



(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2022 107 265.5**  
(22) Anmeldetag: **28.12.2022**  
(47) Eintragungstag: **26.01.2023**  
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **09.03.2023**

(51) Int Cl.: **C10L 1/00** (2006.01)  
**C10L 1/08** (2006.01)  
**C10L 1/19** (2006.01)  
**A23N 5/00** (2006.01)  
**F01N 11/00** (2006.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:  
**Roy, Bidesh, Silchar, Assam, IN; Saha, Dipankar, Agartala Tripura, IN**

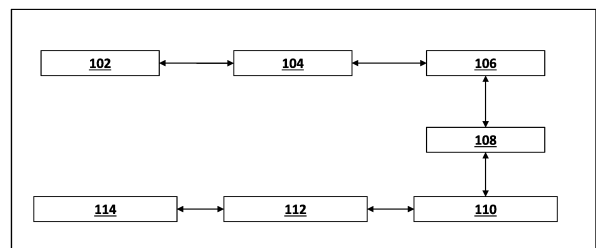
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:  
**Hohendorf Kierdorf Patentanwälte PartGmbH, 50672 Köln, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **System zur Herstellung von Diesel, dotiert mit Nano-Additiven aus Areca-Nussschalen für C-Motoren**

(57) Hauptanspruch: System zur Herstellung von Diesel, dotiert mit Areca-Nuss-Husk-Nanoadditiven für CI-Motoren, wobei das System umfasst:  
einen Handabstreifer zum Entschälen der äußeren Hülle der Areca-Nuss und zum Waschen mit destilliertem Wasser, wobei die gewaschene Areca-Nussschale 72 Stunden lang in der Sonne getrocknet wird;  
eine Schere zum Schneiden von getrockneten Areca-Nussschalen in sehr kleine Stücke;  
einen Mischer zum Zerkleinern von Areca-Nussschalenpartikeln und zum Sammeln der entstandenen Partikel im obersten Teil des Deckels;  
eine Planeten-Kugelmühle zur Umwandlung von Areca-Nussschalen in Nanopartikel für 12 Stunden bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 350 U/min;  
ein elektromagnetisches Rührwerk zum Mischen von Diesel mit der Mischung aus SPAN 80 und Tween 80; und  
einen Ultraschallsonden-Sonicator zur Beschallung von Areca-Nussschalen mit Diesel zur Herstellung von ANH-dotierten Dieselmischungen.

100



**Beschreibung**

## BEREICH DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Offenlegung bezieht sich auf ein System zur Herstellung von Diesel mit Areca-Nuss-Husk Nano-Additiv für Compression-Ignition Engine dotiert. Im Detail, ANH Nano-Zusatz auf die Leistung und Emissionseigenschaften des CI-Motors von Diesel angetrieben.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Der Rückgang der Brennstoffreserven, das Bevölkerungswachstum und der hohe Lebensstandard der städtischen Bevölkerung haben zu einer Energiekrise und einem enormen Anstieg der Brennstoffnachfrage geführt. Es wird prognostiziert, dass der weltweite Kraftstoffverbrauch, vor allem für flüssige Brennstoffe, bis 2035 von 86.1 Millionen Barrel/Tag auf 110.6 Millionen Barrel/Tag steigen wird. Darüber hinaus wird auch der weltweite Absatz von Straßenfahrzeugen zunehmen. Derzeit gibt es weltweit mehr als anderthalb Milliarden Personen- und Nutzfahrzeuge, und es wird erwartet, dass diese Zahlen noch schnell steigen werden. In Übereinstimmung mit dem Verkehrssektor gelten Kompressionszündungsmotoren (CI-Motoren) aufgrund ihrer Zuverlässigkeit, Langlebigkeit, niedrigen Betriebskosten und hohen Effizienz als die Hauptantriebskraft. Kompressionszündungsmotoren verwenden hauptsächlich Diesel als Energiequelle und spielen im Verkehrssektor eine entscheidende Rolle. Dennoch hat die rasche Zunahme von Verbrennungsmotoren die Situation so stark belastet, dass sie zu einer der Hauptursachen für die Luftverschmutzung geworden sind, die sich negativ auf die Gesundheit auswirkt und für vorzeitige Todesfälle verantwortlich ist. Die Schadstoffe tragen zur Verschlechterung der natürlichen Umwelt bei und können Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen verursachen.

**[0003]** Zur Minderung der Emissionen von Verbrennungsmotoren wurden verschiedene Techniken angewandt, wie z. B. Motoränderungen, Nachbehandlungstechnologien, Verwendung von Additiven usw. Unter diesen ist die Verwendung von Additiven die praktikabelste, da weder eine Änderung des Motors noch zusätzliche Ausrüstung erforderlich ist. In den letzten Jahren ist die Verwendung von Additiven in Dieselkraftstoff in den Mittelpunkt gerückt. Verschiedene Additive wurden dem Diesel zugesetzt, um die Verbrennung zu verbessern und die Abgasemissionen von Verbrennungsmotoren zu verringern. Unter den in letzter Zeit in Dieselkraftstoff verwendeten Additiven hat sich die Verwendung von Nano-Additiven als neuartiger und vielversprechender Ausweg erwiesen, der ein Potenzial zur Verringerung der Abgasemissionen und zur Verbesserung der Motorleistung aufweist. Darüber hinaus hat die

Verwendung von Nano-Zusatzstoffen aufgrund ihrer größeren Oberfläche pro Volumeneinheit eine hohe katalytische Aktivität gezeigt, die eine bessere Verteilung von Kraftstoffen und Oxidationsmitteln ermöglicht, was zu einer Verbesserung der Kraftstoffeffizienz und einer Verringerung der Emissionen führt.

**[0004]** Forscher haben berichtet, dass die Zugabe von Mangan (Mn) die Bremsleistung (BP) um 12,48 % erhöhte, während der bremspezifische Kraftstoffverbrauch (BSFC) um 8,17 % gesenkt wurde; Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) und Rauchemissionen wurden ebenfalls reduziert, aber die Stickoxide (NOx) nahmen zu. In einer anderen Untersuchung wurde ein geringerer NOx-Ausstoß durch die Zugabe von Mn-Nano-Additiven festgestellt. Eine Studie mit Mangan-(Mn) und Magnesium- (Mg) Nanoadditiven zeigte eine maximale Reduzierung der BSFC um 4.16 %. Auch die CO- und Rauchemissionen gingen um 16.35 bzw. 29.82 % zurück, die NOx-Emissionen waren jedoch höher. Die Zugabe von Titandioxid (TiO<sub>2</sub>)-Nanoadditiven senkte die BSFC ebenfalls um 22 %, und die CO- und HC-Emissionen wurden um 25 bzw. 18 % reduziert. Auch die Verwendung von Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) zeigte ein ähnliches Potenzial. Dieser Trend stimmt auch mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und einer Mischung aus Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> überein. Eine weitere Untersuchung mit einem Aluminiumoxid-Nano-Zusatz zeigte ebenfalls eine Verringerung aller Emissionen bei gleichzeitiger Verbesserung der BSFC (bis zu 5.5 %). Ebenso zeigten Palladium- und Nickel-Nanoadditive einen ähnlichen Trend bei den oben genannten Parametern im Vergleich zu reinem Diesel ohne Zusätze. Kupferoxid (CuO) zeigte ebenfalls einen signifikanten Trend zur Verringerung der CO-Emissionen (37 %) mit einer marginalen NOx-Reduzierung. Die Ergebnisse in Bezug auf das CuO-Nano-Additiv können auch durch eine andere Studie gestützt werden, in der eine Reduzierung der BSFC um 6 % und der NOx-Emissionen um 19 % im Vergleich zu Dieselkraftstoff beobachtet wurde. Mit einem Fe-basierten Additiv konnte die BSFC um bis zu 3.7 % gesenkt werden, während gleichzeitig die Rauch-, CO- und HC-Emissionen erheblich reduziert wurden, wobei die maximalen Reduzierungen 39.5, 21.1 bzw. 13.1 % betragen. Allerdings stiegen die NOx-Emissionen an, was mit der erwarteten verbesserten Verbrennung im Einklang steht. Die Ergebnisse einer anderen Studie, die sich mit Additiven auf Aluminium-, Bor- und Eisenbasis befasste, zeigten ebenfalls ein ähnliches Potenzial. Die erhöhten Verbrennungstemperaturen führten zu einem Anstieg der NOx-Emissionen, aber aufgrund der vollständigen Verbrennung wurden die CO- und HC-Emissionen um 25-40 % bzw. 4-8 % reduziert. Im Gegensatz dazu wurden in einer anderen Studie mit einem Fe-basierten Nano-Additiv höhere CO- und Rauchemissionen, aber geringere NOx-Emissionen

festgestellt; dieser Trend ist auf die schlechte Zerstäubung zurückzuführen. Das Nano-Additiv Ceroxid ( $\text{CeO}_2$ ) hingegen zeigte bei allen oben genannten Abgasemissionen, einschließlich  $\text{NO}_x$ , einen rückläufigen Trend, was mit der verbesserten Kraftstoffzerstäubung und seiner günstigen intrinsischen katalytischen dWirkung zusammenhängt. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer anderen Untersuchung mit  $\text{CeO}_2$  beobachtet. Ein anderer Artikel mit  $\text{CeO}_2$  zeigte jedoch höhere CO-Emissionen bei niedrigeren  $\text{NO}_x$ -Werten. Ein anderes nanoadditives Kohlenstoff-Nanoröhrchen zeigte eine um 15.2 % niedrigere BSFC, bis zu 23.4 % weniger CO und bis zu 24.1 % weniger HC. Zinkoxid als Nano-Additiv zeigte jedoch höhere CO- und HC-Emissionen, aber geringere  $\text{NO}_x$ -Emissionen und eine niedrigere BSFC im Vergleich zu Diesel.

**[0005]** Der bisherige Ansatz befasst sich hauptsächlich mit metallischen Nano-Additiven, aber Untersuchungen zu nichtmetallischen Additiven sind sehr begrenzt. Aktuelle Daten mit Reishülsen-Nanoadditiven zeigten einen höheren Spitzen-Zylinderdruck, eine höhere Wärmefreisetzungsrates (HRR) und eine verbesserte Verbrennung. HC-, CO- und Rauchemissionen wurden aufgrund der vollständigen Verbrennung und des in den Nano-Additiven vorhandenen Sauerstoffs ebenfalls reduziert. Die erhöhte HRR und die vollständige Verbrennung führten jedoch zu höheren  $\text{NO}_x$ -Emissionen. Ein aus Kokosnussschalen gewonnenes Nano-Additiv wurde auch in einer anderen Studie verwendet, die eine Erhöhung der BSFC, aber eine gleichzeitige Reduzierung von CO, HC und  $\text{NO}_x$  zeigte. Es ist erwähnenswert, dass die oben genannten organischen Nano-Additive mit verschiedenen Biodieselmischungen (nicht mit Diesel) gemischt werden; der Vergleich bezieht sich also auf die jeweiligen Basis-Kraftstoffe und nicht auf Diesel. Die genannten organischen Zusatzstoffe (Reishülsen und Kokosnussschalen) werden in der Regel als landwirtschaftliche Abfälle deponiert. Ein weiterer landwirtschaftlicher Abfall mit ähnlichen elementaren Eigenschaften wie Reishülsen und Kokosnussschalen sind Areca-Nussschalen (ANH). Das Potenzial des ANH-Biozusatzes als Kraftstoffzusatz für Verbrennungsmotoren muss jedoch erst noch erforscht werden.

**[0006]** Es wurde festgestellt, dass enorme Anstrengungen unternommen wurden, um die Abgasemissionen von Verbrennungsmotoren bei vergleichbarer Motorleistung durch die Beimischung von Nano-Additiven in Diesel zu verringern. In diesem Zusammenhang haben Additive auf organischer Basis (z. B. Nano-Additive aus Reishülsen und Kokosnussschalen) eine Verbesserung der Verbrennungs-, Leistungs- und Emissionseigenschaften von Verbrennungsmotoren gezeigt, ohne dass der Motor verändert werden muss. Studien über Nano-Additive auf organischer Basis für Diesel sind jedoch äußerst

selten. Der aus ANH gewonnene Nano-Zusatz wurde bisher noch nicht für die Anwendung in Dieselmotoren untersucht.

**[0007]** In Anbetracht der vorstehenden Ausführungen wird deutlich, dass ein System zur Herstellung von Diesel, der mit einem Nano-Zusatz aus Areca-Nussschalen dotiert ist, für CI-Motoren benötigt wird, und dass die Auswirkungen des ANH-Nano-Zusatzes auf die Leistungs- und Emissionseigenschaften von CI-Motoren mit Dieselantrieb untersucht werden müssen.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Die vorliegende Offenlegung zielt darauf ab, ein System für die Herstellung von Diesel mit Areca-Nuss-Schale Nano-Additiv für CI-Motoren dotiert bereitzustellen. Das System stellt das Nano-Additiv aus Areca-Nussschalen (ANH) her, um die Auswirkungen auf die Emissions-, Verbrennungs- und Leistungsparameter von Kompressionszündungsmotoren zu untersuchen. Die durchschnittliche Größe des kugelförmigen ANH-Nanoadditivs, das durch Kugelmahlen hergestellt wurde, beträgt weniger als 40 nm, und es wurde festgestellt, dass es inhärenten Sauerstoff enthält. Die ANH-Nanoadditive wurden in Konzentrationen von 5, 10 und 15 ppm mit Diesel gemischt und die Mischungen blieben bis zur zweiten Woche stabil. Die Wärmefreisetzungsrates und der Spitzeninnendruck der ANH-haltigen Mischungen stiegen im Vergleich zu reinem Diesel. Bei Volllast sank der bremspezifische Kraftstoffverbrauch um maximal 14.7 %. Die Stickoxidemissionen stiegen jedoch mit der Beimischung von ANH-Nanoadditiven an. Das ANH unterstützte jedoch die Verbrennung und zeigte ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Kohlenmonoxid-, unverbrannten Kohlenwasserstoff- und Rauchemissionen bei allen Lasten. Bei Volllast werden Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoff- und Rauchemissionen um maximal 45.5, 25 bzw. 43.9 % reduziert.

**[0009]** In einer Ausführungsform wird ein System zur Herstellung von Diesel, dotiert mit Areca-Nuss-Schalen-Nanoadditiven, für Kompressionszündungsmotoren offengelegt. Das System umfasst einen Handabstreifer zum Entschälen der äußeren Hülle der Areca-Nuss und zum Waschen mit destilliertem Wasser, woraufhin die gewaschene Areca-Nuss-Schale 72 Stunden lang in der Sonne getrocknet wird. Das System umfasst ferner eine Schere zum Schneiden der getrockneten Areca-Nussschalen in sehr kleine Stücke. Das System umfasst ferner einen Haushaltsmischer zum Zerkleinern von Areca-Nussschalen und zum Sammeln der entstandenen Teilchen im obersten Teil des Deckels. Das System umfasst ferner eine Planetenkugelmühle, die die Areca-Nussschalen 12 Stunden lang mit einer Drehzahl von 350 U/min in Nanopartikel umwandelt. Das

System umfasst außerdem einen elektromagnetischen Rührer zum Mischen von Diesel mit der Mischung aus SPAN 80 und Tween 80. Das System umfasst außerdem einen Ultraschallsonden-Sonicator zum Beschallen von Areca-Nusschalen mit Diesel zur Herstellung von ANH-dotierten Dieselmischungen.

**[0010]** Ein Ziel der vorliegenden Offenbarung ist die Verringerung der BSFC durch den Einbau von ANH.

**[0011]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, die CO-, HC- und Rauchemissionen durch die Dosierung von ANH-Nanoadditiven erheblich zu reduzieren.

**[0012]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein schnelles und kostengünstiges System zur Herstellung von mit Areca-Nuss-Husk-Nanoadditiven dotiertem Diesel für Verbrennungsmotoren bereitzustellen.

**[0013]** Zur weiteren Verdeutlichung der Vorteile und Merkmale der vorliegenden Offenbarung wird eine genauere Beschreibung der Erfindung durch Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen gegeben, die in den beigefügten Figuren dargestellt sind. Es wird davon ausgegangen, dass diese Figuren nur typische Ausführungsformen der Erfindung darstellen und daher nicht als Einschränkung des Umfangs der Erfindung zu betrachten sind. Die Erfindung wird mit zusätzlicher Spezifität und Detail mit den beigefügten Figuren beschrieben und erläutert werden.

#### Figurenliste

**[0014]** Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden besser verstanden, wenn die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren gelesen wird, in denen gleiche Zeichen gleiche Teile in den Figuren darstellen, wobei:

**Fig. 1** zeigt ein Blockdiagramm eines Systems zur Herstellung von mit Areca-Nuss-Husk-Nanoadditiven dotiertem Diesel für Verbrennungsmotoren in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 2** zeigt das Diagramm Zylinderdruckanstieg in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 3** zeigt ein Diagramm der Wärmeabgaberate in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 4** zeigt ein Diagramm der BSFC in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 5** zeigt das EGT-Last-Diagramm in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 6** zeigt ein Diagramm der NO<sub>x</sub>-Emissionen in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 7** zeigt ein Diagramm der CO-Emissionen in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 8** zeigt ein Diagramm der HC-Emissionen in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 9** zeigt ein Diagramm der Rauchemission in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 10** veranschaulicht Tabelle 1 zeigt die Absorptionsbanden und -gruppen von ANH in der FT-IR-Spektrometrie gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**Fig. 11** veranschaulicht die in Tabelle 2 dargestellten EDX - Ergebnisse des ANH-Nanoadditivs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**[0015]** Der Fachmann wird verstehen, dass die Elemente in den Figuren der Einfachheit halber dargestellt sind und nicht unbedingt maßstabsgetreu gezeichnet wurden. Die Flussdiagramme veranschaulichen beispielsweise das Verfahren anhand der wichtigsten Schritte, um das Verständnis der Aspekte der vorliegenden Offenbarung zu verbessern. Darüber hinaus kann es sein, dass eine oder mehrere Komponenten der Vorrichtung in den Figuren durch herkömmliche Symbole dargestellt sind, und dass die Figuren nur die spezifischen Details zeigen, die für das Verständnis der Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung relevant sind, um die Figuren nicht mit Details zu überfrachten, die für Fachleute, die mit der vorliegenden Beschreibung vertraut sind, leicht erkennbar sind.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0016]** Um das Verständnis der Erfindung zu fördern, wird nun auf die in den Figuren dargestellte Ausführungsform Bezug genommen und diese mit bestimmten Worten beschrieben. Es versteht sich jedoch von selbst, dass damit keine Einschränkung des Umfangs der Erfindung beabsichtigt ist, wobei solche Änderungen und weitere Modifikationen des dargestellten Systems und solche weiteren Anwendungen der darin dargestellten Grundsätze der Erfindung in Betracht gezogen werden, wie sie einem

Fachmann auf dem Gebiet der Erfindung normalerweise einfallen würden.

**[0017]** Der Fachmann wird verstehen, dass die vorstehende allgemeine Beschreibung und die folgende detaillierte Beschreibung beispielhaft und erläuternd für die Erfindung sind und diese nicht einschränken sollen.

**[0018]** Wenn in dieser Beschreibung von „einem Aspekt“, „einem anderen Aspekt“ oder ähnlichem die Rede ist, bedeutet dies, dass ein bestimmtes Merkmal, eine bestimmte Struktur oder eine bestimmte Eigenschaft, die im Zusammenhang mit der Ausführungsform beschrieben wird, in mindestens einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung enthalten ist. Daher können sich die Ausdrücke „in einer Ausführungsform“, „in einer anderen Ausführungsform“ und ähnliche Ausdrücke in dieser Beschreibung alle auf dieselbe Ausführungsform beziehen, müssen es aber nicht.

**[0019]** Die Ausdrücke „umfasst“, „enthaltend“ oder andere Variationen davon sollen eine nicht ausschließliche Einbeziehung abdecken, so dass ein Verfahren oder eine Methode, die eine Liste von Schritten umfasst, nicht nur diese Schritte umfasst, sondern auch andere Schritte enthalten kann, die nicht ausdrücklich aufgeführt sind oder zu einem solchen Verfahren oder einer solchen Methode gehören. Ebenso schließen eine oder mehrere Vorrichtungen oder Teilsysteme oder Elemente oder Strukturen oder Komponenten, die mit „umfasst...a“ eingeleitet werden, nicht ohne weitere Einschränkungen die Existenz anderer Vorrichtungen oder anderer Teilsysteme oder anderer Elemente oder anderer Strukturen oder anderer Komponenten oder zusätzlicher Vorrichtungen oder zusätzlicher Teilsysteme oder zusätzlicher Elemente oder zusätzlicher Strukturen oder zusätzlicher Komponenten aus.

**[0020]** Sofern nicht anders definiert, haben alle hierin verwendeten technischen und wissenschaftlichen Begriffe die gleiche Bedeutung, wie sie von einem Fachmann auf dem Gebiet, zu dem diese Erfindung gehört, allgemein verstanden wird. Das System, die Methoden und die Beispiele, die hier angegeben werden, dienen nur der Veranschaulichung und sind nicht als Einschränkung gedacht.

**[0021]** Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren im Detail beschrieben.

**[0022]** Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm eines Systems zur Herstellung von Diesel, der mit einem Areca-Nuss-Schalen-Nanoadditiv dotiert ist, für einen Verbrennungsmotor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Das System 100 umfasst einen Handstripper 102 zum Ent-

schälen der äußeren Hülle der Areca-Nuss und zum Waschen mit destilliertem Wasser, nachdem die gewaschene Areca-Nussschale 72 Stunden lang in der Sonne getrocknet wurde.

**[0023]** In einer Ausführungsform wird eine Schere 104 zum Schneiden von getrockneten Areca-Nussschalen in sehr kleine Stücke verwendet.

**[0024]** In einer Ausführungsform ist ein Mischer 106 mechanisch mit der Schere 104 verbunden, um Areca-Nussschalenpartikel zu zerkleinern und die entstandenen Partikel im obersten Teil des Deckels zu sammeln.

**[0025]** In einer Ausführungsform wird eine Planetenkugelmühle 108 eingesetzt, um die Areca-Nussschalen 12 Stunden lang mit einer Drehzahl von 350 U/min in Nanopartikel zu verwandeln.

**[0026]** In einer Ausführungsform wird ein elektromagnetisches Rührwerk 110 zum Mischen von Diesel mit der Mischung aus SPAN 80 und Tween 80 eingesetzt.

**[0027]** In einer Ausführungsform ist ein Ultraschallsonden-Sonicator 112 mit dem elektromagnetischen Rührer 110 gekoppelt, um Areca-Nussschalen mit Diesel zu beschallen und ANH-dotierte Dieselmischungen herzustellen.

**[0028]** In einer anderen Ausführungsform wird das Tensid eingesetzt, um die Stabilität der Nano-Additive im Kraftstoff zu verbessern, wobei eine Mischung aus SPAN-80 und TWEEN-80 mit einem hydrophil-lipophilen Zwischengleichgewicht (HLB) von 6 verwendet wird und das Gesamtvolumen der Tenside 3 % des Gesamtvolumens der Mischung beträgt.

**[0029]** In einer anderen Ausführungsform wird zunächst Diesel mit dem Gemisch aus SPAN 80 und Tween 80 unter Verwendung des elektromagnetischen Rührers 110 10 Minuten lang gemischt, wobei das Nano-Additiv aus Areca-Nussschalen dem Gemisch in der erforderlichen Menge, ausgewählt aus 5 ppm oder 10 ppm oder 15 ppm, zugesetzt wird.

**[0030]** In einer anderen Ausführungsform erfolgt die Beschallung im Ultraschallsonden-Sonicator 112 für 30 Minuten, wobei die Mischungen als Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm für 5, 10 und 15 ppm ANH-Konzentrationen bezeichnet werden.

**[0031]** In einer anderen Ausführungsform werden die Mischungen genau überwacht, und bis zum Ablauf von 14 Tagen wird in keiner der Mischungen eine Agglomeration festgestellt, so dass die Versuche mit dem Verbrennungsmotor ebenfalls innerhalb

von 14 Tagen nach der Herstellung der Mischungen durchgeführt werden.

**[0032]** In einer anderen Ausführungsform werden Motortests an einem wassergekühlten 3.5-kW-Einzylinder-Viertakt-CI-Motor durchgeführt, bei denen der Zylinderdruck mit einem Piezosensor 114 gemessen und die Druckimpulse bei jedem 0.1-Kurbelwinkel (OCA) zur Erzeugung analoger Ausgangssignale aufgezeichnet werden.

**[0033]** In einer anderen Ausführungsform werden die analogen Ausgangssignale mit Hilfe des Datenerfassungsgeräts NI USB6210 in digitale Werte umgewandelt, und ein Wirbelstrom-Dynamometer wird verwendet, um die Last auf 25, 50, 75 und 100 % zu variieren, wobei zur Messung der EGT ein Thermoelement vom Typ K verwendet wird und der Analysator AVL DIGAS 444N zur Messung der  $\text{NO}_x$ -, HC- und CO-Emissionen sowie das Rauchmessgerät AVL 437 zur Überwachung der Rauchemissionen eingesetzt wird.

**[0034]** Fig. 2 zeigt den Zylinderdruckanstieg in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. ANH (ohne die Früchte) wird in den Geschäften der lokalen Märkte von Aizawl gesammelt, die sonst als Abfall entsorgt worden wären. Das zubereitete ANH-Nanoadditiv wird durch verschiedene analytische Verfahren charakterisiert, die hier erläutert werden. Der von Johnson Plastosonic hergestellte Ultraschallsonden-Sonicator 112 (Titansonde) wird zur Herstellung der Mischungen verwendet. Die physikalisch-chemischen Parameter der Mischungen werden anhand von ATSM-Standards bestimmt, wobei der Durchschnitt von drei Messungen ermittelt wird. Die Motorentests werden in einem wassergekühlten Einzylinder-Viertakt-CI-Motor durchgeführt.

**[0035]** Herstellung und Charakterisierung von ANH-Nanoadditiven Zunächst wird die äußere Hülle manuell mit einem Handabstreifer entfernt, und dann wird der Schalenanteil mit destilliertem Wasser gewaschen. Das nasse ANH wird dann 72 Stunden lang in der Sonne getrocknet, und anschließend wird das getrocknete ANH mit einer Schere 104 in sehr kleine Stücke geschnitten. Die so gewonnenen ANH-Teilchen werden dann mit einem Haushaltsmixer 106 zerkleinert. Dann werden die entstandenen Partikel im obersten Teil des Deckels für die Kugelmühle gesammelt. Schließlich wird das ANH mit einer Planetenkugelmühle 108 (Retsch PM100) 12 Stunden lang bei einer Drehzahl von 350 U/min in Nanopartikel umgewandelt.

**[0036]** Die ANH-Nanoadditive werden mit dem Partikelgrößenanalysator (Microtrack-S3500) analysiert. 46.7 % der Partikel haben einen Durchmesser von 19.7 nm, 42.2 % der Partikel haben einen Durchmes-

ser von 35 nm, 9.9 % der Partikel haben einen Durchmesser von 91 nm, und der Rest (nur 1.2 %) der Partikel hat einen Durchmesser von 474 nm. Die durchschnittliche Größe der ANH-Nano-Zusatzstoffe beträgt weniger als 40 nm. Des Weiteren wurde die FESEM-Analyse durchgeführt, um die Oberflächenmorphologie des ANH bei einer beschleunigten Spannung von 5 kV mit dem Gemini-Säulenanalysator SUPRA 55 VP von Carl Zeiss zu untersuchen. Die 175000-fach vergrößerten FESEM-Mikroaufnahmen des ANH-Nanoadditivs zeigen. Die FESEM-Aufnahmen zeigen, dass die meisten ANH-Partikel eine kugelförmige Gestalt haben, die an der Oberfläche zusammengeballt sind. Die morphologische Beobachtung des ANH-Nanoadditivs weist Ähnlichkeiten mit anderen organischen Nanoadditiven (für die Anwendung in Verbrennungsmotoren) auf, die aus Reishülsen (RH) gewonnen werden, wo kugelförmige Nanopartikel erhalten werden, die gleichmäßig auf der Oberfläche verteilt sind.

**[0037]** In einer beispielhaften Ausführungsform werden die primären funktionellen Gruppen des ANH-Nanoadditivs mittels FT-IR-Analyse bestimmt. Modell TENSOR 27, Spektralbereich  $7500\text{-}375\text{ cm}^{-1}$ ). Die FT-IR-Spektren wurden im Bereich  $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$  mit der Anwendung OPUS (Version 6.5) und einem RT-DLaTGS-Detektor gewonnen. Die FT-IR-Ergebnisse zeigen das Vorhandensein mehrerer funktioneller Gruppen in dem ANH-Nanoadditiv, die verschiedenen Wellenzahlen entsprechen. Die FT-IR-Spektren sind in Tabelle 1 dargestellt, in der die wichtigsten Gruppen und ihre Verbindungsklassen in ANH aufgeführt sind. Es ist zu erkennen, dass es mehrere Peaks gibt, die auf das Vorhandensein verschiedener funktioneller Gruppen hinweisen. Das FT-IR zeigt das Vorhandensein einer O-H-Streckung bei  $3698\text{ cm}^{-1}$ , was auf eine alkoholische Gruppe hinweist, eine Alkan-Gruppe, die aus einer C-H-Streckung bei  $2924\text{ cm}^{-1}$  besteht, eine Alken-Gruppe, die aus einer C=C-Streckung bei  $1457\text{ cm}^{-1}$  besteht, und eine Amin-Gruppe, die aus einer C-N-Streckung bei  $1164\text{ cm}^{-1}$  besteht.

**[0038]** Die verschiedenen Elemente in den ANH-Nanoadditiven werden durch energiedispersive Röntgenanalyse (EDX) mit dem Oxford Instruments X-MAX ( $20\text{ mm}^2$ ) identifiziert. Die Messungen werden im Energiebereich von 0-6 keV aufgezeichnet. Die EDX-Ergebnisse zeigten das Vorhandensein der erwarteten Elemente wie C, O, K, Cl, Si, Ca, Mg, S und P in den ANH-Nanopartikeln. Die größte Menge an Kohlenstoff (61.28 % auf Massenbasis) ist in dem ANH-Nano-Additiv vorhanden, gefolgt von der zweithöchsten Konzentration an Sauerstoff (27.72 %). Tabelle 2 zeigt die Massen- und Atomprozentätze der verschiedenen Elemente, die im ANH-Nanoadditiv enthalten sind.

## Vorbereitung der Mischung

**[0039]** ANH-dotierte Dieselmischungen werden mit Hilfe eines elektromagnetischen Rührers 110 und eines Ultraschallsonden-Sonicators 112 hergestellt. Der Einsatz geeigneter Tenside zur Verbesserung der Stabilität von Nano-Additiven im Kraftstoff ist eine der wichtigsten Strategien, die derzeit angewendet werden. Es wird eine Mischung aus SPAN-80 und TWEEN-80 mit einem mittleren hydrophil-lipophilen Gleichgewicht (HLB) von 6 verwendet, das Gesamtvolumen der Tenside beträgt 3 % des Gesamtvolumens der Mischung. Zunächst wird Diesel mit der Mischung aus SPAN 80 und Tween 80 mit einem elektromagnetischen Rührer 110 (10 Minuten lang) vermischt. Dann wird dem Gemisch das ANH-Nanoadditiv in der gewünschten Menge (5 ppm oder 10 ppm oder 15 ppm) zugesetzt, und es wird 30 Minuten lang in einem Ultraschallsonden-Sonicator 112 beschallt. Die Mischungen werden als Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm für 5, 10 bzw. 15 ppm ANH-Konzentrationen bezeichnet. Die Mischungen werden genau beobachtet, um ihre Stabilität zu ermitteln. Bis zum Ablauf von 14 Tagen wird bei keiner der Mischungen eine Agglomeration festgestellt. Daher werden die Experimente mit dem Verbrennungsmotor ebenfalls innerhalb von 14 Tagen nach der Herstellung der Mischungen durchgeführt.

## Experimenteller Aufbau

**[0040]** Die Motortests werden an einem 3.5 kW 1-Zylinder 4-Takt wassergekühlten CI-Motor durchgeführt. Der Zylinderdruck wird mit einem Piezo-Sensor 114 (PCB, Modell111A22) gemessen. Die Druckimpulse werden bei jedem Kurbelwinkel von 0.1 Grad (OCA) aufgezeichnet. Die analogen Signale werden mit dem NI USB6210 Datenerfassungsgerät (DAQ) in digitale Werte umgewandelt. Für die Verbrennungsanalyse wird die Software Engine Soft verwendet. Ein Wirbelstrom-Dynamometer wird zur Variation der Last (25, 50, 75 und 100 %) verwendet. Für die Messung der EGT wird ein Thermoelement vom Typ K verwendet. Der Analysator AVL DIGAS 444N wird zur Messung der NO<sub>x</sub>-, HC- und CO-Emissionen verwendet, während das Rauchmessgerät AVL 437 zur Überwachung der Rauchemissionen eingesetzt wird.

**[0041]** Fig. 3 zeigt die Wärmeabgaberate in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

Verbrennungseigenschaften Druck im Zylinder und Wärmefreisetzungsrate

**[0042]** Fig. 2 und Fig. 3 zeigen den Zylinderinnendruck und die Netto-Wärmefreisetzungsrate (HRR) bei Vollast für Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm und Diesel. Aus Abb. 2 und Abb. 3 ist

ersichtlich, dass alle ANH-haltigen Mischungen einen höheren Spitzendruck und eine höhere HRR als Diesel aufweisen. Dies ist auf die längere Zündverzögerung zurückzuführen, die eine schnellere Verbrennung bewirkt. Die längere Zündverzögerung ist auf die niedrigere Cetanzahl der ANH-haltigen Mischungen zurückzuführen. Eine niedrigere Cetanzahl führt zu einer längeren Zündverzögerung, da der Kraftstoff mehr Zeit benötigt, um vollständig zu verdampfen. Aufgrund der längeren Zündverzögerung wird mehr Kraftstoff in der Vormischphase verbrannt, was zu dem höheren Spitzendruck und der HRR beiträgt. Darüber hinaus haben ANH-haltige Mischungen einen höheren Heizwert, eine höhere Dichte und eine höhere kinematische Viskosität, was ebenfalls zu einem höheren Zylinderinnendruck und einer höheren HRR führen kann. Darüber hinaus können Nanopartikel auch zur Verbesserung des Einspritzmoments und der Durchdringungsrate des Kraftstoffstrahls beitragen, was zu einem höheren Zylinderinnendruck und einer höheren HRR führt. Alle oben genannten Zusammenhänge stimmen mit den Ergebnissen überein, die einen höheren Spitzendruck und eine höhere HRR für Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm im Vergleich zu Diesel ergeben.

**[0043]** Fig. 4 zeigt die BSFC in Abhängigkeit von der Last in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Die Variation der BSFC von Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm und Diesel in Abhängigkeit von der Last ist in Abb. 4 dargestellt. Die BSFC hat die allgemeine Tendenz, mit zunehmender Last zu sinken. Diese Tendenz ist auf eine höhere Gesamtenergieabgabe bei höherer Last zurückzuführen, während die Reibungsverluste fast gleich bleiben, so dass die Nettoleistung steigt und die BSFC sinkt. Ein weiterer Grund könnte der höhere Zylinderdruck und die höhere Temperatur bei höherer Last sein, wodurch die Verbrennungseffizienz steigt. Durch die Zugabe von ANH-Nanoadditiven wird bei jeder Last ein Trend zu einer niedrigeren BSFC im Vergleich zum Dieselmotor beobachtet. Durch die Zugabe von Nanopartikeln wird die Oxidationsreaktion verstärkt und ein Überschuss an Sauerstoffmolekülen in den ANH-Nanopartikeln begünstigt die Verbrennungsreaktion und senkt die BSFC. Darüber hinaus führt das verbesserte Oberflächen-Volumen-Verhältnis zu einer Verringerung der BSFC. Bei Vollast sank die BSFC von Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm im Vergleich zu Diesel um 2.9, 8.8 und 14.7 %.

**[0044]** Fig. 5 zeigt das EGT-Last-Diagramm in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Abb. 5 zeigt die EGT-Werte von Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm und Diesel. Bei allen Lasten sind die EGT-Werte von ANH-dosierten Mischungen höher als die

von Diesel. Die Beimischung von ANH erhöht den Spitzeninnendruck im Zylinder und die HRR, was zu höheren EGT-Werten im Vergleich zu Diesel führt. Die Beimischung von Nano-Additiven kann zur Verbesserung des Einspritzimpulses und der Durchdringungsrate des Kraftstoffstrahls beitragen, was zu einem höheren HRR-Wert und damit zu einem höheren EGT-Wert führen kann. Darüber hinaus sorgen die katalytische Wirkung und der höhere Sauerstoffgehalt in ANH für eine bessere Verbrennung, was zu einer höheren HRR führt. Aufgrund der höheren HRR wird eine größere Wärmemenge durch das Abgas transportiert, so dass auch die AGT höher ist. Unter den ANH-haltigen Emulsionen wurde der höchste EGT-Anstieg bei Diesel+15 ppm im Vergleich zu Diesel festgestellt. Bei Vollast stieg die EGT für Diesel +15 ppm im Vergleich zu Diesel um 6.7 % an.

**[0045] Fig. 6** zeigt ein Diagramm der  $\text{NO}_x$ -Emissionen in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.  $\text{NO}_x$  wird durch Oxidation bei erhöhter Verbrennungstemperatur im Zylinder erzeugt.  $\text{NO}_x$  wird aus Stickstoffoxid (NO) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) gebildet, wobei NO der Hauptbestandteil ist. Die Temperatur im Zylinder ist eine der Hauptursachen für die  $\text{NO}_x$ -Bildung. Die  $\text{NO}_x$ -Werte bei verschiedenen Lasten für Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm und Diesel sind in **Abb. 6** dargestellt. Bei allen getesteten Proben stieg der  $\text{NO}_x$ -Wert mit zunehmender Last an. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei höherer Last mehr Kraftstoff verbraucht wird, was zu einer höheren Verbrennungstemperatur führt, die die  $\text{NO}_x$ -Bildung begünstigt. Die Beimischung von ANH erhöhte die  $\text{NO}_x$ -Bildung im Vergleich zu Diesel. Dies ist auf den höheren Spitzendruck und HRR der Mischungen im Vergleich zu Diesel zurückzuführen. Dies könnte auch auf den erhöhten Heizwert der Mischungen mit den vorhandenen Nanopartikeln zurückzuführen sein, was letztlich die  $\text{NO}_x$ -Emissionen erhöht. Der dem ANH innewohnende Sauerstoffgehalt kann die Verbrennung fördern, was zu einem höheren Spitzendruck im Zylinder und einer höheren HRR und damit zu einer erhöhten  $\text{NO}_x$ -Emission führt. Der  $\text{NO}_x$ -Gehalt stieg also mit zunehmender Konzentration des ANH-Zusatzes.

**[0046] Fig. 7** zeigt das Diagramm der CO-Emissionen in Abhängigkeit von der Last in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Die CO-Erzeugung im Verbrennungsmotor ist hauptsächlich auf einen unzureichenden Kraftstoffverbrauch und einen Mangel an Sauerstoff zurückzuführen, der bei der Verbrennung als Zwischenprodukt entsteht. Die Trends der CO-Bildung in Abhängigkeit von der Last bei Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm und Diesel sind in **Abb. 7** dargestellt. Die CO-Bildung nahm bei allen Kraftstoffen mit der Last zu, was auf die höhere eingespritzte Kraftstoffmenge bei höheren Lasten

zurückzuführen sein könnte. Dies kann unterstützt werden. Die Beimischung von ANH hat das Potenzial gezeigt, die CO-Emissionen im Vergleich zu reinem Diesel zu verringern. Dies ist auf den inhärenten Sauerstoffgehalt in ANH zurückzuführen, der die Verbrennung verbessert und die Oxidation von CO zu  $\text{CO}_2$  unterstützt. Bei Vollast ist der CO-Gehalt von Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm um 9.1, 27.3 und 45.5 % niedriger als bei Diesel.

**[0047] Fig. 8** zeigt ein Diagramm der HC-Emissionen in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Die HC-Bildung umfasst unverbrannte Kraftstoffmoleküle, die der Verbrennung entgangen sind. Die Hauptursache für HC-Emissionen ist eine unzureichende Kraftstoffverbrennung im Motor. **Abb. 8** zeigt die Veränderung der HC-Emissionen in Abhängigkeit von der Last. Die HC-Emissionen nehmen mit der Last zu, da bei höherer Last eine größere Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Durch die Beimischung von ANH in Dieselkraftstoff wird der HC-Ausstoß jedoch verringert. Dies ist auf den inhärenten Sauerstoffgehalt von ANH zurückzuführen, der die Verbrennung verbessert. Der Sauerstoffgehalt von ANH verhindert, dass der Kohlenwasserstoff aus dem Verbrennungsprozess entweicht, wodurch die HC-Emissionen reduziert werden. Die HC-Emissionen werden bei Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm bzw. Diesel+15 ppm im Vergleich zu Diesel um 9.1, 16.7 bzw. 25 % (bei Vollast) reduziert.

**[0048] Fig. 9** zeigt ein Diagramm der Rauchemission in Abhängigkeit von der Last gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Rauch ist ein Gemisch aus vielen mikroskopisch kleinen Partikeln, Flüssigkeitsdämpfen, verbranntem Öl und anderen Stoffen, aber der auffälligste Hauptbestandteil ist Ruß. Die homogene Beschaffenheit der Ladung ist der vorherrschende Faktor, der den Rauchpegel beeinflusst. **Abb. 9** zeigt die Rauchentwicklung für Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm und Diesel bei unterschiedlichen Lasten. Die Zugabe von ANH zu Diesel in unterschiedlichen Konzentrationen reduzierte die Rauchentwicklung. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Vorhandensein von ANH den Verbrennungsprozess verbessert, indem es dem Dieselkraftstoff den ihm innewohnenden Sauerstoff zuführt. Ein ähnlicher Trend zur Verringerung der Rauchentwicklung wurde auch bei der Beimischung von organischen Reishülsen als Nano-Zusatz festgestellt. Der inhärente Sauerstoffgehalt in den Nanopartikeln wird als Grund für die erhebliche Verringerung der Rauchemissionen hervorgehoben. Bei Vollast sank die Rauchemission von Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm um 24.4, 34.1 bzw. 43.9 % im Vergleich zu reinem Diesel.

**[0049] Fig. 10** veranschaulicht Tabelle 1 zeigt die FT-IR-Spektrometrie-Absorptionsbanden und -grup-



pen von ANH gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

**[0050]** Fig. 11 veranschaulicht Tabelle 2 zeigt die EDX-Ergebnisse des ANH-Nanoadditivs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung.

**[0051]** Es werden ANH-Nano-Zusatzstoffe mit einem durchschnittlichen Durchmesser von weniger als 40 nm hergestellt. Die meisten ANH-Teilchen haben eine kugelförmige Gestalt, und es wird das Vorhandensein von Alkan-, Alken-, Amin- und alkoholischen Gruppen in ANH beobachtet. Elemente wie C, O, K, Cl, Si, Ca, S und P sind in dem ANH-Nanoadditiv vorhanden. Das ANH-Nanoadditiv wird mit Diesel in Konzentrationen von 5, 10 und 15 ppm für die Anwendung in Verbrennungsmotoren gemischt. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung lauten:

- Die Beimischung von ANH in Diesel führte zu einem höheren Zylinderspitzenruck und einer höheren HRR. Der den ANH-Nanopartikeln innewohnende Sauerstoffüberschuss unterstützt die Verbrennungsreaktion und führt zu einer vollständigen Verbrennung.
- Die Beimischung von ANH reduzierte die BSFC. Bei Volllast sank die BSFC von Diesel +5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm um 2.9, 8.8 und 14.7 % im Vergleich zu Diesel.
- Die CO-, HC- und Rauchemissionen gingen mit der Dosierung des ANH-Nano-Additivs deutlich zurück, wobei die stärkste Reduzierung bei Diesel+15 ppm zu verzeichnen war. Bei Volllast zeigte Diesel+15 ppm eine Verringerung der CO-, HC- und Rauchemissionen um 45.5, 25 und 43.9 % im Vergleich zu Diesel ohne ANH.

**[0052]** Insgesamt kann die Beimischung von ANH-Nanoadditiven in Diesel eine praktikable und erneuerbare Alternative für den Einsatz in Verbrennungsmotoren sein, ohne dass Änderungen am Motor erforderlich sind.

**[0053]** Das System 100 offenbart einen erstmaligen Ansatz für die Untersuchung der Auswirkungen von Nano-Zusatzstoffen aus Areca-Nuss-Schalen (ANH) auf die Emissions-, Verbrennungs- und Leistungsparameter von Selbstzündungsmotoren. Die durchschnittliche Größe des kugelförmigen ANH-Nanoadditivs, das durch Kugelmahlen hergestellt wurde, beträgt weniger als 40 nm, und es wurde festgestellt, dass es inhärenten Sauerstoff enthält. Die ANH-Nanoadditive wurden mit Diesel in Konzentrationen von 5, 10 und 15 ppm (Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm, Diesel+15 ppm) gemischt, und die Mischungen blieben bis zur zweiten Woche stabil. Die Wärmefreisetzungsrate und der Spitzeninnendruck der ANH-haltigen Mischungen stiegen im Vergleich zu reinem

Diesel. Bei Volllast sank der bremspezifische Kraftstoffverbrauch um maximal 14.7 %. Die Stickoxidemissionen stiegen jedoch mit der Beimischung von ANH-Nanoadditiven an. Da ANH jedoch die Verbrennung unterstützte, zeigte sich ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der Kohlenmonoxid-, unverbrannten Kohlenwasserstoff- und Rauchemissionen bei allen Lasten. Bei Volllast sanken die Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoff- und Rauchemissionen um maximal 45.5, 25 bzw. 43.9 0/0.

**[0054]** Die Figuren und die vorangehende Beschreibung zeigen Beispiele für Ausführungsformen. Der Fachmann wird verstehen, dass eines oder mehrere der beschriebenen Elemente durchaus zu einem einzigen Funktionselement kombiniert werden können. Alternativ dazu können bestimmte Elemente in mehrere Funktionselemente aufgeteilt werden. Elemente aus einer Ausführungsform können einer anderen Ausführungsform hinzugefügt werden. So kann beispielsweise die Reihenfolge der hier beschriebenen Prozesse geändert werden und ist nicht auf die hier beschriebene Weise beschränkt. Darüber hinaus müssen die Aktionen eines Flussdiagramms nicht in der gezeigten Reihenfolge ausgeführt werden; auch müssen nicht unbedingt alle Aktionen durchgeführt werden. Auch können die Handlungen, die nicht von anderen Handlungen abhängig sind, parallel zu den anderen Handlungen ausgeführt werden. Der Umfang der Ausführungsformen ist durch diese spezifischen Beispiele keineswegs begrenzt. Zahlreiche Variationen sind möglich, unabhängig davon, ob sie in der Beschreibung explizit aufgeführt sind oder nicht, wie z. B. Unterschiede in der Struktur, den Abmessungen und der Verwendung von Materialien. Der Umfang der Ausführungsformen ist mindestens so groß wie in den folgenden Ansprüchen angegeben.

**[0055]** Vorteile, andere Vorzüge und Problemlösungen wurden oben im Hinblick auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben. Die Vorteile, Vorzüge, Problemlösungen und Komponenten, die dazu führen können, dass ein Vorteil, ein Nutzen oder eine Lösung auftritt oder ausgeprägter wird, sind jedoch nicht als kritisches, erforderliches oder wesentliches Merkmal oder Komponente eines oder aller Ansprüche zu verstehen.

#### Bezugszeichenliste

100	Blockdiagramm eines Systems zur Aufbereitung von mit Areca-Nuss-Husk-Nano-Zusatzstoffen dotiertem Diesel für Verbrennungsmotoren .
102	Handabstreifer
104	Schere
106	Rührwerk

108	Planeten-Kugelmühle
110	Elektromagnetischer Rührer
112	Ultraschallsonde Sonicator
114	Piezo-Sensor

von 14 Tagen nach der Herstellung der Mischungen durchgeführt werden.

6. System nach Anspruch 1, wobei ein Motortest an einem wassergekühlten 3.5-kW-1-Zylinder-4-Takt-CI-Motor durchgeführt wird, bei dem der Zylinderdruck mit einem Piezosensor gemessen wird und die Druckimpulse bei jedem 0.1-Kurbelwinkel (OCA) zur Erzeugung analoger Ausgangssignale aufgezeichnet werden.

7. System nach Anspruch 6, wobei die analogen Ausgangssignale unter Verwendung der Datenerfassungsausrüstung NI USB6210 in digitale Werte umgewandelt werden und ein Wirbelstrom-Dynamometer verwendet wird, um die Last auf 25, 50, 75 und 100 % zu variieren, wobei zur Messung der EGT ein Thermoelement vom Typ K verwendet wird und der Analysator AVL DIGAS 444N zur Messung der NOx-, HC- und CO-Emissionen verwendet wird, während das Rauchmessgerät AVL 437 zur Überwachung der Rauchemissionen verwendet wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

### Schutzansprüche

1. System zur Herstellung von Diesel, dotiert mit Areca-Nuss-Husk-Nanoadditiven für CI-Motoren, wobei das System umfasst:

einen Handabstreifer zum Entschälen der äußeren Hülle der Areca-Nuss und zum Waschen mit destilliertem Wasser, wobei die gewaschene Areca-Nusschale 72 Stunden lang in der Sonne getrocknet wird;  
 eine Schere zum Schneiden von getrockneten Areca-Nussschalen in sehr kleine Stücke;  
 einen Mischer zum Zerkleinern von Areca-Nussschalenpartikeln und zum Sammeln der entstandenen Partikel im obersten Teil des Deckels;  
 eine Planeten-Kugelmühle zur Umwandlung von Areca-Nussschalen in Nanopartikel für 12 Stunden bei einer Rotationsgeschwindigkeit von 350 U/min;  
 ein elektromagnetisches Rührwerk zum Mischen von Diesel mit der Mischung aus SPAN 80 und Tween 80; und  
 einen Ultraschallsonden-Sonicator zur Beschallung von Areca-Nussschalen mit Diesel zur Herstellung von ANH-dotierten Dieselmischungen.

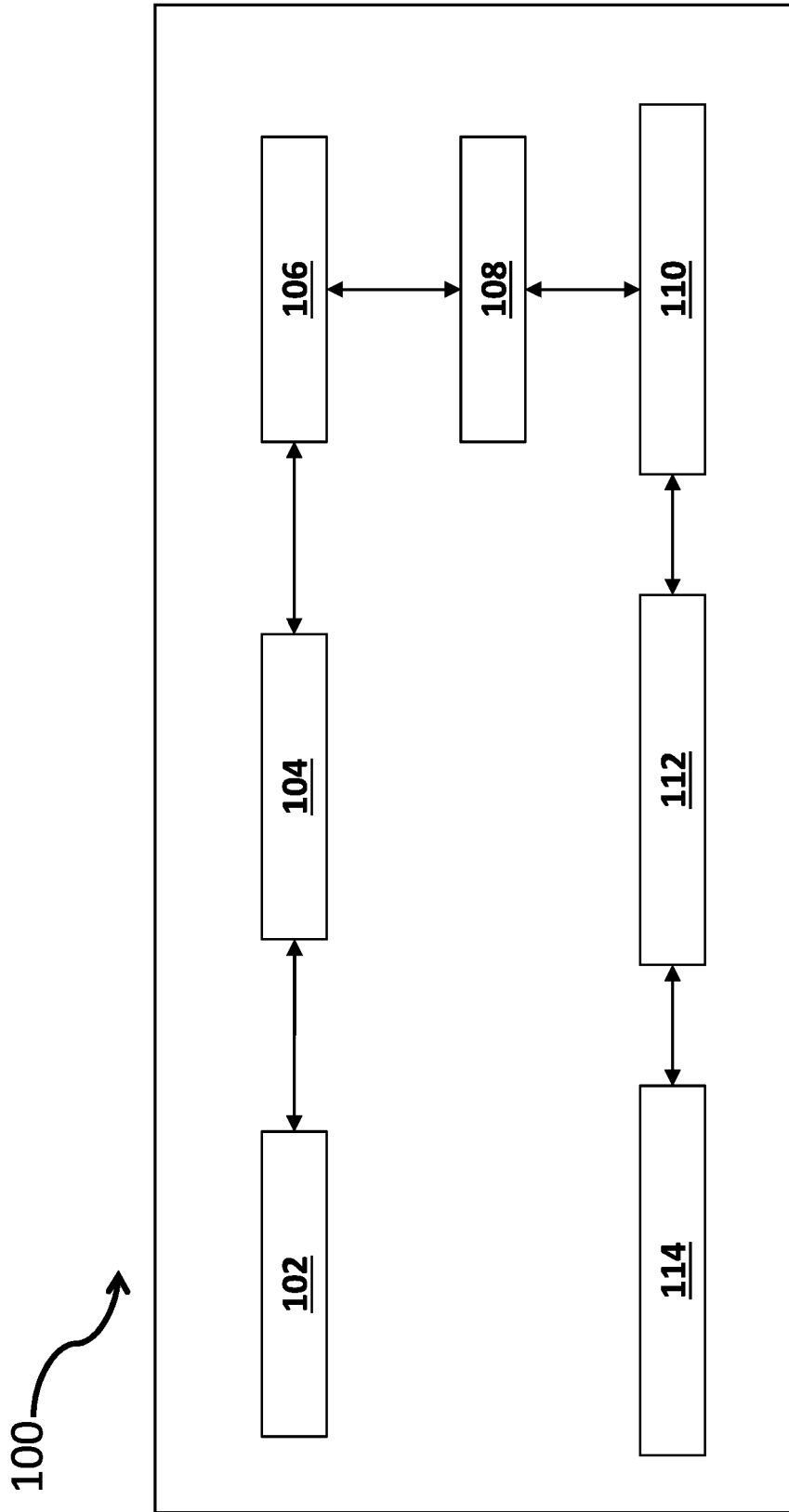
2. System nach Anspruch 1, wobei das Tensid eingesetzt wird, um die Stabilität von Nano-Additiven im Kraftstoff zu verbessern, wobei eine Mischung aus SPAN-80 und TWEEN-80 mit einem hydrophil-lipophilen Zwischengleichgewicht (HLB) von 6 verwendet wird und das Gesamtvolumen der Tenside 3 % des Gesamtvolumens der Mischung beträgt.

3. System nach Anspruch 1, wobei zunächst Diesel mit dem Gemisch aus SPAN 80 und Tween 80 unter Verwendung des elektromagnetischen Rührers 10 Minuten lang gemischt wird, wodurch das Areca-Nussschalen-Nanoadditiv dem Gemisch in dem erforderlichen Anteil zugesetzt wird, der aus 5 ppm oder 10 ppm oder 15 ppm ausgewählt wird.

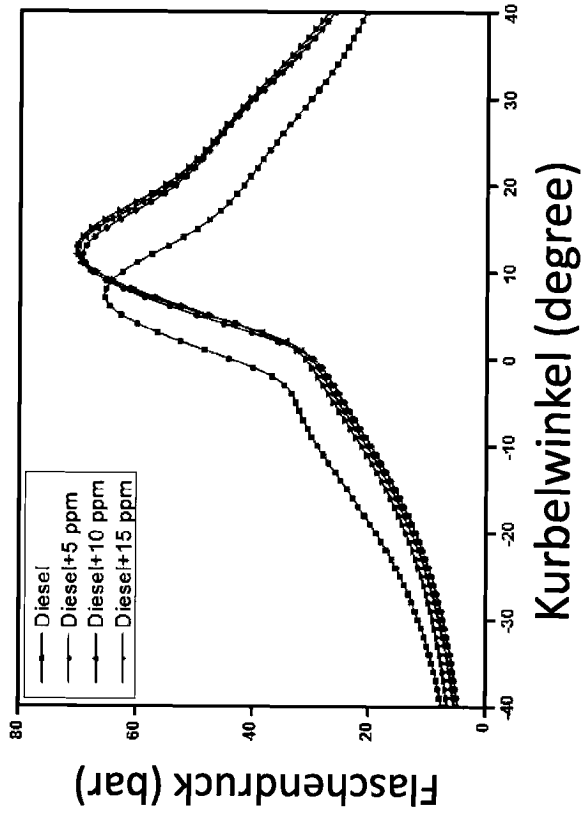
4. System nach Anspruch 1, wobei die Beschallung in einem Ultraschallsonden-Sonicator 30 Minuten lang durchgeführt wird, wobei die Mischungen als Diesel+5 ppm, Diesel+10 ppm und Diesel+15 ppm für 5, 10 und 15 ppm ANH-Konzentrationen bezeichnet werden.

5. System nach Anspruch 1, bei dem die Mischungen genau überwacht werden und bis zu 14 Tage lang keine Agglomeration in irgendeiner der Mischungen festgestellt wird, wodurch die Experimente mit dem Verbrennungsmotor ebenfalls innerhalb

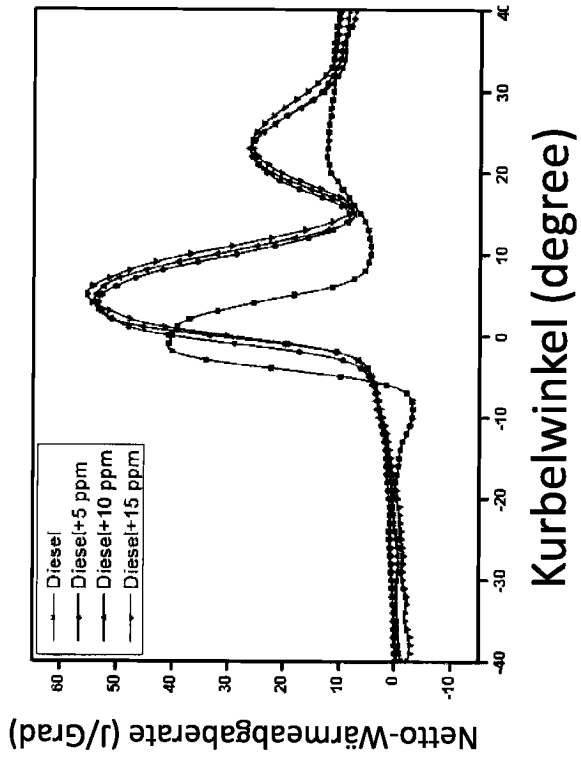
Anhängende Zeichnungen



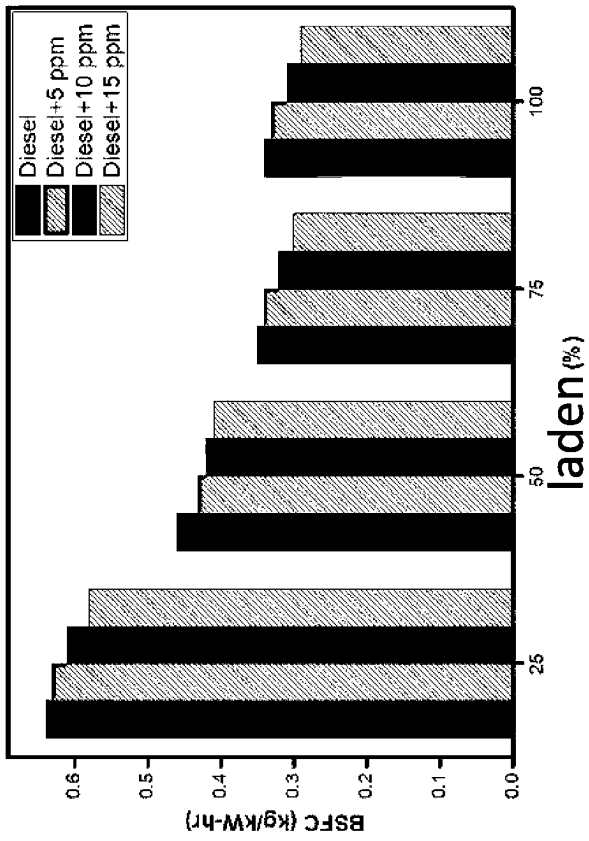
**Figur 1**



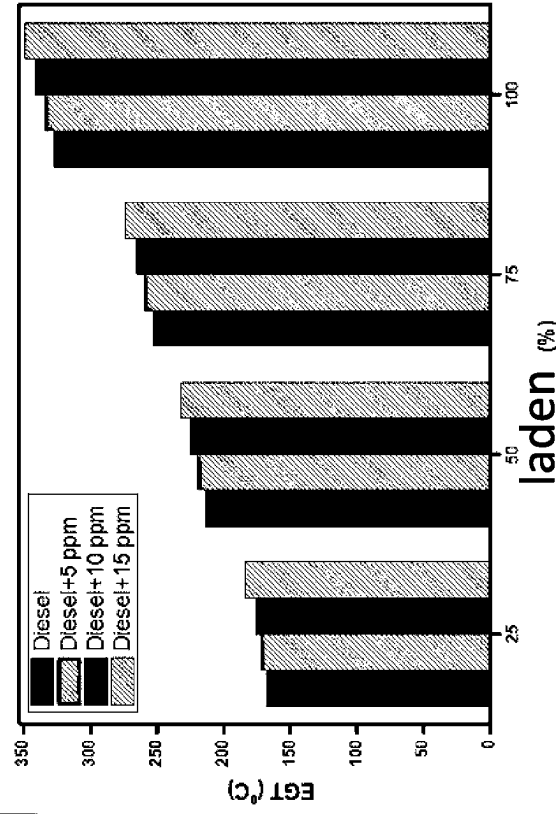
**Figur 2**



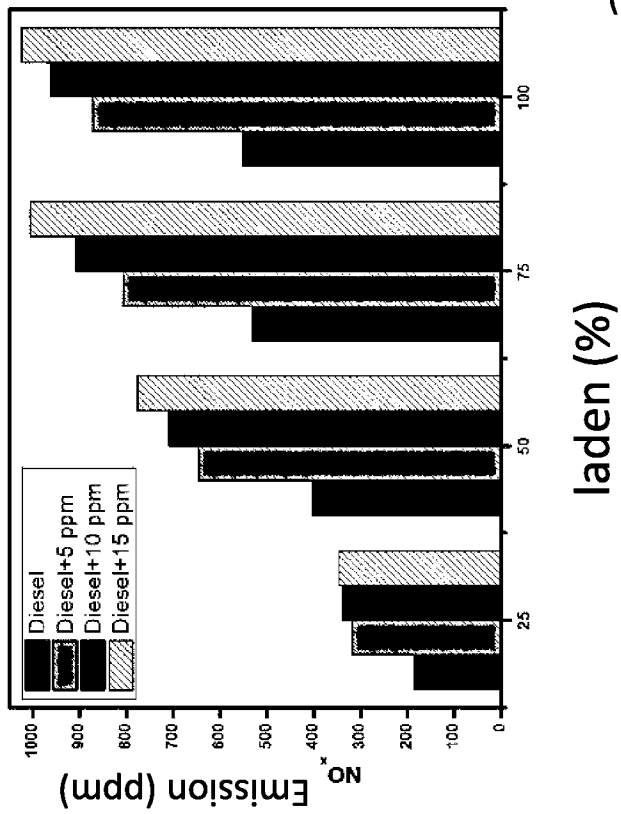
**Figur 3**



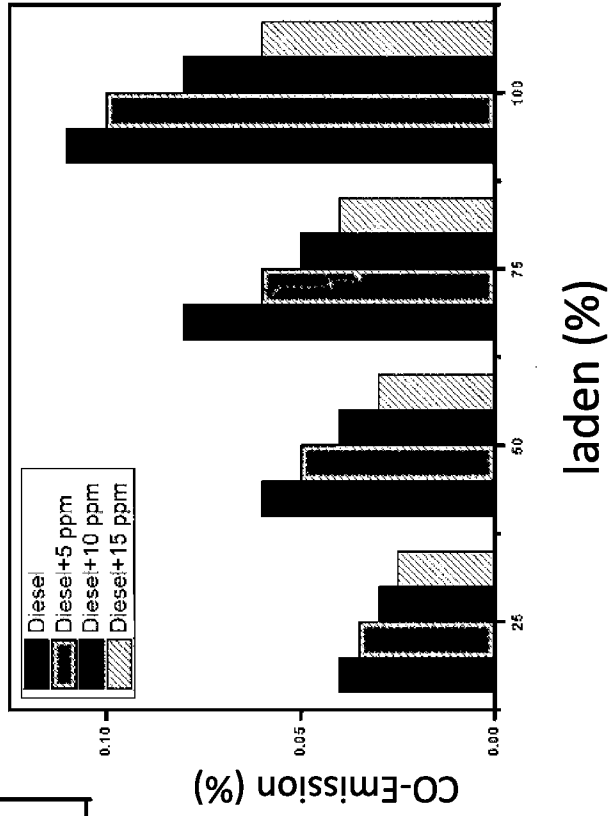
**Figur 4**



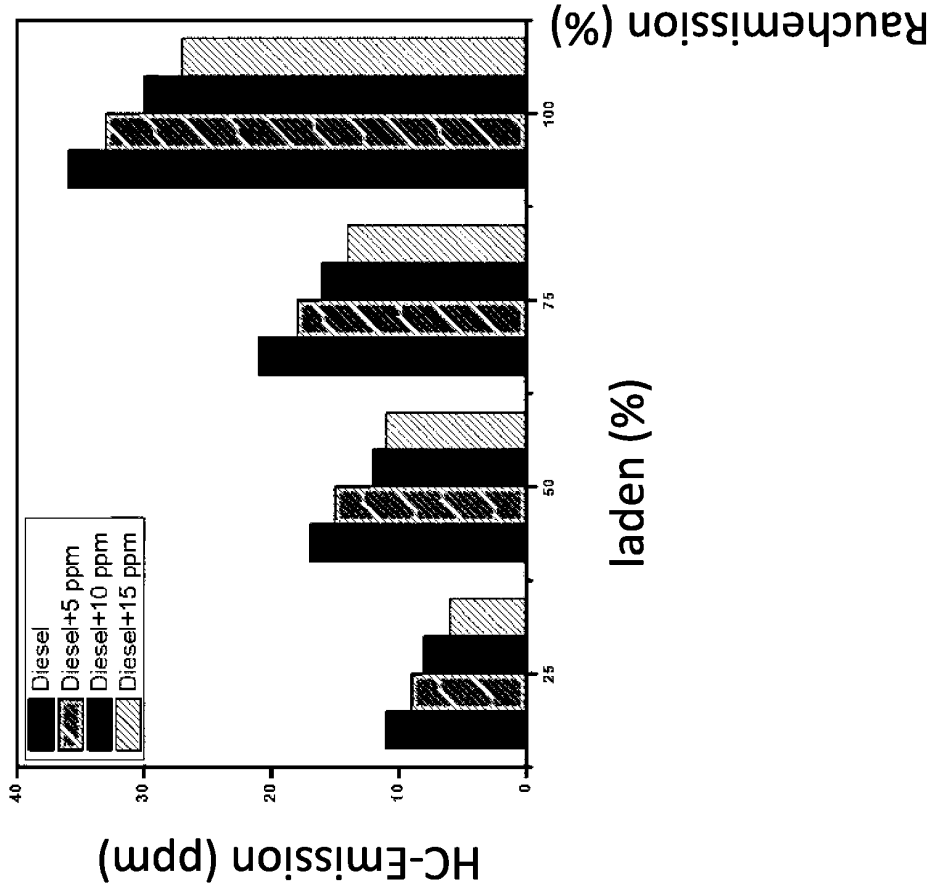
**Figur 5**



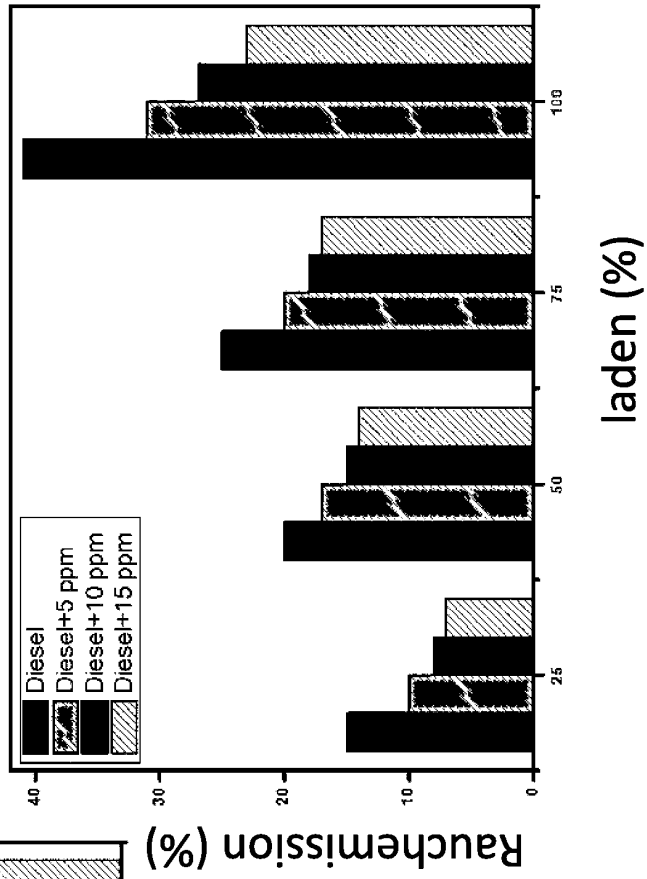
**Figur 6**



**Figur 7**



**Figur 8**



**Figur 9**

Wellenlänge (cm <sup>-1</sup> )	Gruppe	Klasse der Verbindung
1164.39	C-N Dehnung	Amin
1457.46	C=C Dehnung	Alkene
2924.14	C-H Dehnung	Alkane
3698.16	O-H Dehnung	Alkohol

**Figur 10**

Element	Gewicht (%)	Atomic (%)
C	61.28	71.41
O	27.72	24.25
K	5.52	1.98
Cl	2.59	1.02
Si	1.40	0.70
Ca	0.71	0.25
Mg	0.44	0.26
S	0.32	0.14
P	0.01	0.00

**Figur 11**