



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 603 15 721 T2 2008.06.05

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 588 449 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: H01M 8/10 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 603 15 721.1

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US03/33133

(96) Europäisches Aktenzeichen: 03 777 697.8

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2004/054021

(86) PCT-Anmeldetag: 17.10.2003

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 24.06.2004

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 26.10.2005

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 15.08.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 05.06.2008

(30) Unionspriorität:

315589 10.12.2002 US

(73) Patentinhaber:

3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR

(72) Erfinder:

VELAMAKANNI, Bhaskar V., Saint Paul, MN  
55133-3427, US; MEKALA, David R., Saint Paul,  
MN 55133-3427, US; HANSON, Eric J., Saint Paul,  
MN 55133-3427, US

(54) Bezeichnung: KATALYSATORTINTE

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft eine Katalysatortintenzusammensetzung, in der Regel zur Verwendung bei der Fertigung von Membranelektrodenzusammenstellungen, die in Brennstoffzellen verwendet werden.

**[0002]** Die europäische Patentanmeldung EP 0 955 687 A2 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Aufschlämmung zur Bildung einer Katalysatorschicht einer PEM-Brennstoffzellelektrode. In dem offenbarten Verfahren wird zu einer Wasser/Alkohol-Lösung eines Perfluorsulfonationomers (PSFI) (wie Nafion™) MOH gegeben, um das PSFI in die M<sup>+</sup>-Form zu überführen. Es wird (in EP 0 955 687 A2 in Absatz 24, Absatz 27 und Anspruch 6) ein organisches polares Lösungsmittel zugefügt, wie Dimethylsulfoxid, N,N-Dimethylformamid oder Ethylenglykol. Die Mischung wird danach erwärmt, um Alkohol auszutreiben, und es wird Katalysator zugegeben, um die Aufschlämmung zu bilden. Nachdem die Aufschlämmung auf eine Unterlagenschicht aufgebracht und getrocknet worden ist, um eine Katalysatorschicht zu bilden, wird die Katalysatorschicht mit Säure behandelt, um das PSFI von der M<sup>+</sup>-Form in die H<sup>+</sup>-Form zu überführen (in EP 0 955 687 A2 in Absatz 44 und Anspruch 5).

**[0003]** Die veröffentlichte US-Patentanmeldung US 2002/0045081 offenbart die Verwendung von sulfonierte PEEK-Polymeren, die in N-Methylpyrrolidon (NMP) gelöst sind, einem polaren aprotischen Lösungsmittel (US 2002/0045081 in Beispiel 1).

**[0004]** US 5,906,716 offenbart eine metallisierte Kationenaustauschmembran, die vorzugsweise mit einem Kationenaustauschpolymer hergestellt ist, das in einem polaren aprotischen Lösungsmittel (wie NMP) löslich ist und Aryleneinheiten im Grundgerüst des Polymers umfasst, z. B. sulfonierte PEEK-Polymeren (US 5,906,716 in Beispiel 1).

**[0005]** Die veröffentlichte US-Patentanmeldung US 2002/0019308 offenbart einen Kompositkatalysator.

**[0006]** Das japanische ungeprüfte veröffentlichte Patent 2000-353528 offenbart eine poröse Elektrodenkatalysatorschicht und ein Verfahren zur Herstellung einer porösen Elektrodenkatalysatorschicht. Die Beispiele scheinen die Verwendung einer Lösung von Nafion™ in NMP zu offenbaren, erhalten durch Lösungsmittelaustausch einer Vorratslösung von Nafion™.

**[0007]** Das japanische ungeprüfte veröffentlichte Patent 2001-273907 A offenbart eine poröse Elektrodenkatalysatorschicht und ein Phasentrennverfahren zur Herstellung einer porösen Elektrodenkatalysatorschicht. Die Beispiele scheinen die Anwendung einer Suspension von Katalysator in Nafion™-Lösung, anschließendes Trocknen und danach Anwenden einer PVdF/NMP-Lösung, gefolgt von Lösungsmittelaustausch mit Wasser, zu offenbaren, um eine poröse PVdF-Schicht zu erzeugen.

**[0008]** Die internationale Patentanmeldung WO 01/71835 A2 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Membran/Elektroden-Komposit.

**[0009]** Die britische Patentanmeldung GB 2 316 802 A offenbart Gasdiffusionselektroden auf Basis von Polyethersulfon-Kohle-Gemischen.

**[0010]** US-A-5,716,437 offenbart eine wässrige Tinte zur Verwendung in der Elektrodenfertigung.

**[0011]** WO 99/21239 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Metallkolloidlösungen, indem gelöste Katalysatormetalle in Gegenwart eines Kationenaustauscherpolymers reduziert werden.

**[0012]** Kurz gesagt liefert die vorliegende Erfindung eine Katalysatortinte, umfassend: 25-95 Gew.-% Wasser; 1-50 Gew.-% mindestens eines festen Katalysators, in der Regel eines hochdispergierten Platinkatalysators; 1-50 Gew.-% mindestens eines Polymerelektrolyts in Säure(H<sup>+</sup>)-Form und 1-50 Gew.-% mindestens eines polaren, aprotischen organischen Lösungsmittels. Die Katalysatortinte hat in der Regel eine Viskosität von 10 Pa·s bei 1 s<sup>-1</sup>. Die Katalysatortinte entzündet sich in der Regel nicht spontan, wenn sie in Luft bei einer Temperatur von 80°C oder höher vollständig getrocknet wird.

**[0013]** In dieser Anmeldung gilt das Folgende:

"hochdispergierter Platinkatalysator" bedeutet ein Platin enthaltender Katalysator mit einer spezifischen Oberfläche von mehr als 100 m<sup>2</sup>/g, typischerweise mehr als 500 m<sup>2</sup>/g und bevorzugter mehr als 900 m<sup>2</sup>/g, wie ein Katalysator, der auf einem pulverisierten Kohleträger dispergiert ist;

"hochfluoriert" bedeutet, dass Fluor in einer Menge von 40 Gew.-% oder mehr, typischerweise 50 Gew.-% oder mehr und bevorzugter 60 Gew.-% oder mehr enthalten ist;  
"vollständig getrocknet" bedeutet getrocknet, bis der Wassergehalt im Wesentlichen im Gleichgewicht mit der Umgebungsluft oder darunter ist, und  
"Standardsiedepunkt" bedeutet der Siedepunkt, der in Standard-Referenzwerken angegeben ist.

**[0014]** Es ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, eine Katalysatortinte, insbesondere eine Katalysatortinte zur Verwendung in der Brennstoffzellenfertigung bereitzustellen, die während der Anwendung eine günstige Rheologie zeigt und sich nicht spontan entzündet, wenn sie bei einer erhöhten Temperatur in Luft vollständig getrocknet wird.

**[0015]** Die vorliegende Erfindung liefert eine Katalysatortinte, umfassend: 25-95 Gew.-% Wasser; 1-50 Gew.-% mindestens eines festen Katalysators, in der Regel eines hochdispergierten Platinkatalysators; 1-50 Gew.-% mindestens eines Polymerelektrolyts in Säure-(H<sup>+</sup>)-Form und 1-50 Gew.-% mindestens eines polaren, aprotischen organischen Lösungsmittels. Die Katalysatortinte hat in der Regel eine Viskosität von 10 Pa·s bei 1 s<sup>-1</sup> oder weniger. Die Katalysatortinte entzündet sich in der Regel nicht spontan, wenn sie in Luft bei einer Temperatur von 80°C oder höher vollständig getrocknet wird.

**[0016]** Die erfindungsgemäße Katalysatortinte kann zur Fertigung von Membranelektrodenanordnungen (MEAs) zur Verwendung in Brennstoffzellen verwendet werden. Eine MEA ist das zentrale Element von Protonenaustauschermembran-Brennstoffzellen, wie Wasserstoffbrennstoffzellen. Brennstoffzellen sind elektrochemische Zellen, die durch die katalysierte Kombination eines Brennstoffs, wie Wasserstoff, und eines Oxidationsmittels, wie Sauerstoff, nutzbare Elektrizität erzeugen. Typische MEAs umfassen eine Polymerelektrolytmembran (PEM) (auch als Ionen leitende Membran (ICM) bekannt), die als fester Elektrolyt wirkt. Eine Seite der PEM befindet sich in Kontakt mit einer Anodenelektrodenschicht, und die entgegengesetzte Seite befindet sich in Kontakt mit einer Kathodenelektrodenschicht. Zu jeder Elektrodenschicht gehören elektrochemische Katalysatoren, die in der Regel Platinmetall einschließen. Die Anoden- und Kathodenelektrodenschichten können in Form einer Katalysatortinte auf die PEM angewendet werden, um eine katalysatorbeschichtete Membran (CCM) zu bilden. Fluidtransportschichten (FTLs) erleichtern den Gastransport zu den Anoden- und Kathodenelektrodenmaterialien hin und von diesen weg und leiten den elektrischen Strom. In einer typischen PEM-Brennstoffzelle werden Protonen durch Oxidation von Wasserstoff an der Anode gebildet und zu der Kathode transportiert, um mit Sauerstoff zu reagieren, wodurch ein elektrischer Strom in einem externen Schaltkreis fließen kann, welcher die Elektroden verbindet. Die FTL kann auch als Gasdiffusionsschicht (GDL) oder Diffusor/Stromkollektor (DCC) bezeichnet werden. Die Anoden- und Kathodenelektrodenschichten können in einem alternativen Fertigungsverfahren in Form einer Katalysatortinte auf die FTL anstatt auf die PEM angewendet werden, und die beschichteten FTLs werden sandwichartig mit einer PEM angeordnet, um eine MEA zu bilden.

**[0017]** Zur Durchführung der vorliegenden Erfindung kann jeder geeignete Katalysator verwendet werden. Der Katalysator ist in der Regel ein hochdispergiertes Platinkatalysator mit einer spezifischen Oberfläche von mehr als 100 m<sup>2</sup>/g, insbesondere mehr als 500 m<sup>2</sup>/g und bevorzugter mehr als 900 m<sup>2</sup>/g. Es werden in der Regel Katalysatorpartikel auf Kohleträger verwendet. Typische Katalysatorpartikel auf Kohleträger sind 50-90 Gew.-% Kohle und 10-50 Gew.-% Katalysatormetall, wobei das Katalysatormetall in der Regel Pt für die Kathode und Pt und Ru in einem Gewichtsverhältnis von 2:1 für die Anode umfasst.

**[0018]** Zur Durchführung der vorliegenden Erfindung kann jeder geeignete Polymerelektrolyt verwendet werden. Der Polymerelektrolyt ist in der Regel hochfluoriert oder perfluoriert. Der Polymerelektrolyt ist in der Regel ein säurefunktionales Fluoropolymer, wie Nafion™ (DuPont Chemicals, Wilmington, DE, USA) und Flemion™ (Asahi Glass Co. Ltd., Tokio, Japan). Die Polymerelektrolyte, die in Tinten zur Verwendung in der vorliegenden Erfindung brauchbar sind, sind Copolymeren von Tetrafluorethylen und einem oder mehreren fluorierten, säurefunktionalen Comonomeren. Der Polymerelektrolyt trägt in der Regel funktionale Sulfonatgruppen. Der Polymerelektrolyt enthält in der Regel keine Aryleneinheiten in dem Polymergrundgerüst. Der Polymerelektrolyt ist bevorzugter Nafion®. Der Polymerelektrolyt hat in der Regel ein Äquivalentgewicht von 1200 oder weniger, insbesondere 1100 oder weniger, insbesondere 1050 oder weniger und bevorzugter etwa 1000. Der Polymerelektrolyt liegt in der erfindungsgemäßen Tinte im Wesentlichen in protonierter Form oder Säure-(H<sup>+</sup>)-Form vor anstatt in Salzform.

**[0019]** Das polare aprotische organische Lösungsmittel hat in der Regel einen Standardsiedepunkt von mindestens 80°C, insbesondere mindestens 100°C, insbesondere mindestens 160°C und bevorzugter mindestens 200°C. Das polare aprotische organische Lösungsmittel ist in der Regel ausgewählt aus der Gruppe be-

stehend aus: Dimethylsulfoxid (DMSO), N,N-Dimethylacetamid (DMA), Ethylencarbonat, Propylencarbonat, Dimethylcarbonat, Diethylcarbonat, N,N-Dimethylformamid (DMF), N-Methylpyrrolidinon (NMP), Dimethylimidazolidinon, Acetonitril, Butyrolacton, Hexamethylphosphorsäuretriamid, Isobutylmethylketon, und Sulfolan; und ist insbesondere ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus N-Methylpyrrolidinon (NMP), N,N-Dimethylformamid, N,N-Dimethylacetamid, Dimethylsulfoxid (DMSO) und Acetonitril. Das polare aprotische organische Lösungsmittel ist bevorzugter N-Methylpyrrolidinon (NMP).

**[0020]** Die Katalysatortinte enthält 25-95% Wasser, in der Regel 50-80% Wasser und insbesondere 60-75% Wasser. Die Katalysatortinte enthält 1-50% festen Katalysator, in der Regel 5-25% festen Katalysator und insbesondere 10-20% festen Katalysator. Die Katalysatortinte enthält 1-50% Polymerelektrolyt, in der Regel 1-20% Polymerelektrolyt, typischerweise 1-10% Polymerelektrolyt und insbesondere 3-8% Polymerelektrolyt. Die Katalysatortinte enthält 1-50% eines polaren aprotischen organischen Lösungsmittels, in der Regel 3-25% polares aprotisches organisches Lösungsmittel, bevorzugt 5-15% polares aprotisches organisches Lösungsmittel und insbesondere 8-14% polares aprotisches organisches Lösungsmittel. Die Katalysatortinte enthält in der Regel 5-30% Feststoffe (d. h. Polymer und Katalysator).

**[0021]** Die Tinte kann nach jedem geeigneten Verfahren gemischt werden. Die Tinte wird in der Regel durch Rühren unter Erwärmen hergestellt, anschließend kann auf eine beschichtungsfähige Konsistenz verdünnt werden. Die Tinte hat in der Regel eine Viskosität von 10 Pa·s bei 1 s<sup>-1</sup>, insbesondere 6 Pa·s oder weniger, insbesondere 2 Pa·s oder weniger und bevorzugter 1,0 Pa·s oder weniger.

**[0022]** Die Tinte kann zur Herstellung einer CCM oder MEA zur Verwendung in einer Brennstoffzelle verwendet werden. Die Tinte kann mit jedem geeigneten Mittel auf eine PEM oder FTL angewendet werden, einschließlich sowohl manueller als auch maschineller Verfahren, einschließlich Aufbürsten von Hand, Beschichten mit dem Kerbstab, Beschichten mit fluidtragender Düse, Beschichten mit drahtumwickeltem Stab, fluidtragendes Beschichten, Beschichten mittels Rakel mit Schlitzzuführung, Beschichten mit drei Walzen oder Abziehtransfer. Im Fall von Abziehtransfer wird die Tinte zuerst auf ein Transfersubstrat angewendet und getrocknet und danach als Abziehbild auf eine PEN angewendet. Das Beschichten kann in einer Anwendung oder in mehreren Anwendungen erreicht werden. Die Tinte kann nach dem Beschichten in einem Ofen oder dergleichen in Luft bei Temperaturen von mehr als 80°C, typischerweise mehr als 110°C und bevorzugter mehr als 140°C getrocknet werden. Die erfindungsgemäße Tinte entzündet sich vorzugsweise nicht von selbst, wenn sie unter diesen Bedingungen vollständig getrocknet wird. Eine Tinte, die sich während des Trocknens nicht von selbst entzündet, ist in der Regel auch sicherer in der Fertigung, Handhabung und Anwendung.

**[0023]** Diese Erfindung ist zur Herstellung von Membranelektrodenanordnungen zur Verwendung in Brennstoffzellen brauchbar.

**[0024]** Gegenstände und Vorteile dieser Erfindung werden durch die folgenden Beispiele weiter veranschaulicht, die in diesen Beispielen genannten speziellen Materialien und ihre Mengen sowie andere Bedingungen und Details sollten jedoch nicht als diese Erfindung unangemessen einschränkend angesehen werden.

#### Beispiele

**[0025]** Alle Reagenzien wurden von Aldrich Chemical Co., Milwaukee, WI, USA, erhalten oder können nach bekannten Verfahren synthetisiert werden, wenn nicht anders angegeben.

#### Formulierung von Tinten

**[0026]** Es wurden in Bezug auf Tabelle I mehrere Katalysatortinten einschließlich Vergleichskatalysatortinten und erfindungsgemäßen Katalysatortinten hergestellt. Es wurden Anodentinten (Beispiele 1C (Vergleich), 2C (Vergleich) und 3-6) und Kathodentinten (Beispiele 7C (Vergleich), 8C (Vergleich), 9 und 10) hergestellt.

**[0027]** Anodentinten wurden wie folgt hergestellt: 30 g Katalysatorpulver (SA27-13RC, 27% Pt & 13% Ru auf 60% Kohle von N.E. Chemcat Corp., Tokio, Japan) wurden in ein (16 oz) Becherglas (8,9 cm Durchmesser × 8,9 cm Höhe) eingewogen. Danach wurden allmählich 112,2 g einer Nafion™-Lösung (SE-10172, 10% in Wasser, CAS Nr. 31175-20-9, DuPont Fluoroproducts, Wilmington, DE, USA) zu dem Katalysatorpulver in dem Becherglas gegeben, während der Inhalt gleichförmig mit einem Spatel dispergiert wurde, um zu gewährleisten, dass keine trockenen Katalysatorpulverklumpen in der Mischung verblieben. Das Becherglas wurde dann in einem Eisbad, um das Verdampfen von Lösungsmittel zu minimieren, unter einen Rotor-Stator-Mischer mit hoher Scherung (Ultra-Turrax T25, IKA Works, Wilmington, NC, USA) gestellt und eine Minute mit 16.000 UpM

deagglomeriert. Danach wurden 20,4 g des in Tabelle I angegebenen zusätzlichen Lösungsmittels zugefügt, und es wurde weitere 10 Minuten mit hoher Scherung mit 16.000 UpM gemischt. Die zusätzlichen Lösungsmittel waren ausgewählt aus: Wasser (Siedepunkt 100°C), Ethylenglykol (Siedepunkt 197°C, CAS Nr. 107-21-1), N-Methylpyrrolidinon (NMP) (Siedepunkt 202°C, CAS Nr. 872-50-4), N,N-Dimethylformamid (DMF) (Siedepunkt 153°C, CAS Nr. 68-12-2), N,N-Dimethylacetamid (DMA) (Siedepunkt 165°C, CAS Nr. 127-19-5) und Dimethylsulfoxid (DMSO) (Siedepunkt 189°C, CAS Nr. 67-68-5). Nach der Deagglomerierung mit hoher Scherung wurde ein Kautschukspatel verwendet, um die Katalysatordispersion von dem Rotor-Stator-Mischkopf und der Wand des Becherglases abzukratzen, und das Becherglas wurde dicht verschlossen, um den Verlust von Lösungsmittel aus der Katalysatordispersion zu verhindern.

**[0028]** Kathodentinten wurden wie folgt hergestellt: 30 g Katalysatorpulver (SA50BK, 50% Pt auf 50% Kohle von N.E. Chemcat Corp., Tokio, Japan) wurden in ein (16 oz) Becherglas (8,9 cm Durchmesser × 8,9 cm Höhe) eingewogen. Danach wurden allmählich 84 g einer Nafion™-Lösung (SE-10172, 10% in Wasser, CAS Nr. 31175-20-9, DuPont Fluoroproducts, Wilmington, DE, USA) zu dem Katalysatorpulver in dem Becherglas gegeben, während der Inhalt gleichförmig mit einem Spatel dispergiert wurde, um zu gewährleisten, dass keine trockenen Katalysatorpulverklumpen in der Mischung verblieben. Es wurden 80,1 g zusätzliches Wasser zugefügt. Das Becherglas wurde dann in einem Eisbad, um das Verdampfen von Lösungsmittel zu minimieren, unter einen Rotor-Stator-Mischer mit hoher Scherung (Ultra-Turrax T25, IKA Works, Wilmington, NC) gestellt und eine Minute mit 16.000 UpM deagglomeriert. Danach wurden 22,5 g des in Tabelle I angegebenen zusätzlichen Lösungsmittels zugefügt, und es wurde weitere 10 Minuten mit hoher Scherung mit 16.000 UpM gemischt. Die zusätzlichen Lösungsmittel waren ausgewählt aus: Wasser (Siedepunkt 100°C), Ethylenglykol (Siedepunkt 197°C, CAS Nr. 107-21-1), N-Methylpyrrolidinon (NMP) (Siedepunkt 202°C, CAS Nr. 872-50-4), und Acetonitril (Siedepunkt 81,6°C, CAS Nr. 75-05-8). Nach der Deagglomerierung mit hoher Scherung wurde ein Kautschukspatel verwendet, um die Katalysatordispersion von dem Rotor-Stator-Mischkopf und der Wand des Becherglases abzukratzen, und das Becherglas wurde dicht verschlossen, um den Verlust von Lösungsmittel aus der Katalysatordispersion zu verhindern. Für Beispiel 10 wurden die oben angegebenen Gewichte auf ein Drittel gekürzt, d. h. es wurden 10 g Anodenkatalysatorpulver, 28 g Nafion™-Lösung, 26,7 g zusätzliches Wasser und 7,5 g zusätzliches Lösungsmittel (Acetonitril) verwendet.

#### Eigenschaften von Tinten

**[0029]** Die Ausflockung der Tinte jedes Beispiels wurde untersucht, ihre Viskosität wurde gemessen und die Veraschung unter Trocknungsbedingungen wurde getestet.

**[0030]** Die Ausflockung jeder Tinte jedes Beispiels wurde durch Betrachten mit dem bloßen Auge untersucht und als stark flockend oder schwach flockend eingestuft. Die Ergebnisse sind in Tabelle I wiedergegeben.

**[0031]** Ein Bohlin Constant Stress Rheometer (erhältlich von Bohlin Instruments Inc., East Brunswick, New Jersey, USA) wurde verwendet, um kontinuierlich die Viskosität einer Katalysatordispersion als Funktion der Schergeschwindigkeit zu messen. Die Fließeigenschaften unter Bedingungen mit konstanter Belastung wurden mit einer C14 Schale-und-Schlitten-Geometrie bei Schergeschwindigkeiten zwischen 1 und 800 s<sup>-1</sup> gemessen.

**[0032]** Die Scherviskosität wurde gegen die Schergeschwindigkeit aufgetragen. Schergeschwindigkeit (S) und Scherviskosität (V) sind durch die folgende Gleichung miteinander verknüpft, die als die "Potenzgesetz-Fluid"-Gleichung bekannt ist:

$$V = kS^{(n-1)}$$

wobei "k" eine Konstante ist, die die Viskosität bei 1 s<sup>-1</sup> angibt, und "n" der Potenzgesetzindex (PLI) ist, der die Auswirkung der Scherung auf die Viskosität angibt. Wenn die Scherviskosität eines Materials gegenüber der Schergeschwindigkeit unempfindlich ist, d. h. das Fluid ein Newton'sches Fluid ist, beträgt der PLI 1,0. Jene Dispersionen, deren Viskosität mit der Scherung abnimmt, zeigen ein nicht-Newton'sches Verhalten und sind als thixotrop bekannt. Der PLI dieser thixotropen Fluids liegt im Bereich von 0 bis 1. Die Prinzipien des Potenzgesetzindex sind ferner in C. W. Macosko, "Rheology: Principles, Measurements, and Applications", ISBN Nr. 1-56081-579-5, auf Seite 85 beschrieben.

**[0033]** Die Veraschung wurde durch Anwendung einer 3" (7,6 cm) breiten mal 3 mil (76 µm) dicken Beschichtung der Katalysatortinte auf einen Trennliner mittels Kerbstab getestet, wobei der Trennliner 1 mil (25,4 µm) dickes, silikonbeschichtetes, mikrostrukturiertes Polypropylen mit Mikrofeatures mit einer Tiefe von etwa 50 Mi-

krometern ( $\mu\text{m}$ ) umfasste. Die Beschichtung wurde unmittelbar nach dem Beschichten zusammen mit dem Linner in eine Aluminiumpfanne gegeben und in einen Umluftofen mit 140°C gestellt. Die Beschichtung wurde 10 Minuten trocknen gelassen. Die Beschichtungen wurden später auf vollständiges Trocknen oder Veraschung der Katalysatorbeschichtung untersucht.

TABELLE 1

	Beispiel 1C	Beispiel 2C	Beispiel 3	Beispiel 4	Beispiel 5	Beispiel 6
Tintentyp	Anode	Anode	Anode	Anode	Anode	Anode
zusätzliches Lösungsmittel	Wasser	Ethylenglykol	NMP	NMF	DMA	DMSO
Lösungsmitteltyp	anorganisch	protischorganisch	aprotischorganisch	aprotischorganisch	aprotischorganisch	aprotischorganisch
Gesamt-fest-stoffe	25,4%	25,4%	25,4%	25,4%	25,4%	25,4%
Ausflockung	stark	schwach	schwach	schwach	schwach	schwach
Viskosität bei 1 s <sup>-1</sup> (Pa·s)	14,5	0,92	0,9	1,67	5,79	1,86
Potenzgesetzindex	0,3956	0,6622	0,6604	0,06155	0,5016	0,6014
Veraschung	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein

	Beispiel 7C	Beispiel 8C	Beispiel 9	Beispiel 10
Tintentyp	Kathode	Kathode	Kathode	Kathode
zusätzliches Lösungsmittel	Wasser	Ethylenglykol	NMP	Acetonitril
Lösungsmitteltyp	anorganisch	protischorganisch	aprotischorganisch	aprotischorganisch
Gesamt-fest-stoffe	17,7%	17,7%	17,7%	17,7%
Ausflockung	stark	stark	schwach	schwach
Viskosität bei 1 s <sup>-1</sup> (Pa·s)	14,6	12,62	0,45	0,95
Potenzgesetzindex	0,2509	0,2414	0,6823	0,6361
Veraschung	Nein	Ja	Nein	Nein

[0034] Verschiedene Modifikationen und Veränderungen dieser Erfindung ergeben sich Fachleuten von selbst, ohne den Schutzmfang und die Prinzipien dieser Erfindung zu verlassen, und es sei darauf hingewiesen, dass diese Erfindung auf die zuvor beschriebenen Ausführungsformen nicht unangemessen eingeschränkt sein soll.

### Patentansprüche

#### 1. Katalysatortinte, umfassend:

- a) 25-95 Gew.-% Wasser,
- b) 1-50 Gew.-% mindestens eines festen Katalysators,
- c) 1-50 Gew.-% mindestens eines Polymerelektrolyts in Säure-(H<sup>+</sup>)-Form, und
- d) 1-50 Gew.-% mindestens eines polaren, aprotischen organischen Lösungsmittels.

#### 2. Katalysatortinte nach Anspruch 1, wobei der feste Katalysator ein hochdispergierter Platinkatalysator ist.

3. Katalysatortinte nach Anspruch 1, umfassend als Komponente b) 1-50 Gew.-% mindestens eines hochdispergierten Platinkatalysators, wobei die Katalysatortinte eine Viskosität von 10 Pa·s oder weniger bei 1 s<sup>-1</sup> hat und wobei die Katalysatortinte sich nicht spontan entzündet, wenn sie in Luft bei einer Temperatur von 80°C oder höher vollständig getrocknet wird.

4. Katalysatortinte nach Anspruch 2 oder 3, wobei das polare, aprotische organische Lösungsmittel einen Standardsiedepunkt von mindestens 80°C hat.

5. Katalysatortinte nach Anspruch 2 oder 3, wobei das polare, aprotische organische Lösungsmittel aus der Gruppe bestehend aus Dimethylsulfoxid (DMSO), N,N-Dimethylacetamid (DMA), Ethylenkarbonat, Propylenkarbonat, Dimethylkarbonat, Diethylkarbonat, N,N-Dimethylformamid (DMF), N-Methylpyrrolidon (NMP), Dimethylimidazolidinon, Acetonitril, Butyrolacton, Hexamethylphosphorsäuretriamid, Isobutylmethylketon und Sulfolan ausgewählt ist.

6. Katalysatortinte nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Polymerelektrolyt hochfluoriert ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen