



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 025 148 A1** 2007.12.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 025 148.2**

(22) Anmeldetag: **30.05.2006**

(43) Offenlegungstag: **06.12.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B01J 35/10** (2006.01)

B01J 23/00 (2006.01)

B01J 37/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Süd-Chemie AG, 80333 München, DE

(74) Vertreter:

Stolmár und Kollegen, 80331 München

(72) Erfinder:

Burgfels, Götz, Dr., 83043 Bad Aibling, DE; Röger, Peter, Dr., 83109 Großkarolinenfeld, DE; Wölk, Hans-Jörg, Dr., 83022 Rosenheim, DE; Fischer, Richard, Dr., 83043 Bad Aibling, DE; Ungar, Sybille, 83052 Bruckmühl, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 03 891 A1

DE 197 53 464 A1

DE 197 45 904 A1

DE 44 43 705 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators oder eines geträgerten Legierungskatalysators. Um ein Verfahren bereitzustellen, mittels welchem sich Katalysatoren herstellen lassen, die einen verhältnismäßig hohen Anteil an katalytisch aktivem Metall bzw. katalytisch aktiver Legierung aufweisen, wird ein Verfahren vorgeschlagen, das die folgenden Schritte umfasst:

- a) Inkontaktbringen eines Trägers mit einer nanopartikulären Metallsuspension oder mit einer nanopartikulären Legierungssuspension;
- b) Entfernen des Suspensionsmittels;
- d) gegebenenfalls Stabilisieren des geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysators.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators oder eines geträgerten Legierungskatalysators.

[0002] Geträgerte Metallkatalysatoren, bei denen verhältnismäßig kleine Metallpartikel auf der Oberfläche eines festen Trägers abgeschieden sind, werden insbesondere in synthesechemischen und petrochemischen Prozessen eingesetzt, um verschiedenste Edukte in gewünschte Zwischenprodukte oder Endprodukte umzusetzen bzw. um verschiedene Schritte der Erdölaufarbeitung chemisch zu veredeln.

[0003] Geträgerte Metallkatalysatoren werden in der Regel mittels eines fünfstufigen Verfahrens hergestellt. Dabei wird in einem ersten Schritt das Trägermaterial mit einer Metallsalzlösung des gewünschten Metalls imprägniert. Nach dem Entfernen des Lösungsmittels vom Träger in einem zweiten Schritt wird dann in einem dritten Schritt der Träger kalziniert, wobei das Metall durch die thermische Behandlung in eine Oxidform überführt wird. Danach wird in einem vierten Schritt das Metalloxid beispielsweise mittels Wasserstoff, Kohlenmonoxid oder naschemischer Reduktionsmittel in das katalytisch aktive, hochdisperse Metall überführt. Anschließend wird der geträgerte Metallkatalysator in der Regel in einem fünften Schritt stabilisiert, beispielsweise durch Nassstabilisierung mittels eines Öls oder durch Trockenstabilisierung mittels einer Anoxidierung (Passivierung) der abgeschiedenen Metallpartikel.

[0004] Die Ausbeute der Reduktion liegt im Regelfall zwischen 70 und 90 %, das heißt, dass 10 % bis 30 % des auf dem Träger abgeschiedenen Metalls katalytisch nicht aktiviert werden.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren bereitzustellen, mittels welchem sich geträgerte Metallkatalysatoren herstellen lassen, die einen verhältnismäßig hohen Anteil an katalytisch aktivem Metall aufweisen.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators oder eines geträgerten Legierungskatalysators gelöst, welches die folgenden Schritte umfasst:

- a) Inkontaktbringen eines Trägers mit einer nanopartikulären Metallsuspension oder mit einer nanopartikulären Legierungssuspension;
- b) Entfernen des Suspensionsmittels;
- d) gegebenenfalls Stabilisieren des geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysators.

[0007] Dabei wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer nanopartikulären Metallsuspension bzw. unter einer nanopartikulären Legierungssus-

pension eine Suspension verstanden, die Metallpartikel bzw. Legierungspartikel mit einem mittleren Partikeldurchmesser von ≤ 100 nm aufweisen. Bei den Metall- bzw. Legierungsnanopartikeln kann es sich beispielsweise um Einkristalle oder um agglomerierte Einkristalle handeln.

[0008] Es wurde festgestellt, dass sich geträgerte Metallkatalysatoren oder geträgerte Legierungskatalysatoren mittels eines einfachen Zweischrittverfahrens herstellen lassen, indem zunächst ein Trägermaterial mit einer nanopartikulären Metallsuspension oder mit einer nanopartikulären Legierungssuspension, in welchen die Metallatome in der Regel in der Oxidationsstufe 0 vorliegen, in Kontakt gebracht und anschließend das Suspensionsmittel entfernt wird. Dabei kann das Suspensionsmittel beispielsweise nur teilweise entfernt werden, wenn der geträgerte Metall- bzw. Legierungskatalysator noch gelagert oder transportiert werden soll und das Suspensionsmittel geeignet ist, den geträgerten Katalysator zu stabilisieren (Nassstabilisierung). Das Suspensionsmittel kann beispielsweise auch vollständig entfernt werden und der geträgerte Katalysator entweder direkt in eine Reaktion eingesetzt oder, beispielsweise zur Lagerung oder für den Transport, in einem gesonderten Schritt stabilisiert werden, z.B. durch Nass- oder Trockenstabilisierung.

[0009] Es hat sich gezeigt, dass sich bei dem Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension bzw. mit der nanopartikulären Legierungssuspension die Metall- bzw. Legierungspartikel gleichmäßig und hochdispers auf dem Träger abscheiden und dabei ihre Oxidationsstufe nicht ändern, so dass sich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geträgerte Metallkatalysatoren bzw. Legierungskatalysatoren herstellen lassen, bei denen der Anteil an katalytisch aktivem Metall bei nahezu 100 % liegt.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren hat ferner den Vorteil, dass die Verfahrensschritte der fest/flüssig-Trennung, der Oxidation des Metalls und der Reduktion des Metalls der im Stand der Technik bekannten Herstellungsverfahren für geträgerte Metall- oder Legierungskatalysatoren gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren durch einen einzelnen Verfahrensschritt ersetzt werden können, der die Entfernung des Suspensionsmittels beinhaltet. Im Vergleich zum Stand der Technik, entsprechend welchem geträgerte Metallkatalysatoren in einem aufwändigen fünfstufigen Verfahren hergestellt werden, kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ein geträgerter Metall- bzw. Legierungskatalysator in einem einfachen zweistufigen Verfahren (oder einem dreistufigen Verfahren, falls ein gesonderter Stabilisierungsschritt angedacht ist) hergestellt werden, so dass sich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geträgerte Metall- bzw. Legierungskatalysatoren verfahrenstech-

nisch einfacher und damit kostengünstiger herstellen lassen.

[0011] Wie bereits vorstehend ausgeführt, werden bei im Stand der Technik bekannten Verfahren die Katalysatorträger zunächst mit einer Metallsalzlösung des gewünschten Metalls imprägniert. Entsprechend dem eingesetzten Metallsalz, das heißt der eingesetzten Anionen, entstehen dann im sich anschließenden Oxidationsschritt umweltbedenkliche Abgase wie beispielsweise nitrose Gase, Ammoniak oder Halogenwasserstoffe, die abgefangen und entsorgt werden müssen. Im erfindungsgemäßen Verfahren entfällt dieser Oxidationsschritt sowie der Einsatz von Metallsalzen, so dass gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren keine umweltbelastenden Abgase entstehen, welche kostenintensiv entsorgt werden müssten.

[0012] Im erfindungsgemäßen Verfahren entfällt der im Stand der Technik übliche Reduktionsschritt, in welchem ein Metalloxid beispielsweise mittels Wasserstoff oder Kohlenmonoxid zum katalytisch aktiven Metall reduziert wird. Um die Ausbeute der Reduktion zu verbessern, das heißt um den Anteil an katalytisch aktivem Metall im Vergleich zu katalytisch inaktivem Metalloxid zu erhöhen, werden dabei häufig so genannte Reduktionsverbesserer eingesetzt. Diese Reduktionsverbesserer, bei denen es sich häufig um Edelmetalle wie beispielsweise Palladium oder Platin handelt, werden in der Regel in Form ihrer Salze zusammen mit dem Metallsalz des gewünschten Katalysatormetalls auf den Träger aufgezogen. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei welchem der im Stand der Technik übliche Reduktionsschritt entfällt, kann entsprechend auf den Einsatz von Reduktionsverbesserern verzichtet werden, so dass sich das erfindungsgemäße Verfahren kostengünstiger durchführen lässt.

[0013] Da entsprechend des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung geträgerter Metall- oder Legierungskatalysatoren die Reaktionsschritte der Oxidation und der Reduktion eines Metalls nicht mehr erforderlich sind, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auch auf entsprechende Anlagen und Einrichtungen zur Durchführung dieser Reaktionen verzichtet werden. Dabei ist insbesondere der Verzicht auf Reduktionsanlagen und -einrichtungen von Vorteil, da diese in der Regel ein verhältnismäßig hohes Sicherheitskonzept erfordern und daher verhältnismäßig kostenintensiv in der Anschaffung und in der Wartung sowie bezüglich ihrer Betriebskosten sind.

[0014] Bei den im Stand der Technik üblichen fünfstufigen Verfahren werden sowohl der Oxidationsschritt als auch der Reduktionsschritt bei verhältnismäßig hohen Temperaturen durchgeführt. Dabei kommt es insbesondere bei dem Einsatz pulverförmiger Trägermaterialien zu einer Sinterung des Trä-

gers. Ferner kann es in den vorgenannten Reaktionsschritten zu einer Sinterung des Metallvorläufers bzw. des Metalls kommen, was für Legierungen analog gilt. Darüber hinaus können die hohen Temperaturen bewirken, dass das Metall in die Trägerstruktur eingebaut wird, wodurch es beispielsweise zu einer Desaktivierung des Metalls oder zur Ausbildung unerwünschter Spezies kommen kann, welche unerwünschte Nebenreaktionen katalysieren. Im Gegensatz dazu kann entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren die Entfernung des Suspensionsmittels bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen erfolgen, so dass es weder zu einer Sinterung des Trägermaterials noch zum Einbau von Metall in die Trägerstruktur führt.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren hat ferner den Vorteil, dass mittels diesem geträgerte Metall- oder Legierungskatalysatoren hergestellt werden können, die eine verhältnismäßig hohe Beladung an katalytisch aktivem Metall aufweisen, wobei es in einigen Fällen notwendig sein kann, das erfindungsgemäße Verfahren, abgesehen vom Stabilisierungsschritt, mehrfach durchzuführen, um hohe Beladungen zu erreichen. Dabei führt das erfindungsgemäße Verfahren gleichzeitig zu einer homogenen Verteilung des Metalls bzw. der Legierung auf dem Träger bei gleichzeitig hoher Dispersion der Metallpartikel.

[0016] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens können ferner vorteilhafterweise geträgerte Metall- oder Legierungskatalysatoren hergestellt werden, auf denen mehrere verschiedene Metalle oder Legierungen abgeschieden sind. Dazu kann beispielsweise das erfindungsgemäße Verfahren mehrfach durchgeführt werden, wobei bei einer ersten Durchführung ein erstes Metall und bei einer zweiten Durchführung ein zweites Metall auf den Träger aufgezogen wird.

[0017] Geträgerte Metallkatalysatoren werden häufig nicht in der Form ausgeliefert, in welcher das Trägermaterial bereits mit dem katalytisch aktiven Metall in seiner reduzierten Form beladen ist. Vielmehr werden von den Katalysatorherstellern häufig mit den entsprechenden Metallsalzen oder Metalloxiden beladene Träger angeboten, welche vom Verwender selbst oxidiert und reduziert bzw. reduziert werden müssen. Die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysatoren können verhältnismäßig einfach, beispielsweise unter Schutzgas, gehandhabt und gelagert werden, so dass mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens die Herstellung geträgerter, mit aktivem Metall bzw. mit aktiver Legierung beladener Katalysatoren auf den Katalysatorhersteller verlagert werden kann.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren hat ferner den Vorteil, dass zur Abscheidung der nanopartikulä-

ren Metall- bzw. Legierungspartikel keine Bindemittel erforderlich sind.

[0019] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension oder mit der nanopartikulären Legierungssuspension durch Aufsprühen der Metallsuspension bzw. der Legierungssuspension auf den Träger. Dadurch wird gewährleistet, dass der Träger weitgehend gleichmäßig mit der nanopartikulären Metall- bzw. Legierungssuspension belegt wird. Die im Wesentlichen gleichmäßige Belegung mit Metall- bzw. Legierungssuspension des Trägers bildet die Grundlage für die Herstellung von geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysatoren mit einer möglichst homogenen und hochdispersen Metall- bzw. Legierungsbelegung. Um eine Reaktion der nanopartikulären Metall- bzw. Legierungspartikel mit Luftbestandteilen auszuschließen, findet das Aufsprühen der Metall- bzw. Legierungssuspension vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre statt. Als Schutzgas sind in Abhängigkeit vom Metall bzw. von der Legierung beispielsweise Stickstoff oder Edelgase geeignet, zum Beispiel Helium, Neon, Argon oder Krypton.

[0020] Insbesondere wenn es sich bei dem Träger um einen porösen Katalysatorträger handelt, kann das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafterweise in einer Kammer, in welcher eine durch eine Besaugung der Kammer bewirkte turbulente Strömung sowie ein Unterdruck herrscht, durchgeführt werden. Dabei umfasst dann der Schritt a) des erfindungsgemäßen Verfahrens die folgenden Schritte:

- 1) Einbringen des porösen Katalysatorträgers in eine Kammer, in welcher eine durch eine Besaugung der Kammer bewirkte turbulente Strömung sowie ein Unterdruck herrscht;
- 2) Einleiten der nanopartikulären Metall- bzw. Legierungssuspension in die Kammer;
- 3) Bilden eines Gemisches Gas/Metallsuspension bzw. Gas/Legierungssuspension;
- 4) kontinuierliches Durchführen des Gemisches aus Schritt 3) durch den Katalysatorträger.

[0021] Es wurde festgestellt, dass insbesondere die innere Oberfläche von porösen Katalysatorträgern mittels einer Kammer, in welcher eine durch eine Besaugung der Kammer bewirkte turbulente Strömung sowie ein Unterdruck herrscht, von einer in die Kammer eingebrachten nanopartikulären Metall- bzw. Legierungssuspension weitgehend gleichmäßig imprägniert, d.h. belegt, wird. Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass die inneren Hohlräume des porösen Katalysatorträgers zumindest teilweise untereinander in Verbindung stehen, so dass ein Durchleiten des vorgenannten Gemisches durch den Katalysatorträger möglich ist.

[0022] Alternativ zu dem vorgenannten Aufsprühen

oder dem Auftragen in einer besaugten Kammer kann das Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension oder mit der nanopartikulären Legierungssuspension gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens durch Eintauchen des Trägers in die Metallsuspension bzw. in die Legierungssuspension erfolgen. Dabei wird der Katalysatorträger in die nanopartikuläre Metall- bzw. Legierungssuspension eingetaucht, von nicht an der Trägeroberfläche haftender Metall- bzw. Legierungssuspension befreit und anschließend dem Schritt b) des erfindungsgemäßen Verfahrens unterworfen. Vorzugsweise findet das Eintauchen sowie die mit dem Eintauchen verbundenen Verfahrensschritte, zum Beispiel das Befreien des Trägers von überschüssiger Metall- bzw. Legierungssuspension, unter einer Schutzgasatmosphäre statt, um eine unerwünschte Reaktion der Metall- bzw. Legierungsnanopartikel mit Bestandteilen der Luft zu unterbinden. Als Schutzgas können auch hier beispielsweise die Edelgase Helium, Neon, Argon und Krypton sowie in Abhängigkeit von dem eingesetzten Metall bzw. der eingesetzten Legierung Stickstoff verwendet werden.

[0023] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt das Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension oder mit der nanopartikulären Legierungssuspension mittels der Porefilling-Methode. Dabei wird der Träger mit einer Menge an Suspension in Kontakt gebracht, deren Volumen dem Porenvolumen des eingesetzten Trägers entspricht. Der Träger bleibt nach der Beladung mit der Suspension äußerlich trocken und damit rieselfähig.

[0024] Die vorgenannten alternativen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens können zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators bzw. eines geträgerten Legierungskatalysators so oft wiederholt werden, bis der Katalysator die gewünschte Menge an katalytisch aktivem Metall oder die gewünschte Menge an verschiedenen gewünschten katalytisch aktiven Metallen oder die gewünschte Menge an Legierung oder Legierungen trägt.

[0025] Entsprechend einer weiteren alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es bevorzugt, wenn der Träger in die nanopartikuläre Metallsuspension oder in die nanopartikuläre Legierungssuspension mit einer vorbestimmten Menge an nanopartikulärem Metall bzw. an nanopartikulärer Legierung eingebracht und das Suspensionsmittel danach gemäß Schritt b) des erfindungsgemäßen Verfahrens entfernt wird. Dadurch wird gewährleistet, dass der Träger mit einem einzelnen Verfahrensdurchlauf mit der gewünschten Menge an Metall bzw. Legierung beladen werden kann.

[0026] Dazu wird beispielsweise der Träger, wel-

cher zum Beispiel pulverförmig vorliegt, in der nanopartikulären Metall- bzw. Legierungssuspension zunächst suspendiert. Danach wird das Suspensionsmittel, beispielsweise unter Vakuum mittels eines Rotationsverdampfers, entfernt. Während der Entfernung des Suspensionsmittels steigt in der Suspension der Gehalt an nanopartikulärem Metall bzw. Legierung, wodurch eine verstärkte Abscheidung der Metall- bzw. Legierungsnanopartikel an dem Träger erfolgt, wobei durch das Entfernen des Suspensionsmittels bis zur Trockene nahezu der gesamte Gehalt der ursprünglichen Suspension an Metall- bzw. Legierungsnanopartikeln auf dem Katalysatorträger abgeschieden wird.

[0027] Vorzugsweise wird auch diese erfindungsgemäße Verfahrensalternative unter einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt, insbesondere um eine Oxidation der Metall- bzw. Legierungsnanopartikel durch den Luftsauerstoff zu verhindern.

[0028] Nanopartikuläre Metall- bzw. Legierungsdispersionen sind häufig bei hohen Temperaturen instabil, da es durch die erhöhte Teilchenbewegung zu einem Zusammenstoß und entsprechend zu einer Aggregation der entsprechenden Nanopartikel kommen kann. Um eine Aggregation der Nanopartikel zu unterbinden, erfolgt gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens das Entfernen des Suspensionsmittels unter Vakuum, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre.

[0029] Um eine Aggregation der Metall- bzw. Legierungsnanopartikel der Suspension zu unterbinden, erfolgt gemäß einer besonders günstigen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Entfernung des Suspensionsmittels unterhalb einer Temperatur von 120°C, vorzugsweise unterhalb einer Temperatur von 100°C, bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 90°C, mehr bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 80°C, weiter bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 70°C, besonders bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 60°C und am meisten bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 50°C.

[0030] Insbesondere wenn sich herausstellt, dass die Metall- bzw. Legierungsnanopartikel keine hohe Affinität zu dem Trägermaterial aufweisen und sich daher schlecht auf dem Träger immobilisieren lassen, kann es vorgesehen sein, dass nach dem Entfernen des Suspensionsmittels die Nanopartikel an dem Träger mittels eines gesonderten Verfahrensschrittes fixiert werden. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es daher günstig, wenn dem Schritt des Entferns des Suspensionsmittels b) ein Fixierungsschritt c) folgt, mittels welchem die Metallpartikel oder die Legierungspartikel an dem Träger fixiert werden, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmos-

phäre.

[0031] Der vorgenannte Fixierungsschritt c) kann auf verschiedene Arten und Weisen erfolgen, beispielsweise durch den Einsatz von Bindemitteln. Gemäß einer verfahrenstechnisch einfachen und damit kostengünstigen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Fixierungsschritt c) durch die Erwärmung des mit den Metallpartikeln oder Legierungspartikeln beladenen Trägers auf eine Temperatur von 120°C bis 700°C vorgenommen, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre, um eine unerwünschte Reaktion der Metallpartikel bzw. Legierungspartikel mit Bestandteilen der Luft zu unterbinden.

[0032] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann es vorgesehen sein, dass der Fixierungsschritt c) durch die Erwärmung des mit den Metallpartikeln oder Legierungspartikeln beladenen Trägers auf eine Temperatur von 300°C bis 650°C erfolgt, vorzugsweise auf eine Temperatur von 350°C bis 600°C, bevorzugt auf eine Temperatur von 400°C bis 550°C und besonders bevorzugt auf eine Temperatur von 450°C bis 500°C.

[0033] Um den gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysator über einen längeren Zeitraum hinweg unbeschadet lagern zu können, wird der Katalysator stabilisiert und gegebenenfalls luftdicht verpackt, wobei innerhalb der Verpackung eine Schutzgasatmosphäre besteht. Dadurch wird verhindert, dass die Metall- bzw. Legierungsnanopartikel mit Bestandteilen der Luft abreagieren können, was zu einer Desaktivierung des Katalysators führen könnte. Entsprechend einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens folgt dem Schritt des Entferns des Suspensionsmittels b) der Stabilisierungsschritt d), welcher die Lagerung des mit den Metallpartikeln oder Legierungspartikeln beladenen Trägers unter einer Schutzgasatmosphäre beinhaltet.

[0034] Es wurde festgestellt, dass sich die Metall- bzw. Legierungsnanopartikel insbesondere dann homogen und in hoher Dispersion auf den Träger aufbringen lassen, wenn das Suspensionsmittel Wasser oder ein organisches Lösungsmittel ist, vorzugsweise Toluol. Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist daher das Suspensionsmittel Wasser oder ein organisches Lösungsmittel, vorzugsweise Toluol. Dabei kann das Suspensionsmittel auch weitere Komponenten beinhalten, wie beispielsweise Stabilisatoren, die einer Aggregation der Nanopartikel entgegenwirken.

[0035] Der in dem erfindungsgemäßen Verfahren

zum Einsatz kommende Träger kann ein poröser oder ein nicht poröser Träger sein. Poröse Träger zeichnen sich insbesondere durch eine große Oberfläche aus, die fast ausschließlich von den inneren Wandungen der Poren gebildet wird. Um möglichst viel katalytisch aktives Metall oder katalytisch aktive Legierung auf ein vorgegebenes Trägervolumen immobilisieren zu können, ist gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens der Träger ein poröser Träger.

[0036] Bevorzugt ist es, wenn der Träger aus einem Titandioxid, einem Aluminiumoxid, einem Zirkoniumoxid, einem Siliziumoxid, einem Zinkoxid, einem Magnesiumoxid, einem Aluminiumoxid-Siliziumoxid, einem Siliziumcarbid, einem Magnesiumsilikat oder einer Mischung von zwei oder mehr der vorgenannten gebildet ist. Dabei können die vorgenannten Oxide, Carbide bzw. Silikate in Mischformen, insbesondere aber in Form definierter Verbindungen, eingesetzt werden, vorzugsweise in Form von TiO_2 , Al_2O_3 , vorzugsweise alpha-, gamma-, delta- oder theta- Al_2O_3 , ZrO_2 , SiO_2 , ZnO , MgO , $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, SiC_2 oder Mg_2SiO_4 .

[0037] Die Art oder die Natur des einzusetzenden Trägermaterials hängt in der Regel von dem Metall bzw. von der Legierung ab, die auf dem Träger fixiert werden soll.

[0038] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden amorphe poröse Träger bevorzugt, vorzugsweise solche, die einen hohen Anteil an Mesoporen und/oder Makroporen aufweisen, wobei im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter den Begriffen Makroporen und Mesoporen solche Poren verstanden werden, die einen Durchmesser von größer als 50 nm bzw. einen Durchmesser von 1 bis 50 nm aufweisen.

[0039] Gemäß einer anderen alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der Träger ein kristalliner Träger sein, vorzugsweise ein Molekularsiebmaterial, wie beispielsweise ein Zeolith oder ein zeolithähnliches Material. Beispiele für bevorzugte Molekularsiebe sind Silikate, Aluminosilikate, Aluminophosphate, Silikoaluminophosphate, Metalloaluminophosphate oder Metalloaluminophosphosilikate.

[0040] Welches Molekularsiebmaterial als Katalysatorträger eingesetzt wird, hängt zum einen von den auf dem Träger abzuscheidenden Metall- bzw. Legierungspartikeln ab, zum anderen von der Anwendung, in welcher der gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte geträgerte Metall- bzw. Legierungskatalysator eingesetzt werden soll. Beispiele für solche Anwendungen sind Separationen, katalytische Anwendungen sowie Kombinationen von katalytischer Anwendung und Separation.

[0041] Im Stand der Technik sind eine Vielzahl von Methoden bekannt, um die Eigenschaften von Molekularsieben, beispielsweise den Strukturtyp, die chemische Zusammensetzung, die Ionenaustauschfähigkeit sowie Aktivierungseigenschaften, auf den entsprechenden Anwendungszweck maßzuschneidern. Allgemein erfindungsgemäß bevorzugt sind aber Molekularsiebe, die einem der nachstehenden Strukturtypen entsprechen: AFI, AEL, BEA, CHR, EUO, FRU, FER, KFI, LTA, LTL, MAZ, MOR, MEL, MTW, OFF, TON und MFI. Einige der vorgenannten Materialien sind zwar keine echten Zeolithe, werden in der Literatur aber häufig als solche bezeichnet und sollen auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter den Begriff Zeolith fallen.

[0042] Erfindungsgemäß bevorzugt sind auch solche Molekularsiebmaterialien, welche unter Verwendung von amphiphilen Verbindungen hergestellt werden. Bevorzugte Beispiele solcher Materialien sind in der US 5,250,282 beschrieben, und werden durch Referenz hiermit in die vorliegende Erfindung miteinbezogen. Beispiele amphiphiler Verbindungen sind weiterhin in Winsor, Chemical Reviews, 68(1), 1968 angegeben. Weitere geeignete und erfindungsgemäß bevorzugte Molekularsiebmaterialien dieses Typs sind ferner in "Review of Ordered Mesoporous Materials" U. Ciesla and F. Schuth, Microporous and Mesoporous Materials, 27, (1999), 131-49 beschrieben und werden mittels Referenzierung in die vorliegende Erfindung miteinbezogen.

[0043] Erfindungsgemäß besonders bevorzugte kristalline Molekularsiebmaterialien sind mesoporöse Molekularsiebmaterialien aus Silikaten oder Aluminosilikaten, die in der Literatur unter der Bezeichnung M41S zusammengefasst werden, beispielsweise MCM-41, MCM-48 sowie MCM-50. Diese Molekularsiebe sind detailliert in der US 5,098,684 und in der US 5,102,643 beschrieben und werden mittels Referenz in die vorliegende Erfindung miteinbezogen. Eine erfindungsgemäß bevorzugte Unterklasse dieser Familie sind mesoporöse Silikate, welche die Bezeichnung MCM-41 und MCM-48 tragen. MCM-41 ist insbesondere bevorzugt und weist eine hexagonale Anordnung von Mesoporen mit einheitlicher Größe auf. MCM-41-Molekularsiebmaterialien sind beispielsweise in der US 5,098,684 beschrieben, deren Inhalt durch Referenz in die vorliegende Erfindung miteinbezogen wird. Das MCM-41-Molekularsieb hat ein $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Molverhältnis von vorzugsweise größer als 100, mehr bevorzugt von größer als 200 und am meisten bevorzugt von größer als 300. Weitere bevorzugte Molekularsiebe die im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können, sind solche, welche die Bezeichnung MCM-1, MCM-2, MCM-3, MCM-4, MCM-5, MCM-9, MCM-10, MCM-14, MCM-22 oder MCM-49 tragen.

[0044] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform

rungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Katalysatorträger ein Pulver, ein Formkörper oder ein Monolith. Bevorzugte Formkörper sind beispielsweise Kugeln, Ringe, Zylinder, Lochzylinder, Triloben oder Kegel und ein bevorzugter Monolith ist beispielsweise ein Wabenkörper.

[0045] Grundsätzlich ist es vorteilhaft, wenn die auf dem Träger abgeschiedenen Metall- bzw. Legierungsnanopartikel so klein wie möglich sind, da dadurch ein sehr hoher Dispersionsgrad erreicht wird. Dabei wird unter dem Dispersionsgrad das Verhältnis der Anzahl der Metallatome, welche die Oberfläche der Nanopartikel bilden, zu der Gesamtzahl der Metallatome auf einem Träger verstanden. Der mittlere Partikeldurchmesser der einzusetzenden nanopartikulären Metall- bzw. Legierungssuspension hängt aber auch von der späteren Anwendung des Katalysators, der Natur der Katalysatorträgers und der Porenverteilung des Trägermaterials ab. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die Partikel der nanopartikulären Metall- oder Legierungssuspension einen mittleren Partikeldurchmesser von 0,5 bis 100 nm auf, vorzugsweise einen von 1 bis 50 nm, bevorzugt einen von 1 bis 25 nm, weiter bevorzugt einen von 1 bis 20 nm, mehr bevorzugt einen von 1 bis 15 nm und besonders bevorzugt einen von 1 bis 10 nm.

[0046] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weisen die Partikel der nanopartikulären Metall- oder Legierungssuspension einen mittleren Partikeldurchmesser von 1 bis 9 nm auf, vorzugsweise einen von 1 bis 8 nm, bevorzugt einen von 1 bis 7 nm und mehr bevorzugt einen von 1 bis 6 nm und besonders bevorzugt einen von 1 bis 5 nm.

[0047] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich geträgerte Metallkatalysatoren oder geträgerte Legierungskatalysatoren sämtlicher Metalle bzw. Legierungen herstellen. Voraussetzung ist jedoch, dass sich von dem Metall bzw. von der Legierung eine nanopartikuläre Metall- bzw. Legierungssuspension herstellen lässt.

[0048] Erfindungsgemäß bevorzugte Metalle sind beispielsweise Metalle der Gruppe 1 (Gruppe Ia), wie beispielsweise Lithium, Natrium und Kalium; der Gruppe 2 (Gruppe IIa), wie beispielsweise Magnesium, Calcium, Strontium oder Barium; der Gruppe 3 (Gruppe IIIa, IIIb), wie beispielsweise Scandium, Yttrium oder Lanthan; der Gruppe 4 (Gruppe IVa, IVb), wie beispielsweise Titan, Zirkonium und Hafnium; der Gruppe 5 (Gruppe Va, Vb), wie beispielsweise Vanadium, Niob und Tantal; der Gruppe 6 (Gruppe VIa, VIb), wie beispielsweise Chrom, Molybdän und Wolfram; der Gruppe 7 (Gruppe VIIa, VIIb), wie beispielsweise Mangan und Rhenium; der Gruppe 8, 9 und 10 (Gruppe VIII, VIIIa), wie beispielsweise Eisen, Ruthe-

nium, Osmium, Kobalt, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium und Platin; der Gruppe 11 (Gruppe Ib), wie beispielsweise Kupfer, Silber und Gold; der Gruppe 12 (Gruppe IIb), wie beispielsweise Zink; der Gruppe 13 (Gruppe IIIa, IIIb), wie beispielsweise Gallium und Indium; der Gruppe 14 (Gruppe IVa, IVb), wie beispielsweise Germanium und Zinn.

[0049] Erfindungsgemäß besonders bevorzugte Legierungen sind Legierungen eines der vorstehend genannten Metalle.

[0050] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die nanopartikuläre Metallsuspension eine Suspension eines Metalls ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Selen, Cer, Gallium, Kobalt, Zink, Aluminium, Ruthenium, Rhenium, Indium, Kalium, Titan, Zirkonium, Blei, Kupfer, Iridium, Natrium, Vanadium, Nickel, Bismut, Gold, Palladium, Lithium, Chrom, Cadmium, Zinn, Silber, Platin, Cäsium, Magnesium, Eisen, Erbium, Neodym, Magnesium und Germanium oder die nanopartikuläre Legierungssuspension eine Suspension einer Legierung eines der vorgenannten Metalle. Besonders bevorzugt sind dabei die Metalle Kobalt, Zink, Ruthenium, Rhenium, Kupfer, Vanadium, Nickel, Platin, Silber und Eisen. Nanopartikuläre Metallsuspensionen der vorstehend genannten Metalle können derzeit bereits in großem Maßstab hergestellt werden und können daher verhältnismäßig kostengünstig bezogen werden. Dadurch lassen sich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geträgerte Metall- bzw. Legierungskatalysatoren verhältnismäßig kostengünstig herstellen.

[0051] Es wurde festgestellt, dass sich mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geträgerte Kobalt- oder geträgerte Rutheniumkatalysatoren herstellen lassen, die eine sehr homogene Verteilung und eine sehr hohe Dispersion der Metallpartikel aufweisen. Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die nanopartikuläre Metallsuspension daher eine Suspension des Metalls Kobalt oder Ruthenium. Dabei weisen die Kobalt- bzw. Rutheniumnanopartikel vorzugsweise einen mittleren Durchmesser von 8 bis 20 nm auf. Die Dispersion der Kobalt- bzw. der Rutheniumpartikel beträgt vorzugsweise 0,5 bis 20 %, bevorzugt von 1 bis 15 % und besonders bevorzugt von 1 bis 10 %.

[0052] Insbesondere Kobalt und Ruthenium zeigen neben Eisen in der sogenannten Fischer-Tropsch-Synthese, in welcher aus einem Gemisch von Kohlenmonoxid und Wasserstoff Kohlenwasserstoffe synthetisiert werden, eine sehr hohe katalytische Aktivität. Entsprechend ist das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere auch zur Herstellung sogenannter Fischer-Tropsch-Katalysatoren geeignet.

[0053] Diesbezüglich bevorzugt als Trägermaterial sind dabei insbesondere Titandioxid (sowohl in der Modifikation Anatas als auch Rutil oder Mischformen davon), Siliziumdioxid, Siliziumdioxid- Al_2O_3 , Aluminiumoxid in den Modifikationen alpha-, gamma-, delta- oder theta- Al_2O_3 und Mischungen von Titandioxid und Zirkoniumdioxid. Dabei sind Träger auf der Basis von gamma- Al_2O_3 besonders bevorzugt.

[0054] Alternativ dazu können auch Träger auf der Basis von Titanoxid/Zirkoniumoxid bevorzugt sein. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird Titandioxid dabei zunächst chloridfrei gewaschen und danach mit einem Zirkoniumdioxid-Vorläufer, wie beispielsweise $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \times 4 \text{H}_2\text{O}$ imprägniert, getrocknet und kalziniert, um einen $\text{ZrO}_2/\text{TiO}_2$ -Träger auszubilden. Der Träger umfasst dabei bis zu 50 Gew.-% Zirkoniumdioxid, bevorzugt bis zu 35 Gew.-%, mehr bevorzugt bis zu 20 Gew.-%, weiter bevorzugt bis zu 10 Gew.-% und am meisten bevorzugt 0,1 bis 5 Gew.-% Zirkoniumdioxid bezogen auf das Gesamtgewicht des Trägers.

[0055] Es konnte gezeigt werden, dass Metalle wie beispielsweise Rhenium, Zirkonium, Hafnium, Cer und Uran dem Kobalt zugesetzt werden können, um die Aktivität und die Regenerierbarkeit eines geträgerten Kobaltkatalysators bezüglich der Fischer-Tropsch-Synthese zu verbessern. Entsprechende geträgerte Metallkatalysatoren mit einem Träger, auf dem beispielsweise sowohl Kobalt- als auch Rheniumnanopartikel abgeschieden sind, lassen sich ebenfalls mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens herstellen. Dabei kann beispielsweise so vorgegangen werden, dass das erfindungsgemäße Verfahren mit einer nanopartikulären Metallsuspension durchgeführt wird, welche sowohl Kobalt- als auch Rheniumnanopartikel enthält. Alternativ dazu kann beispielsweise mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens der Träger zunächst mit Kobaltnanopartikeln beladen werden. Der daraus resultierende geträgerte Kobaltkatalysator wird dann abermals dem erfindungsgemäßen Verfahren unterworfen, wobei dann als Metallsuspension eine nanopartikuläre Rheniumsuspension eingesetzt wird.

[0056] Neben geträgerten Kobalt- oder Rutheniumkatalysatoren weisen auch mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte geträgerte Nickelkatalysatoren eine sehr homogene und hochdisperse Verteilung der Metallnanopartikel auf. Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist daher die nanopartikuläre Metallsuspension eine Suspension des Metalls Nickel. Geträgerte Nickelkatalysatoren können insbesondere in der Entschwefelung von Gasen oder Flüssigkeiten eingesetzt werden.

[0057] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich geträgerte Metall- bzw. Legierungskataly-

satoren herstellen, die eine bestimmte Fläche pro Gramm Metall aufweisen. Die Metall- bzw. Legierungsoberfläche kann dabei in einem sehr breiten Bereich variieren. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Gesamt-Metalloberfläche des geträgerten Metall- oder Legierungskatalysators von 0,01 bis 60 m^2/g Metall, vorzugsweise von 10 bis 55 m^2/g , bevorzugt von 12 bis 50 m^2/g , weiter bevorzugt von 14 bis 45 m^2/g und am meisten bevorzugt von 15 bis 40 m^2/g .

[0058] Unter der Dispersion eines geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysators wird das Verhältnis der Anzahl aller Oberflächenmetallatome aller Metallpartikel eines Trägers zu der Gesamtzahl aller Metallatome der Partikel verstanden. Im Allgemeinen ist es bevorzugt, wenn der Dispersionswert verhältnismäßig hoch ist, da in diesem Fall verhältnismäßig viele Metallatome für eine katalytische Reaktion frei zugänglich sind. Das heißt, dass sich bei einem verhältnismäßig hohen Dispersionswert eines geträgerten Metallkatalysators eine bestimmte katalytische Aktivität desselben mit einer verhältnismäßig geringen Menge an eingesetztem Metall erreicht ist.

[0059] Grundsätzlich hängt der Dispersionsgrad eines mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten geträgerten Metallkatalysators von dem mittleren Partikeldurchmesser der eingesetzten Metallsuspension ab. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es bei der Beladung des Katalysatorträgers mit nanopartikulären Metallpartikeln zu einer Aggregation der letzteren kommen kann, welche zu einer Abnahme des Dispersionsgrades führt.

[0060] Entsprechend einer weiter bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden mittels diesem geträgerte Metall- bzw. Legierungskatalysatoren hergestellt, deren Metall- bzw. Legierungspartikel eine Dispersion von 1 bis 10 % aufweisen, vorzugsweise eine von mehr als 20 %, weiter vorzugsweise eine von mehr als 30 %, bevorzugt eine von mehr als 35 %, weiter bevorzugt eine von mehr als 40 %, mehr bevorzugt eine von mehr als 45 % und besonders bevorzugt eine von mehr als 50 %.

[0061] Die Metalldispersion eines geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysators kann beispielsweise mittels Chemisorption an einer Katalysatorprobe bestimmt werden. Dabei wird bei der Berechnung der Dispersion die Gesamt-Chemisorption der Probe zugrundegelegt.

[0062] Die Erfindung betrifft ferner einen Katalysator, der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt ist.

[0063] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer nanopartikulären Metallsuspensi-

on oder einer nanopartikulären Legierungssuspension zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators bzw. Legierungskatalysators.

[0064] Die in das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzten nanopartikulären Metall- bzw. Legierungsdispersionen sind im Handel erhältlich und können entweder direkt oder nach einer entsprechenden Einstellung der Metall- bzw. Legierungspartikelkonzentration in das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators oder eines geträgerten Legierungskatalysators, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Inkontaktbringen eines Trägers mit einer nanopartikulären Metallsuspension oder mit einer nanopartikulären Legierungssuspension;
- b) Entfernen des Suspensionsmittels;
- d) gegebenenfalls Stabilisieren des geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysators.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension oder mit der nanopartikulären Legierungssuspension durch Aufsprühen der Metallsuspension bzw. der Legierungssuspension auf den Träger erfolgt, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension oder mit der nanopartikulären Legierungssuspension durch Eintauchen des Trägers in die Metallsuspension bzw. in die Legierungssuspension erfolgt, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Inkontaktbringen des Trägers mit der nanopartikulären Metallsuspension oder mit der nanopartikulären Legierungssuspension mittels der Pore-filling-Methode erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger in die nanopartikuläre Metallsuspension oder in die nanopartikuläre Legierungssuspension mit einer vorbestimmten Menge an nanopartikulärem Metall bzw. an nanopartikulärer Legierung eingebracht und das Suspensionsmittel entfernt wird, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Suspensionsmittels unter Vakuum erfolgt, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung des Suspensionsmittels unterhalb einer Temperatur von 120°C erfolgt, vorzugsweise unterhalb einer Temperatur von 100°C, bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 90°C, mehr bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 80°C, weiter bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 70°C, besonders bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 60°C und am meisten bevorzugt unterhalb einer Temperatur von 50°C.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schritt des Entferns des Suspensionsmittels b) ein Fixierungsschritt c) folgt, mittels welchem die Metallpartikel oder die Legierungspartikel an dem Träger fixiert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Fixierungsschritt c) durch die Erwärmung des mit den Metallpartikeln oder Legierungspartikeln beladenen Trägers auf eine Temperatur von 120°C bis 700°C erfolgt, vorzugsweise unter einer Schutzgasatmosphäre.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Fixierungsschritt c) durch die Erwärmung des mit den Metallpartikeln oder Legierungspartikeln beladenen Trägers auf eine Temperatur von 300°C bis 650°C erfolgt, vorzugsweise auf eine Temperatur von 350°C bis 600°C, bevorzugter auf eine Temperatur von 400 bis 550°C und besonders bevorzugt auf eine Temperatur von 450°C bis 500°C.

11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Schritt des Entferns des Suspensionsmittels b) der Stabilisierungsschritt d) folgt, welcher die Lagerung des mit den Metallpartikeln oder Legierungspartikeln beladenen Trägers unter einer Schutzgasatmosphäre beinhaltet.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Suspensionsmittel Wasser oder ein organisches Lösungsmittel ist, vorzugsweise Toluol.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger ein poröser Träger ist.

14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger aus einem Titandioxid, einem Aluminiumoxid, einem Zirkoniumoxid, einem Siliziumoxid, einem Zinkoxid, einem Magnesiumoxid, einem Aluminiumoxid-Siliziumoxid, einem Siliziumcarbid, einem Magnesiumsilikat oder einer Mischung von zwei oder mehr der vorgenannten gebildet ist.

15. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger ein Pulver, ein Formkörper oder ein Monolith ist.

16. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel der nanopartikulären Metall- oder Legierungssuspension einen mittleren Partikeldurchmesser von 0,5 bis 100 nm aufweisen, vorzugsweise einen von 1 bis 50 nm, bevorzugt einen von 1 bis 25 nm, weiter bevorzugt einen von 1 bis 20 nm, mehr bevorzugt einen von 1 bis 15 nm und besonders bevorzugt einen von 1 bis 10 nm.

17. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Partikel der nanopartikulären Metall- oder Legierungssuspension einen mittleren Partikeldurchmesser von 1 bis 9 nm aufweisen, vorzugsweise einen von 1 bis 8 nm, bevorzugt einen von 1 bis 7 nm, mehr bevorzugt einen von 1 bis 6 nm und besonders bevorzugt einen von 1 bis 5 nm.

18. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die nanopartikuläre Metallsuspension eine Suspension eines Metalls ist ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Selen, Cer, Gallium, Kobalt, Zink, Aluminium, Indium, Kalium, Titan, Zirkonium, Blei, Kupfer, Iridium, Natrium, Vanadium, Nickel, Rhenium, Bismut, Gold, Palladium, Lithium, Chrom, Cadmium, Zinn, Silber, Platin, Cäsium, Magnesium, Eisen, Erbium, Neodym und Germanium bzw. die nanopartikuläre Legierungssuspension eine Suspension einer Legierung eines der vorgenannten Metalle ist.

19. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die nanopartikuläre Metallsuspension eine Suspension des Metalls Kobalt oder Ruthenium ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die nanopartikuläre Metallsuspension eine Suspension des Metalls Nickel ist.

21. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gesamt-Metalloberfläche des geträgerten Metall- oder Legierungskatalysators 0,01 bis 60 m²/g Metall beträgt, vorzugsweise 10 bis 55 m²/g, bevorzugt 12 bis 50 m²/g, weiter bevorzugt 14 bis 45 m²/g und am meisten bevorzugt von 15 bis 40 m²/g.

22. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Metall- oder Legierungspartikel des geträgerten Metall- bzw. Legierungskatalysators eine Dispersion von mehr als 20 % aufweisen.

23. Katalysator, hergestellt nach einem Verfahren der voranstehenden Ansprüche.

24. Verwendung des Katalysators nach Anspruch 23 in der Fischer-Tropsch Synthese.

25. Verwendung einer nanopartikulären Metallsuspension oder einer nanopartikulären Legierungssuspension zur Herstellung eines geträgerten Metallkatalysators oder Legierungskatalysators.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen