach Anspruch 12 umfasst, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwassenstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden. Der Schmierstoff erhöht die Schmierfähigkeit des erfindungsgemäßen Kraftstoffes. Somit wird der Verschleiß von Motorteilen reduziert und die Lebensdauer des Motors erhöht.

25 **[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff ferner 0,005 bis 5 Gew.-% mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CR^5_2-O-)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CR^5_2-CH_2-)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CR^5_2-O-)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  $R^5$  ein Wasserstoff- und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55, ist, sowie Gemische dieser Polyalkylenglykolalkylether.

30 **[0020]** Der Einsatz dieser Polyalkylenglykolalkylether führt zur Erhöhung der Viskosität, Schmierfähigkeit und Oberflächenspannung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs für Selbstzündungsmotoren. Ferner kann mit diesen die Cetanzahl erhöht werden.

35 **[0021]** In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff 0,005 bis 5 Gew.-% mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O-)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CHR^5-CH_2-)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CHR^5-O-)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  $R^5$  ein Wasserstoff- und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55, ist, sowie Gemische dieser Polyalkylenglykolalkylether.

40 **[0022]** Der Einsatz dieser Polyalkylenglykolalkylether führt zur Erhöhung der Viskosität, Schmierfähigkeit und Oberflächenspannung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs für Selbstzündungsmotoren. Ferner dienen diese zur Erhöhung der Cetanzahl.

45 **[0023]** In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff 0,005 bis 5 Gew.-%, bevorzugter 1 bis 4 Gew.-%, besonders bevorzugt 2 bis 3,5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CR^5_2-O-)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CR^5_2-CH_2-)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CR^5_2-O-)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  $R^5$  ein Wasserstoff und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55 ist, wobei  $R^4$  bevorzugt ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein n-Butyl-Rest, ist.

50 **[0024]** Der Einsatz dieser Polyalkylenglykolalkylether führt zur Erhöhung der Viskosität, Schmierfähigkeit und Oberflächenspannung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs für Selbstzündungsmotoren. Ferner dienen diese zur Erhöhung der Cetanzahl.

55 **[0025]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff 0,005 bis 5 Gew.-%, bevorzugter 0,005 bis 2 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,005 bis 1,5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CR^5_2-O-)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CR^5_2-CH_2-)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CR^5_2-O-)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  $R^5$  ein Wasserstoff und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55 ist, wobei  $R^4$  bevorzugt ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein n-Butyl-Rest, ist.

60 **[0026]** Der Einsatz dieser Polyalkylenglykolalkylether führt zur Erhöhung der Viskosität, Schmierfähigkeit und Oberflächenspannung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs für Selbstzündungsmotoren. Ferner dienen diese zur Erhöhung der Cetanzahl.

65 **[0027]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist  $R^4$  in der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O-)_nH$  des mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylether ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest. Besonders bevorzugt handelt es sich bei  $R^4$

um einen n-Butyl-Rest, da entsprechende Verbindungen kostengünstig und kommerziell leicht verfügbar sind.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform liegt das mittlere Molekulargewicht des mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers sowie dessen Mischpolymerisaten im Bereich von 4000 bis 6000 Dalton, bevorzugt im Bereich von 5000 bis 5500 Dalton (bestimmt mittels Thermischer Feldfluss-Fraktionierung (TF-3)).

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$  um Mischpolymerisate. Unter Mischpolymerisaten wird verstanden, dass Polymere vorliegen, in denen  $R^5$  mindestens einmal ein Wasserstoff-Rest und mindestens einmal ein Methyl-Rest ist. Mit anderen Worten umfassen die Mischpolymerisate Mischpolymere bzw. Copolymere, darunter auch sogenannte statistische Copolymere oder Zufalls copolymere.

[0030] Besonders bevorzugte höhermolekulare Polyalkylenglykolalkylether sind Polyethylenglykolalkylether, Polypropylenglykolalkylether und Mischpolymerisate aus Polyethylenglykolalkylethern und Polypropylenglykolalkylethern, wobei es sich bei  $R^4$  in der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$  des mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers um einen Alkyl-Rest vorzugsweise um einen n-Butyl-Rest handelt.

[0031] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der mindestens eine höhermolekulare Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$  zu 50 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt zu etwa 60 Gew.-%, Polyethylenglykolalkylether, bei welchen  $R^5$  ein Wasserstoff-Rest ist, und zu 30 bis 50 Gew.-%, besonders bevorzugt zu etwa 40 Gew.-%, Polypropylenglykolalkylether, bei welchen  $R^5$  ein Methyl-Rest ist. Bevorzugt sind mit anderen Worten Mischpolymerisate von 50 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt von etwa 60 Gew.-% Polyethylenglykolalkylether und 30-50 Gew.-%, besonders bevorzugt 40 Gew.-% Polypropylenglykolalkylether. Als ganz besonders bevorzugt haben sich die Synalox-Produkte der Firma Dow Chemical erwiesen. Hierbei sind die Synalox B und Synalox D Produkte besonders bevorzugt. Ganz besonders hervorzuheben ist das Produkt Synalox D40-700 mit einem Molekulargewicht von 5300.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylether in Mengen von 1 bis 4 Gew.-%, besonders bevorzugt von 2 bis 3,5 Gew.-%.

[0033] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff ferner 0,001 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 1 bis 5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyoxymethylendialkylethers der Formel  $R^6O(-CH_2O)_nR^6$ , wobei  $R^6$  ein Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-Rest, ist und  $n$  6 bis 10, vorzugsweise 7 bis 8, ist. Verbindungen bei denen  $R^6$  ein Methyl-Rest ist sind vorteilhaft, da derartige Verbindungen kostengünstig und kommerziell leicht verfügbar sind.

[0034] Der Einsatz der höhermolekularen Polyoxymethylendialkylether ist hilfreich, um die Cetanzahl zu erhöhen.

[0035] In einer bevorzugten Ausführungsform liegt das Molekulargewicht des mindestens einen höhermolekularen Polyoxymethylendialkylethers im Bereich von 200 bis 1200 Dalton, bevorzugt 100 bis 500 Dalton, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 400 Dalton.

[0036] Geeignete höhermolekulare Polyoxymethylendialkylether sind beispielsweise Polyglykol DME 500, Polyglykol DME 750 und Polyglykol DME 1000, alle erhältlich von der Firma Clariant.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff ferner 0,001 bis 0,1 Gew.-% mindestens einer längerkettigen Fettsäure.

[0038] Bei der mindestens einen längerkettigen Fettsäure handelt es sich bevorzugt um Ölsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure und/oder Laurinsäure. Ganz besonders bevorzugt ist Stearinsäure, da diese verhältnismäßig kostengünstig und chemisch stabil ist. Unter einer längerkettigen Fettsäure versteht sich im Rahmen dieser Erfindung eine Fettsäure mit mindestens acht, bevorzugt mit mindestens zehn, besonders bevorzugt mit mindestens zwölf Kohlenstoffatomen.

[0039] Die längerkettige Fettsäure kann zusätzlich zu den jeweiligen Bestandteilen im erfindungsgemäßen Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren vorliegen. Es ist aber auch möglich, durch den Einsatz dieser die Menge des mindestens einen Polyalkylenglykolalkylethers zu reduzieren.

[0040] Die längerkettige Fettsäure wird vorzugsweise in einer Menge von 0,01 bis 0,1 Gew.-%, besonders bevorzugt von 0,01 bis 0,05 Gew.-%, eingesetzt.

[0041] Die längerkettige Fettsäure führt unter anderem zu einer Erhöhung der Schmierfähigkeit des erfindungsgemäßen Kraftstoffes. Somit wird der Verschleiß von Motorteilen reduziert und die Lebensdauer des Motors erhöht.

[0042] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff ferner 0,001 bis 12 Gew.-%, vorzugsweise 1 bis 11 Gew.-%, Dimethylether.

[0043] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform können bis zu etwa 12 Gew.-%, vorzugsweise bis zu etwa 10 Gew.-%, des mindestens einen niedermolekularen Polyoxalkylendialkylethers durch Dimethylether ersetzt werden. Dies führt zur Erhöhung des Dampfdrucks auf 60 kPa (Sommerkraftstoff) bzw. 90 kPa (Erzeugung einer "Fettdampf-glocke") und zur Kostensenkung. Dimethylether dient hierbei als Ersatzstoff für den niedermolekularen Polyoxalkylendialkylethers, insbesondere Dimethoxymethan. Dimethylether besitzt bei 20°C einen Dampfdruck von 504 kPa und löst sich gut in dem niedermolekularen Polyoxalkylendialkylether, insbesondere dem Dipropylenglykoldimethylether.

[0044] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff ferner 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel  $R^7O(-CH_2CH_2O)_nR^7$ , wobei  $R^7$  ein Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-Rest, ist und  $n$  11 bis 23, vor-

zugweise 20 bis 23, ist. Verbindungen bei denen R<sup>7</sup> ein Methyl-Rest ist sind vorteilhaft, da derartige Verbindungen kostengünstig und kommerziell leicht verfügbar sind.

[0045] Der Einsatz der höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylether ist hilfreich, um die Cetanzahl zu erhöhen. Ein weiterer Vorteil des höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers ist, dass dieser zu einer Erhöhung der Schmierfähigkeit des erfindungsgemäßen Kraftstoffes führt. Somit wird der Verschleiß von Motorteilen reduziert und die Lebensdauer des Motors erhöht.

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das mittlere Molekulargewicht des mindestens einen höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers größer als 300 Dalton, bevorzugt größer 400 Dalton (bestimmt z.B. mittels Thermischer Feldfluss-Faktionierung (TF-3)).

[0047] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff ferner 0,001 bis 0,5 Gew.-%, bevorzugt 0,01 bis 0,3 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,05 Gew.-%, mindestens einer organischen Peroxidverbindung, vorzugsweise Di-tert-butylperoxid (DTBP).

[0048] Bei der organischen Peroxidverbindung handelt es sich vorzugsweise um Di-tert-Butylperoxid (DTBP). Die organische Peroxidverbindung, insbesondere Di-tert-Butylperoxid, führt ebenfalls zu einer Erhöhung der Cetanzahl.

[0049] Eine zu niedrige Menge führt nicht zu der gewünschte Cetanzahlerhöhung, während eine zu hohe Menge aus Kostengründen zu vermeiden ist.

[0050] Der Einsatz einer organischen Peroxidverbindung, insbesondere von Di-tert-Butylperoxid, hat ferner den Vorteil, dass dieses im Gegensatz zu Cetanzahl-Verbesserern auf Nitratbasis, wie beispielsweise 2-Ethylhexylnitrat, ohne die Bildung von Brennstoff-NO<sub>x</sub> verbrennt.

[0051] Di-tert-Butylperoxid ist als Cetanzahlverbesserer für Kraftstoffe für Selbstzündungsmotoren mit niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylethern der Formel R<sup>1</sup>O-(CHR<sup>2</sup>-CH<sub>2</sub>-O)<sub>n</sub>-R<sup>3</sup> als Basiskraftstoff besonders gut geeignet.

[0052] Die organische Peroxidverbindung kann zusätzlich zu den vorliegenden Bestandteilen eingesetzt werden. Es ist aber auch möglich, mit deren Einsatz die Menge des mindestens einen höhermolekularen Polyoxyethylendialkylethers und/oder des mindestens einen höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers zu vermindern bzw. es kann dadurch auch auf den mindestens einen höhermolekularen Polyoxyethylendialkylether und/oder den mindesten einen Polyethylenglykoldialkylether vollständig verzichtet werden.

[0053] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylether der Formel R<sup>1</sup>O-(CHR<sup>2</sup>-CH<sub>2</sub>-O)<sub>n</sub>R<sup>3</sup>, wobei R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> ein geradkettiger oder verzweigter Alkyl-Rest, bevorzugt ein C<sub>1</sub>- bis C<sub>4</sub>-Alkyl-Rest, oder ein Wasserstoff-Rest ist und n 1 bis 5 ist, 0,005 bis 5 Gew.-% mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel R<sup>4</sup>O-(CH<sub>2</sub>-CR<sub>2</sub>-O)<sub>n</sub>H sowie Mischpolymerisate davon und/oder der Formel H(-O-CR<sup>5</sup><sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-)<sub>n</sub>O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O(-CH<sub>2</sub>-CR<sup>5</sup><sub>2</sub>-O)<sub>n</sub>H sowie Mischpolymerisate davon, wobei R<sup>4</sup> ein Alkyl-, R<sub>5</sub> ein Wasserstoff- und/oder Methyl-Rest und n 10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55, ist, sowie Gemische dieser Polyalkylenglykolalkylether, 0,001 bis 0,5 Gew.-%, bevorzugt 0,01 bis 0,3 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,05 Gew.-%, mindestens einer organischen Peroxidverbindung, vorzugsweise Di-tert-butylperoxid (DTBP), und 0,001 bis 0,1 Gew.-% mindestens einer längerkettigen Fettsäure.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Sauerstoffgehalt des Kraftstoffs mehr als 20 Gew.-%, bevorzugt mehr als 25 Gew.-%. Dies hat den Vorteil, dass auch bei hohen AGR-Raten die Partikelemission im gewünschten Zielbereich liegt.

[0055] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der erfindungsgemäße Kraftstoff nicht mehr als 5000 ppm, vorzugsweise nicht mehr als 500 ppm und besonders bevorzugt nicht mehr als 100 ppm höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate. Unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten werden Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden.

[0056] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der erfindungsgemäße Kraftstoff bis zu 50 Gew.-%, bevorzugt bis zu 20 Gew.-%, besonders bevorzugt bis zu 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt bis zu 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate. Darunter fällt auch mineralischer Diesel.

[0057] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff bis zu 50 Gew.-%, bevorzugt bis zu 40 Gew.-%, bevorzugter bis zu 30 Gew.-%, noch bevorzugter bis zu 20 Gew.-%, besonders bevorzugt bis zu 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt bis zu 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden. Darunter fällt auch mineralischer Diesel.

[0058] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff etwa 0 bis 50 Gew.-%, bevorzugt etwa 0 bis 40 Gew.-%, bevorzugter etwa 0 bis 30 Gew.-%, noch bevorzugter etwa 0 bis 20 Gew.-%, besonders bevorzugt etwa 0 bis 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt etwa 0 bis 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden. Darunter fällt auch mineralischer Diesel.

[0059] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform beträgt der Schwefelgehalt nicht mehr als 1 ppm, vorzugweise nicht mehr als 0,1 ppm (gemessen nach R. Hearn, M. Berglund, M. Ostermann, N. Pusticek, P. Taylor, Analytica Chimica

Acta 532 (2005) 55-60). Damit wird der Einsatz von preiswerten Nichtedelmetallkatalysatoren zur Nachoxidation von unverbrannten Oxygenaten und Kohlenmonoxid ermöglicht.

[0060] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform beträgt der Gehalt an Asche nicht mehr als 20 ppm, vorzugweise nicht mehr als 2 ppm (gemessen nach DIN EN ISO 6245, 2003-01).

5 [0061] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Kraftstoff eine Cetanzahl  $\geq 45$ , bevorzugt  $\geq 47$  und besonders bevorzugt  $\geq 51$  auf. Die Bestimmung der Cetanzahl ist in den Beispielen beschrieben.

[0062] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der erfindungsgemäße Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren eine kinematische Viskosität von  $\geq 0,4 \text{ mm}^2/\text{s}$  und bevorzugt von  $\geq 0,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  auf. Die kinematische Viskosität wird nach DIN ISO 3104 (1999-12) bei 20°C bestimmt.

10 [0063] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Schmierfähigkeit (HFRR (High Frequency Reciprocating Rig))  $\leq 400 \text{ ppm}$ , bevorzugt  $\leq 310 \text{ ppm}$  und besonders bevorzugt  $\leq 300 \text{ ppm}$ . Die Bestimmung der Schmierfähigkeit erfolgt nach DIN EN 590 (2014-04) bei 20°C.

15 [0064] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform enthält der Kraftstoff mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylenalkylether der Formel  $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$ , mindestens einen höhermolekularen Polyoxymethylendialkylether der Formel  $\text{CH}_3\text{O}(\text{CH}_2\text{O}-)_n\text{CH}_3$ , wobei  $n$  6 bis 10 ist, und mindestens einen Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $\text{R}^4\text{O}(\text{CH}_2\text{CHR}^5\text{O}-)_n\text{H}$ , wobei  $\text{R}^4$  ein n-Butyl- und  $\text{R}^5$  mindestens einmal ein Wasserstoff-Rest und mindestens einmal ein Methyl-Rest ist. Mit anderen Worten liegt der Polyalkylenglykolalkylether als Mischpolymerisat vor. Besonders vorteilhaft ist ein Mischpolymerisat aus Polyethylenglykolalkylethern und Polypropylenglykolalkylethern.

20 [0065] Die Erfindung betrifft auch die Verwendung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs in einem Verbrennungsmotor, bevorzugt in einem Selbstzündungsmotor, und/oder als Reduktionsmittel beim Einsatz eines SCR-Katalysators. SCR steht im Rahmen dieser Erfindung für selektive katalytische Reduktion bzw. selective catalytic reduction.

25 [0066] Der erfindungsgemäße Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren wird vorzugsweise zusammen mit einem Motoröl auf Basis von Polyalkylenglykolalkylethern eingesetzt. Besonders bevorzugt als Basisöl sind Motorenöle auf Grundlage von Polypropylenalkylethern, besonders bevorzugt auf Grundlage von Polypropylenglykolbutylethern. Das heißt der erfindungsgemäße Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren kann in Motoren eingesetzt werden, die mit den chemisch verwandten Motorölen auf Basis von Polyalkylenglykolalkylethern geschmiert werden. Damit bleibt der übliche Eintrag kleiner Kraftstoffmenge in das Motorenöl und kleinerer Motorenölanteile in dem Kraftstoff wegen der chemischen Verwandtschaft der beiden Kraftstoffe ohne negative Auswirkung.

30 [0067] Mit dem erfindungsgemäßen Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren ist es möglich, das vom Dieselkraftstoff her bekannte Ruß/NO<sub>x</sub>- und PN/NO<sub>x</sub>-Trade off zu unterdrücken.

35 [0068] Schließlich ermöglicht der Einsatz des erfindungsgemäßen Kraftstoffs die gesetzlich vorgeschriebenen Partikelanzahlgrenzwerte und NO<sub>x</sub>-Grenzwerte gemäß der Euro-VI-Norm (01.01.2013) ohne Abgasnachbehandlung zu unterschreiten. Dies gilt für den Fall, dass der Selbstzündungsmotor mit entsprechend hohen (bis zu 40%) Abgasrückführungsgraten betrieben wird.

40 [0069] Alternativ können die erfindungsgemäßen Kraftstoffe auch als Reduktionsmittel beim Einsatz eines SCR-Katalysators verwendet werden.

45 [0070] Das heißt, die Verbrennung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs für Selbstzündungsmotoren in magerlaufenden Selbstzündungsmotoren erfolgt in Analogie zur Verbrennung des gasförmigen Dimethylethers auch bei hohen AGR-Raten ruß- und partikelfrei. Damit lassen sich sehr niedrige NO<sub>x</sub>- und Partikelanzahlemissionen mit innermotorischen Maßnahmen erzielen. Die Abgasnachbehandlung benötigt keinen Partikelfilter, sondern lediglich einen Oxidationskatalysator, der die Emission von un- und teilverbranntem erfindungsgemäßen Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren verhindert. Vorteile sind die Verminderung des heizwertbezogenen Kraftstoffverbrauchs durch geringen Abgasgegendruck der Abgasanlage und signifikante Verminderung der Kosten, des Platzbedarfs und des Gewichts des Abgasnachbehandlungssystems.

50 [0071] Wie erwähnt führt der Einsatz des erfindungsgemäßen Kraftstoffs für Selbstzündungsmotoren zur Vermeidung des PN/NO<sub>x</sub>-Trade off im Bereich bis zu niedrigsten NO<sub>x</sub>-Emissionen von  $< 0,4 \text{ g NO}_x/\text{kWh}$ .

55 [0072] Auch die heizwertbezogenen Herstellungskosten des erfindungsgemäßen Kraftstoffs liegen im Bereich von synthetischem Diesel.

[0073] Durch die ruß- und partikelfreie Verbrennung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs bei sehr geringer NO<sub>x</sub>-Emission ist es möglich, die Abgasnachbehandlung zu vereinfachen. Dies bringt insbesondere bei Dieselmotoren in Arbeitsmaschinen einen wirtschaftlichen Vorteil ("Gerätediesel").

[0074] Die ruß- und partikelfreie Verbrennung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs ermöglicht in Kombination mit einer mehrstufigen katalytischen Abgasnachbehandlung (ohne Dieselpartikelfilter) nach dem Stand der Euro-VI-Technologie die Einhaltung zukünftig weiter verschärfter Emissionsgesetzgebung.

[0075] Ferner ermöglicht die ruß- und partikelfreie Verbrennung des erfindungsgemäßen Kraftstoffs den Einsatz der Niederdruck-AGR ohne Reinigung/Filterung des rückgeführten Abgases. Damit kann der Wirkungsgrad des Motors erhöht werden. Unter Berücksichtigung der Emissionen hat eine Niederdruck-AGR Wirkungsgradvorteile, da bei Kraftstoffen mit einem Sauerstoffgehalt über 20% der Luftbedarf zur motorischen Verbrennung deutlich vermindert ist und

damit die zusätzliche Kompressionsarbeit des Luftverdichters für das rückgeführte Abgas reduziert ist.

[0076] Schließlich ist der erfindungsgemäße Kraftstoff farblos, ungiftig und praktisch frei von Fremdstoffen. Er gehört auch zur Wassergefährdungsklasse 1.

[0077] Folgende Ausführungsformen sind besonders bevorzugt:

5            1. Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Kraftstoff mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylenalkylether der Formel  
10             $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  enthält, wobei  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  ein geradkettiger oder verzweigter Alkyl-Rest oder ein Wasser-  
stoff-Rest ist und  $n$  1 bis 5 ist.

15            2. Kraftstoff nach Ausführungsform 1, ferner enthaltend mindestens einen Schmierstoff.

15            3. Kraftstoff nach Ausführungsform 1 oder 2, ferner enthaltend 0,005 bis 5 Gew.-% mindestens eines höhermole-  
kularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CR_2-O)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon und/oder  
der Formel  $H(-O-CR_2^5-CH_2)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CR_2^5-O)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  
10             $R^5$  ein Wasserstoff und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und  
ganz besonders bevorzugt 40 bis 55 ist, sowie Gemische dieser Polyalkylenglykolalkylether.

20            4. Kraftstoff nach einer der Ausführungsformen 1 bis 3, enthaltend 0,001 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 10 Gew.-  
%, besonders bevorzugt 1 bis 5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyoxyethylenglykolalkylethers der  
Formel  $R^6O(-CH_2-O)_nR^6$ , wobei  $R^6$  ein Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein  
Methyl-Rest, ist und  $n$  6 bis 10, vorzugweise 7 bis 8, ist.

25            5. Kraftstoff nach einer der Ausführungsformen 1 bis 4, enthaltend 0,001 bis 0,1 Gew.-% mindestens einer längerkettigen Fettsäure, wobei unter einer längerkettigen Fettsäure eine Fettsäure mit mindestens acht Kohlenstoffatomen  
verstanden wird.

30            6. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, enthaltend 0,001 bis 12 Gew.-%, vorzugsweise 1 bis  
11 Gew.-%, Dimethylether.

35            7. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, enthaltend 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 5  
Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyethylenglykolalkylethers der Formel  $R^7O(-CH_2-CH_2-O)_nR^7$ , wo-  
bei  $R^7$  ein Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-Rest, ist und  $n$  11 bis  
23, vorzugweise 20 bis 23, ist.

40            8. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, enthaltend 0,001 bis 0,5 Gew.-%, bevorzugt 0,01 bis  
0,3 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,05 Gew.-%, mindestens einer organischen Peroxidverbindung, vor-  
zugsweise Di-tert-butylperoxid (DTBP).

40            9. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei  $R^2$  in der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  des  
mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylenalkylethers  $H$  oder  $CH_3$  ist.

45            10. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei  $R^1$  und  $R^3$  in der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$   
des mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylenalkylethers ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevor-  
zugt ein Methyl-, ein Ethyl-, ein  $n$ -Propyl- und/oder ein  $n$ -Butyl-Rest, ganz besonders bevorzugt ein Methyl- und  
Ethyl-Rest und noch bevorzugter ein Methyl-Rest, ist.

50            11. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei  $R^4$  in der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$  des  
mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt  
ein  $n$ -Butyl-Rest, ist.

55            12. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei das mittlere Molekulargewicht des mindestens  
einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers sowie dessen Mischpolymerisaten im Bereich von 4000 bis  
6000 Dalton, bevorzugt im Bereich von 5000 bis 5500 Dalton, liegt.

55            13. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei es sich bei dem mindestens einem höhermole-  
kularen Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$  um Mischpolymerisate handelt, in denen  $R^5$

mindestens einmal ein Wasserstoff-Rest und mindestens einmal ein Methyl-Rest ist.

5 14. Kraftstoff nach Ausführungsform 13, wobei der mindestens eine höhermolekulare Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$  zu 50 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt zu etwa 60 Gew.-%, Polyethylenglykolalkylether, bei welchen  $R^5$  ein Wasserstoff-Rest ist, und zu 30 bis 50 Gew.-%, besonders bevorzugt zu etwa 40 Gew.-%, Polypropylenglykolalkylether, bei welchen  $R^5$  ein Methyl-Rest ist, umfasst.

10 15. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, insbesondere nach einer der Ausführungsformen 2, 12, 13 oder 14, wobei der Kraftstoff mindestens einen höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylether in Mengen von 1 bis 4 Gew.-%, besonders bevorzugt von 2 bis 3,5 Gew.-%, enthält.

15 16. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei das Molekulargewicht des mindestens einen höhermolekularen Polyoxymethylendialkylethers der Formel  $R^6O(-CH_2O)_nR^6$  im Bereich von 200 bis 1200 Dalton, bevorzugt 100 bis 500 Dalton, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 400 Dalton, liegt.

20 17. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei das mittlere Molekulargewicht des mindestens einen höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel  $R^7O(-CH_2CH_2O)_nR^7$  größer als 300 Dalton, bevorzugt größer 400 Dalton, ist.

25 18. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei es sich bei der mindestens einen längerkettigen Fettsäure bevorzugt um Ölsäure, Stearinsäure, Palmitinsäure und/oder Laurinsäure handelt.

20 19. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Sauerstoffgehalt des Kraftstoffs mehr als 20 Gew.-%, bevorzugt mehr als 25 Gew.-%, beträgt.

25 20. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff nicht mehr als 5000 ppm, vorzugweise nicht mehr als 500 ppm und besonders bevorzugt nicht mehr als 100 ppm höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate enthält.

30 21. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff bis zu 50 Gew.-%, bevorzugt bis zu 20 Gew.-%, besonders bevorzugt bis zu 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt bis zu 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate enthält, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden.

35 22. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Schwefelgehalt des Kraftstoffs nicht mehr als 1 ppm, vorzugweise nicht mehr als 0,1 ppm, beträgt.

40 23. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Gehalt an Asche nicht mehr als 20 ppm, vorzugweise nicht mehr als 2 ppm, beträgt.

45 24. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff eine Cetanzahl  $\geq 45$ , bevorzugt  $\geq 47$  und besonders bevorzugt  $\geq 51$  aufweist.

25 25. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff eine kinematische Viskosität von  $\geq 0,4 \text{ mm}^2/\text{s}$  und bevorzugt von  $\geq 0,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  aufweist.

50 26. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff eine Schmierfähigkeit (HFRR (High Frequency Reciprocating Rig)  $\leq 400 \text{ ppm}$ , bevorzugt  $\leq 310 \text{ ppm}$  und besonders bevorzugt  $\leq 300 \text{ ppm}$ , aufweist.

55 27. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, enthaltend mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylether der Formel  $CH_3OCH_2CH_2OCH_3$ , mindestens einen höhermolekularen Polyoxymethylendialkylether der Formel  $CH_3O(-CH_2O)_nCH_3$ , wobei  $n$  6 bis 10 ist, und mindestens einen Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $R^4O(-CH_2-CHR^5-O)_nH$ , wobei  $R^4$  ein n-Butyl- und  $R^5$  mindestens einmal ein Wasserstoff-Rest und mindestens einmal ein Methyl-Rest ist.

28. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, insbesondere Ausführungsform 21, wobei der Kraftstoff bis zu 50 Gew.-%, bevorzugt bis zu 40 Gew.-%, bevorzugter bis zu 30 Gew.-%, noch bevorzugter bis zu 20 Gew.-%, besonders bevorzugt bis zu 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt bis zu 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe

sowie deren Derivate enthält, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden.

5 29. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff etwa 0 bis 50 Gew.-%, bevorzugt etwa 0 bis 40 Gew.-%, bevorzugter etwa 0 bis 30 Gew.-%, noch bevorzugter etwa 0 bis 20 Gew.-%, besonders bevorzugt etwa 0 bis 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt etwa 0 bis 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate enthält, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden.

10 30. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff 0,005 bis 5 Gew.-%, bevorzugter 0,005 bis 2 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,005 bis 1,5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyalkylen-glykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CR^5_2-O)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CR^5_2-CH_2)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CR^5_2-O)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon enthält, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  $R^5$  ein Wasserstoff und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55 ist, wobei  $R^4$  bevorzugt ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein  $n$ -Butyl-Rest, ist.

15 31. Kraftstoff nach einer der vorherigen Ausführungsformen, wobei der Kraftstoff den mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylenalkylether der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  zu mindestens 50 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugter zu mindestens 70 Gew.-%, besonders bevorzugt zu mindestens 80 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt zu mindestens 90 oder 95 Gew.-%, enthält.

20 32. Verwendung des Kraftstoffs nach einer der vorherigen Ausführungsformen in einem Verbrennungsmotor, bevorzugt in einem Selbstzündungsmotor, und/oder als Reduktionsmittel beim Einsatz eines SCR-Katalysators.

25 33. Verwendung des Kraftstoffs nach einer der vorherigen Ausführungsformen in einem Selbstzündungsmotor, der mit Motorenöl auf Basis von Polyalkylen-glykolethern betrieben wird.

30 [0078] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezug auf die beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Die Beispiele sollen jedoch in keiner Weise limitierend oder beschränkend für die vorliegende Erfindung sein.

[0079] In den Figuren zeigen:

35 Fig. 1 die Partikelgrößenverteilung in dem Abgasprüfzyklus ESC (European steady cycle) bei Verwendung eines erfindungsgemäßen Kraftstoffs mit Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME) sowie eines nicht erfindungsgemäßen B7 Diesels;

Fig. 2 den schematischen Aufbau zur Bestimmung der Cetanzahl.

#### 40 Aufbau der Motorenprüfstände und der Abgas- und Partikelmesseinrichtungen

Einzylindermotor mit Messeinrichtungen

45 [0080] Versuchsträger war ein Einzylinder-Forschungsmotor. Hubraum, Kurbelgeometrie und Zylinderkopfgestaltung sind bei diesem Versuchsträger von der MAN Modellreihe D20 abgeleitet. Der Motor verfügt über eine externe, temperierte Aufladung, variable Einstellmöglichkeit des Abgasgegends und gekühlte externe Abgasrückführung (Hochdruck-AGR). Der Kraftstoff wird über ein Common Rail System eingebracht, wobei Kraftstoffförderung, Injektoren und Düsen aus der MAN D20 Baureihe stammen.

50 [0081] Als Motorenöl wurde ein Polypropylenglykolmonobutylether mit ca. 4% aschefreien Additiven der Fa. Dow Chemical, Horgen eingesetzt.

[0082] Im Abgas wurden gasförmige Komponenten (CO, THC, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) mit einer Multikomponenten-Abgasanalyse (HoribaMEXA 7000-Reihe) und einem AVL Sesam FTIR (CH<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH, Dimethoxymethan (OME1)) erfasst. Ruß wurde mit AVL MSS 483 (Microsoot Sensor) gemessen. Die gemessenen Rußkonzentrationen befanden sich an der Nachweisgrenze des Geräts von 0,05 mg/kWh. Zur Messung der Partikelanzahlkonzentration (PN) wurde Rohabgas mit einer Direktentnahmeeinheit im Verhältnis 1:10 verdünnt und einer Partikelzähllanlage (Horiba MEXA-2300 SPCS) zugeführt, um die Partikelanzahl (PN) in einem PMP (particle measurement program)-nahen Verfahren zu ermitteln.

[0083] Die Untersuchungen fanden an stationären Betriebspunkten aus dem ESC (European steady cycle) statt.

Tabelle 1: Beschreibung des Einzylindermotors

5	Drehzahl	1200 1/min
10	Indizierter Mitteldruck	13 bar
15	Ladedruck (abs.)	1,93 bar
	Abgasdruck (abs.)	1,58 bar
	ATL-Gesamtwirkungsgrad (sim.)	60 %
	Ladelufttemperatur	40 °C
	Verbrennungsschwerpunkt	8°KW nach ZOT
	Einspritzdruck	1800 bar
	Einspritzung	Vor- und Haupteinspritzung

Vollmotor 1

20 Beschreibung des Vollmotors 1

## [0084]

Tabelle 2: Beschreibung des Vollmotors 1

25	Motor	D2676 LOH27
30	Hubvolumen	12,6 l
35	Leistung	353 kW
	Aufladung	Zweistufig
	max. Einspritzdruck	1800 bar
	AGR	Lambda geregelt
	Emissionsniveau	EURO V
	Einspritzung	Vor- und Haupteinspritzung

40 [0085] Versuchsträger war ein MAN-Motor D2676LOH27. Der Lambda-geregelte AGR-Motor erreicht die Grenzwerte von Euro V innermotorisch und kann damit als Grundmotor für das Euro VI-Zeitalter angesehen werden. Die gesetzlichen Abnahmeyzyklen des Motors sind ESC und ETC (European transient cycle). Ab Euro VI (01.01.2013) werden diese durch den WHSC und WHTC ersetzt und zusätzlich ein Partikelanzahlgrenzwert (PN) eingeführt. Korrelationsuntersuchungen haben gezeigt, dass die im ESC/ETC erzielten PN Werte auf die WHSC/WHTC Zyklen übertragen werden können. Korrelationsfaktoren sind WHTC = ETC/2,2 und WHSC = ESC/2,2.

45 [0086] Als Motorenöl wurde das aschearme Shell Rimula Signia 10W40 (Aschegehalt: 0,82%) eingesetzt.

Vollmotor 2

Beschreibung des Vollmotors 2

## [0087]

Tabelle 3: Beschreibung des Vollmotors 1

55	Motor	D2066 LF31
	Hubvolumen	10,6 l
	Leistung	323 kW
	Aufladung	einstufig

(fortgesetzt)

5	max. Einspritzdruck	1600 bar
10	AGR	Positionsgeregelt mit Rückmeldung
15	Emissionsniveau	EURO IV mit PM-KAT©
20	Einspritzung	Vor- und Haupteinspritzung

[0088] Versuchsträger war ein MAN-Motor D2066LF31. Der AGR-Motor erreicht die Grenzwerte von Euro IV mit PM-KAT©. Die gesetzlichen Abnahmeyziken des Motors sind ESC und ETC. Ab Euro VI (01.01.2013) werden diese durch den WHSC und WHTC ersetzt und zusätzlich ein Partikelanzahlgrenzwert (PN) eingeführt. Als Motorenöl wurde das aschearme Shell RimulaSignia 10W40 (Aschegehalt: 0,82%) eingesetzt.

15 Prüfstandsaufbau und Messeinrichtung

[0089] Getestet wurden die Motoren 1 und 2 auf Stationärprüfständen mit Wasserwirbelbremse. Transiente Tests wie ETC und WHTC können mit der Wasserbremse nur angenähert gefahren werden. Hierbei werden Schleppanteile durch Schwachlastpunkte ersetzt. Die Abgasmesstechnik zur Erfassung der gasförmigen Emissionen bestand aus einem Multikomponentenabgasanalysator (MEXA 7170/7100 DEGR, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC) und einem Sesam-FTIR (AVL/Ansyo) für weitere gasförmige Komponenten. Für die partikelförmigen Emissionen wurden ein Nova Microtrol 4 (Teilstromverdünnungstunnel für gravimetrische PM Bestimmung), ein AVL MSS 483 (MicroSoot Sensor) für Rußmessung (elementarer Kohlenstoff, EC) und ein AVL APC 489 (Particle Counter Advanced für Partikelanzahl) verwendet. Die Probenahme erfolgte im Rohabgas. Eine Druckindizierung erfolgte mittels AVL Indimodul 621. Partikelgrößenverteilungsmessungen erfolgten mit einem SMPS-System (TSI 3080, CPC 3775). Die Verdünnung für die SMPS Messung erfolgte mittels Teilstromverdünnungstunnel.

[0090] Das PMP-Verfahren ist in (1) und (2) beschrieben, die Grenzwerte für ESC und ETC werden in (3) aufgeführt:

(1) United Nations, ECE Regulation No. 49, Revision 5, Amendment 1, 2011.  
 30 (2) United Nations, Regulation No. 83, Revision 4, 2011.  
 (3) Europäische Union, Verordnung (EG) Nr 2005/55/EG.

#### Ausführungsbeispiel A:

[0091] Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME, 3,6-Dimethyl-2,5,8-Trioxanonan) am Einzylindermotor.  
 Sauerstoffgehalt: 29,6%

[0092] Im angegebenen Betriebspunkt am Einzylindermotor wurden bei 1800 bar Einspritzdruck folgende Emissionswerte erzielt. Alle Angaben beziehen sich auf die indizierte Motorleistung.

40 Tabelle 4: Ergebnisse der DPG-DME Versuche am Einzylinder

AGR	NOx	Ruß (MSS)	PN		CO	THC
[%(m/m)]	[g/kWh]	[mg/kWh]	[#/kWh]	[#/cm <sup>3</sup> ]	[g/kWh]	[g/kWh]
keine	17,49	0,11	1,5E+11	3,4E+04	0,15	0,19
45	17,4	3,07	0,08	1,9E+11	5,8E+04	0,16
19,3	2,22	0,06	3,3E+11	1,0E+05	0,17	0,15
21,1	1,26	0,05	9,2E+11	3,0E+05	0,21	0,14
50	28,1	0,31	0,64	1,2E+14	4,1E+07	4,6
30,1	0,19	3,48	4,2E+14	1,6E+08	22,99	0,22

[0093] Die Zielwerte bezüglich PN des EuroVI-Emissionsniveaus (6E+11 #/kWh) wurden bis zum NOx Niveau von 2,22 erreicht.

**Ausführungsbeispiel B:**

[0094] Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME, 3,6-Dimethyl-2,5,8-Trioxanonan) am Vollmotor 1.  
Sauerstoffgehalt: 29,6%

5

Tabelle 5: Ergebnisse der DPG-DME Versuche am Vollmotor 1

ID 2732	NO <sub>x</sub>	Ruß (MSS)	PN	CO	THC
	[g/kWh]	[mg/kWh]	[#/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
ESC	1,42	0,05	9,34E+11	0,139	0,1
WHSC Korrelation			4xE+11		

[0095] Die Zielwerte bezüglich PN des EuroVI-Emissionsniveaus wurden erreicht.

15

**Vergleichsbeispiel C:**

[0096] Dipropylenglykoldimethylether-Dieselkraftstoff (80/20 %)- Mischung am Vollmotor 1.  
Sauerstoffgehalt: 23,7%

20

Tabelle 6: Ergebnisse der DPG-DME + 20% Diesel Versuche am Vollmotor

ID 2720	NO <sub>x</sub>	Ruß (MSS)	PN	CO	THC
	[g/kWh]	[mg/kWh]	[#/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
ESC	1,48	0,53	7,9 xE+12	0,155	0,113
WHSC-Korrelation			3,6 xE+12		

[0097] Durch einen Gehalt von 20% Dieselkraftstoff wurden die Zielwerte bezüglich PN des EuroVI-Emissionsniveaus deutlich verfehlt.

30

**Ausführungsbeispiel D:**

[0098] Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME) + 1,5 % eines höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel R<sup>7</sup>O(-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>R<sup>7</sup> (mit R<sup>7</sup> = CH<sub>3</sub> und n = 21) + 0,1 % Synalox 40D700 am Vollmotor 2.  
Sauerstoffgehalt: 30 %

35

Tabelle 7: Ergebnisse am Vollmotor 2

	NO <sub>x</sub>	Ruß (MSS)	PN	CO	HC
	[g/kWh]	[mg/kWh]	[#/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
ESC(3308)	2,58	0,062	1,31E+12	0,444	0,22
WHSC(3306)	4,55	0,023	4,4E+11	0,311	0,235
ETC(3310)	2,5	0,015	4,46E+11	0,235	0,128
WHTC(3311)	4,21	0,028	6E+11	0,375	0,214

[0099] Die Zielwerte bezüglich PN des EuroVI-Emissionsniveaus wurden erreicht.

50

**Vergleichsbeispiel E:**

[0100] Dieselkraftstoff B7 gemäß EN 590 am Vollmotor 2.  
Sauerstoffgehalt: 1,5%

55

Tabelle 8: Ergebnisse am Vollmotor 2 mit Diesel B7 gemäß EN 590

	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>Ruß (MSS)</b>	<b>PN</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>
	[g/kWh]	[mg/kWh]	[#/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
5	ESC(3321)	3,4	61,6	2,65E+14	0,745
10	WHSC(3323)	5,24	45,9	1,42E+14	0,880
15	ETC(3322)	4,28	64,1	2,13E+14	0,860
20	WHTC(3325)	4,89	43,99	1,32E+14	0,724
					0,152

**[0101]** Tabelle 8 zeigt die in den Abnahmeyziken ermittelten Emissionen mit Diesel B7. Um eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen mit 100 % DPGDME herzustellen, wurden für die Tests mit Diesel die aus den vorangegangenen Tests ermittelten Drehmomente verwendet. Durch den geringeren Heizwert von DPGDME im Vergleich zu Diesel erfolgte durch das Motorsteuergerät eine Kennfeldverschiebung zu höheren Einspritzraten. Dies resultiert in einer höheren AGR Rate. Damit sind die NO<sub>x</sub> Emissionen beim Betrieb mit DPGDME erniedrigt. Es besteht die Möglichkeit die PN/Ruß-Emissionen bei NO<sub>x</sub>-neutralem Motorbetrieb weiter abzusenken.

### Partikelgrößenverteilungsmessungen im ESC

**[0102]** In Fig. 1 ist eine Partikelgrößenverteilung für Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME) + 1,5 % eines höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel R<sup>7</sup>O(-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O-)<sub>n</sub>R<sup>7</sup> (mit R<sup>7</sup> = CH<sub>3</sub> und n = 21) + 0,1 % Synalox 40D700 sowie B7 Diesel im ESC zu sehen. Die Größenverteilung spiegelt einen Mittelwert aus den 13 gewichteten Einzelpunkten wieder. Bei Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME) + 1,5 % eines höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel R<sup>7</sup>O(-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O-)<sub>n</sub>R<sup>7</sup> (mit R<sup>7</sup> = CH<sub>3</sub> und n = 21) + 0,1 % Synalox 40D700 ist eine ausgeprägte Nukleationsmode mit einem Maximum zwischen 20 und 30 nm zu sehen. Diese besteht höchstwahrscheinlich aus motorenölgenerierten Aschepartikeln. Eine Akkumulationsmode die aus Russpartikeln besteht, ist beim Betrieb mit Dipropylenglykoldimethylether (DPGDME) + 1,5 % eines höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel R<sup>7</sup>O(-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O-)<sub>n</sub>R<sup>7</sup> (mit R<sup>7</sup> = CH<sub>3</sub> und n = 21) + 0,1 % Synalox 40D700 nicht zu erkennen. Beim Betrieb mit B7 Diesel sind die Aschepartikel wahrscheinlich in der Akkumulationsmode enthalten. Es ist zu erwarten, dass beim Betrieb mit einem aschefreien Motorenöl die Nukleationsmode verschwindet.

### Bestimmung der Cetanzahl von Kraftstoffen auf Basis von Polyoxalkylendialkylethern:

**[0103]** Zur Berechnung der Cetanzahlen der Kraftstoffe auf Polyoxalkylendialkylether - Basis kommt das sogenannte AFIDA-Gerät (Advanced Fuel Ignition Delay Analyzer) zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um eine Konstantvolumen-Brennkammer, welche mit modernen Einspritzdüsen bei hohen Temperaturen, Brennkammer- sowie Einspritzdrücken betrieben werden kann.

**[0104]** Ein vereinfachtes Aufbauschema ist in Fig. 2 abgebildet. Nach der Kalibrierung des Gerätes mit Hilfe primärer Standardkraftstoffe (n-Hexadecan, 1-Methylnaphthalin), kann aus der gemessenen Zündverzugszeit eines unbekannten Kraftstoffes die Cetanzahl auf Basis einer mathematischen Funktion berechnet werden. Das Gerät kommt zum Einsatz, da es aufgrund der geringen benötigten Probenvolumina und der physikalischen Eigenschaften der Testkraftstoffe einen Vorteil gegenüber genormten Prüfverfahren besitzt. Mit Letzteren wäre eine Bestimmung der Cetanzahl der Versuchskraftstoffe nicht möglich.

### Bezugszeichenliste

#### **[0105]**

- 50 1 Kraftstoffproben
- 2 Autosampler
- 3 Hochdruckpumpe
- 4 Beheizte Leitung
- 5 Rücklauf
- 55 6 Piezoinjektor
- 7 Drucksensor
- 8 Druckregler

9      Verbrennungsluft  
 10     Abgas

5      **Patentansprüche**

1. Kraftstoff für Selbstzündungsmotoren,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** der Kraftstoff mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylether der Formel  
 $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  enthält, wobei  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$  ein geradkettiger oder verzweigter Alkyl-Rest oder ein Wasserstoff-Rest ist und  $n$  1 bis 5 ist.
2. Kraftstoff nach Anspruch 1, ferner enthaltend 0,005 bis 5 Gew.-% mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CH_2-O-)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CH_2-CH_2-O)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CH_2-O-)_nH$  sowie Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-, vorzugsweise ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein n-Butyl-Rest,  $R^5$  ein Wasserstoff und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55 ist, sowie Gemische dieser Polyalkylenglykolalkylether.
3. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, enthaltend 0,005 bis 5 Gew.-%, bevorzugter 0,005 bis 2 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,005 bis 1,5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyalkylenglykolalkylethers der Formel  $R^4O(-CH_2-CH_2-O-)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon und/oder der Formel  $H(-O-CH_2-CH_2-O)_nO-CH_2-CH_2-O(-CH_2-CH_2-O-)_nH$  und/oder Mischpolymerisate davon, wobei  $R^4$  ein Alkyl-,  $R^5$  ein Wasserstoff und/oder Methyl-Rest und  $n$  10 bis 55, bevorzugt 30 bis 55, besonders bevorzugt 35 bis 55 und ganz besonders bevorzugt 40 bis 55 ist.
4. Kraftstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 4, enthaltend 0,001 bis 20 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 10 Gew.-%, besonders bevorzugt 1 bis 5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyoxyethylendialkylethers der Formel  $R^6O(-CH_2-O)_nR^6$ , wobei  $R^6$  ein Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-Rest, ist und  $n$  6 bis 10, vorzugweise 7 bis 8, ist.
5. Kraftstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, enthaltend 0,001 bis 0,1 Gew.-% mindestens einer längerkettigen Fettsäure, wobei unter einer längerkettigen Fettsäure eine Fettsäure mit mindestens acht Kohlenstoffatomen verstanden wird.
6. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, enthaltend 0,001 bis 12 Gew.-%, vorzugsweise 1 bis 11 Gew.-%, Dimethylether.
7. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, enthaltend 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 1 bis 5 Gew.-%, mindestens eines höhermolekularen Polyethylenglykoldialkylethers der Formel  $R^7O(-CH_2CH_2-O)_nR^7$ , wobei  $R^7$  ein Alkyl-Rest, bevorzugt ein  $C_1$ -bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-Rest, ist und  $n$  11 bis 23, vorzugweise 20 bis 23, ist.
8. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, enthaltend 0,001 bis 0,5 Gew.-%, bevorzugt 0,01 bis 0,3 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,01 bis 0,05 Gew.-%, mindestens einer organischen Peroxidverbindung, vorzugsweise Di-tert-butylperoxid (DTBP).
9. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei  $R^2$  in der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  des mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylethers  $H$  oder  $CH_3$  ist.
10. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei  $R^1$  und  $R^3$  in der Formel  $R^1O(-CHR^2-CH_2-O)_nR^3$  des mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylendialkylethers ein  $C_1$ - bis  $C_4$ -Alkyl-Rest, besonders bevorzugt ein Methyl-, ein Ethyl-, ein n-Propyl- und/oder ein n-Butyl-Rest, ganz besonders bevorzugt ein Methyl- und Ethyl-Rest und noch bevorzugter ein Methyl-Rest, ist.
11. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Kraftstoff nicht mehr als 5000 ppm, vorzugsweise nicht mehr als 500 ppm und besonders bevorzugt nicht mehr als 100 ppm höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate enthält.

12. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Kraftstoff bis zu 50 Gew.-%, bevorzugt bis zu 20 Gew.-%, besonders bevorzugt bis zu 15 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt bis zu 10 Gew.-%, höhere Kohlenwasserstoffe sowie deren Derivate enthält, wobei unter höheren Kohlenwasserstoffen sowie deren Derivaten Kohlenwasserstoffe mit mehr als drei C-Atomen verstanden werden.

5

13. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, enthaltend mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylen-dialkylether der Formel  $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_3$ , mindestens einen höhermolekularen Polyoxy-methylendialkyl-ether der Formel  $\text{CH}_3\text{O}(-\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_3$ , wobei  $n$  6 bis 10 ist, und mindestens einen Polyalkylenglykolalkylether der Formel  $\text{R}^4\text{O}(-\text{CH}_2\text{CHR}^5\text{O})_n\text{H}$ , wobei  $\text{R}^4$  ein n-Butyl- und  $\text{R}^5$  mindestens einmal ein Wasserstoff-Rest und mindestens einmal ein Methyl-Rest ist.

10

14. Kraftstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Kraftstoff den mindestens einen niedermolekularen Polyoxyalkylen-dialkylether der Formel  $\text{R}^1\text{O}(-\text{CHR}^2\text{CH}_2\text{O})_n\text{R}^3$  zu mindestens 50 Gew.-%, bevorzugt zu mindestens 60 Gew.-%, bevorzugter zu mindestens 70 Gew.-%, besonders bevorzugt zu mindestens 80 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt zu mindestens 90 oder 95 Gew.-%, enthält.

15

15. Verwendung des Kraftstoffs nach einem der vorherigen Ansprüche in einem Verbrennungsmotor, bevorzugt in einem Selbstzündungsmotor, besonders bevorzugt in einem Selbstzündungsmotor, der mit Motorenöl auf Basis von Polyalkylenglykolethern betrieben wird, und/oder als Reduktionsmittel beim Einsatz eines SCR-Katalysators.

20

25

30

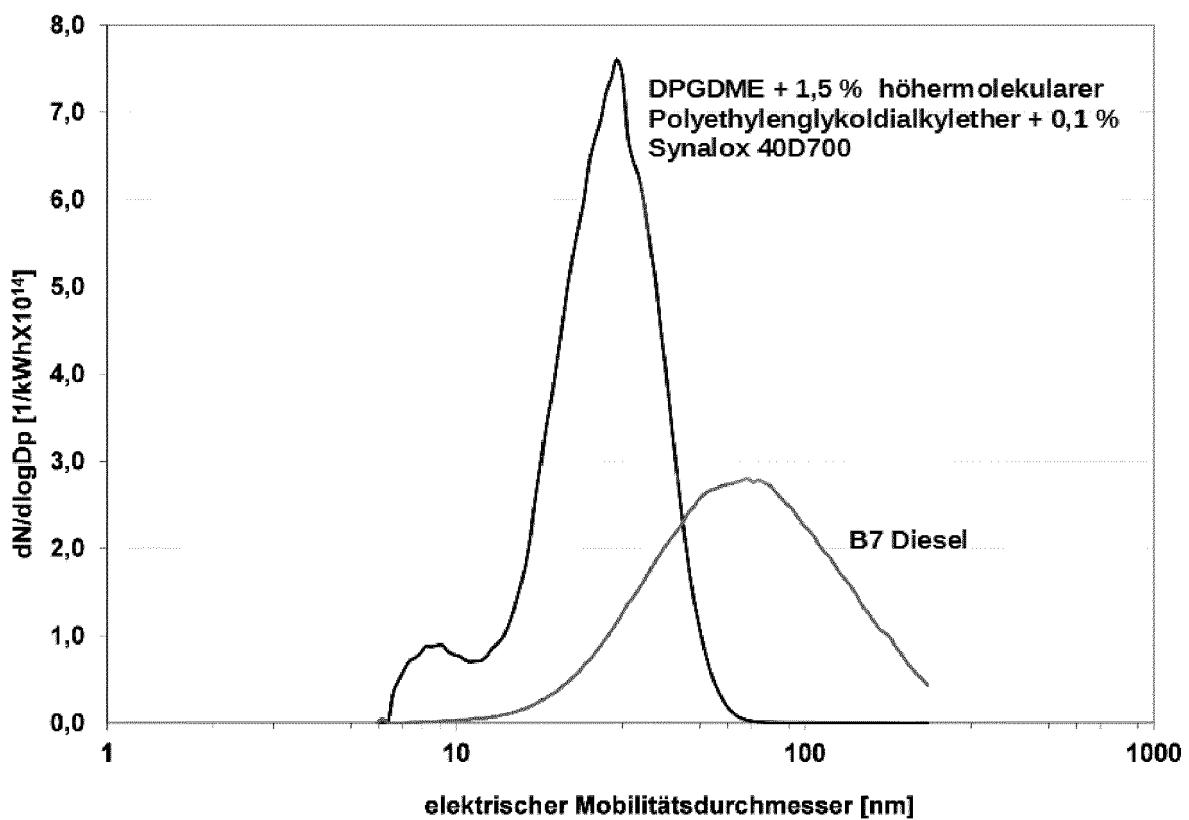
35

40

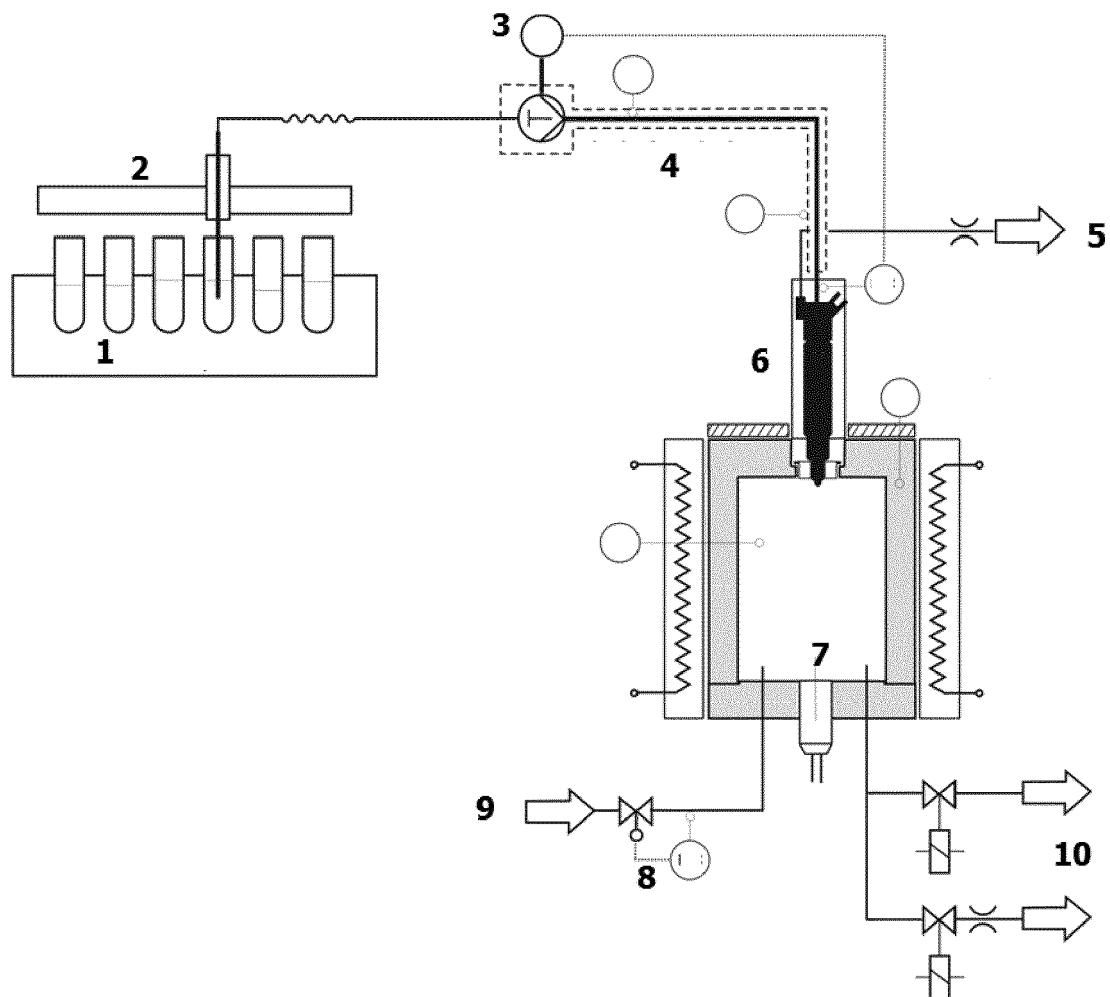
45

50

55



**Fig. 1**



**Fig. 2**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 21 0166

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)	
10	X FELIPE A. DONATE ET AL: "Solvent blends based on dipropylene glycol dimethyl ether for the production of alkyd and polyester resins by the azeotropic process", JCT. JOURNAL OF COATINGS TECHNOLOGY, Bd. 72, Nr. 3, 1. März 2000 (2000-03-01), Seiten 71-77, XP055570574, US ISSN: 0361-8773, DOI: 10.1007/BF02698007 * Tabellen 2, 5 *	1,9,10,12,14	INV. C10L1/185 C10L1/198 C10L10/02	
15				
20	X F. GÓMEZ-CUENCA ET AL: "The influence of propylene glycol ethers on base diesel properties and emissions from a diesel engine", ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT., Bd. 75, 1. November 2013 (2013-11-01), Seiten 741-747, XP055571181, GB ISSN: 0196-8904, DOI: 10.1016/j.enconman.2013.07.012 * Abbildung 6; Tabelle 1 *	1,9,10,15		
25			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)	
30		-/-	C10L C10M C10N	
35				
40				
45				
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04CC03)	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 19. März 2019	Prüfer Greß, Tobias
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 21 0166

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)						
10	X W. MAUS; E. JACOB: "Synthetische Kraftstoffe - OME1: Ein potenziell nachhaltigergestellter Diesalkraftstoff [Synthetic Fuels - OME1: A Potentially Sustainable Diesel Fuel]", 35. INTERNATIONALES WIENER MOTORENSYMPORIUM : 8. - 9. MAI 2014 = 35TH INTERNATIONAL VIENNA MOTOR SYMPOSIUM; IN: FORTSCHRITTBERICHTE VDI [FORTSCHRITTBERICHTE VDI / 12] / VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. - DÜSSELDORF : VDI-VERL, 1985-, ISSN 0933-0992 ; VOL, Bd. 777, Nr. 1, 1. Januar 2014 (2014-01-01), - 9. Mai 2014 (2014-05-09), Seiten 325-347, XP055475922, DE ISBN: 978-3-18-377712-9 * Abbildung 10 *	1-15							
15									
20	X DE 10 2008 032254 A1 (MAN NUTZFAHRZEUGE AG [DE]) 21. Januar 2010 (2010-01-21) * Ansprüche 1, 9, 12, 20, 23; Par. 1; Tab. 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)						
25									
30	X MARTIN HÄRTL ET AL: "Oxygenate screening on a heavy-duty diesel engine and emission characteristics of highly oxygenated oxymethylene ether fuel OME1", FUEL, Bd. 153, 1. August 2015 (2015-08-01), Seiten 328-335, XP055571236, GB ISSN: 0016-2361, DOI: 10.1016/j.fuel.2015.03.012 * Seite 332; Abbildung 3 *	1-15							
35									
40									
45									
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt								
50	<table border="1"> <tr> <td>Recherchenort</td> <td>Abschlußdatum der Recherche</td> <td>Prüfer</td> </tr> <tr> <td>München</td> <td>19. März 2019</td> <td>Greß, Tobias</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p>	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	München	19. März 2019	Greß, Tobias		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
München	19. März 2019	Greß, Tobias							
55			<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>						

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

EP 18 21 0166

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-03-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102008032254 A1	21-01-2010	DE 102008032254 A1 EP 2143778 A2 US 2010005707 A1	21-01-2010 13-01-2010 14-01-2010
20	<hr/>			
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102014101947 **[0005]**

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- *Motortechnischen Zeitschrift MTZ*, 2011, vol. 72, 198-202 **[0002]**
- **OGAWA et al.** *SAE Technical Paper Series*, 2000-01-1819, 2000, 1-11 **[0003]**
- *SAE Technical Paper Series*, 2013-01-1035, 2013 **[0003]**
- *SAE Technical Paper Series*, 2012-01-1053, 2012 **[0004]**
- **R. HEARN ; M. BERGLUND ; M. OSTERMANN ; N. PUSTICEK ; P. TAYLOR.** *Analytica Chimica Acta*, 2005, vol. 532, 55-60 **[0059]**