



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 603 06 397 T2 2007.08.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 539 836 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 603 06 397.7

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/EP03/08472

(96) Europäisches Aktenzeichen: 03 792 238.2

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2004/018529

(86) PCT-Anmeldetag: 31.07.2003

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 04.03.2004

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 15.06.2005

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 21.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23.08.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: C08F 10/00 (2006.01)

C08F 4/64 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

10236647 09.08.2002 DE  
408199 P 04.09.2002 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

Basell Polyolefine GmbH, 50389 Wesseling, DE

(72) Erfinder:

ALT, Peter, Frank, 65929 Frankfurt, DE; BÖHM, Ludwig, 65795 Hattersheim, DE; GUNDERT, Friedhelm, 65835 Liederbach, DE

(54) Bezeichnung: MODIFIZIERTER ZIEGLER-KATALYSATOR, HERSTELLUNGSVERFAHREN DAFÜR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON POLY-1-OLEFINEN IN SEINER GEGENWART

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]** Die Erfindung bezieht sich auf einen chemisch modifizierten Ziegler Katalysator und auf ein Verfahren zum Herstellen von Poly-1-olefinen in dessen Gegenwart.

**[0002]** Aus Magnesiumalkoholaten  $Mg(OR^1)(OR^2)$  oder „komplexen“ Magnesiumalkoholaten lassen sich durch Umsetzung mit Verbindungen des Titans, Zirkons, Vanadiums oder Chroms Feststoffe herstellen, die zusammen mit metallorganischen Verbindungen der 1., 2. oder 13. Gruppe des Periodensystems (die Gruppen werden wie beispielsweise im Handbook of Chemistry and Physics, 76<sup>th</sup> edition (1995–1996) abgedruckt zitiert) hervorragende Katalysatoren für die Olefinpolymerisation ergeben.

**[0003]** Bekannt ist ein Verfahren zur Polymerisation von 1-Olefinen in Gegenwart eines Mischkatalysators, dessen Komponente (a) durch Umsetzen von Magnesiumalkoholaten mit vierwertigen, halogenhaltigen Titanverbindungen hergestellt wurde (vgl. US-A 3,644,318). Die Magnesiumalkoholate werden in der Form eingesetzt, wie sie im Handel erhältlich sind. Die in diesem Verfahren erhältlichen Polymeren besitzen eine relativ enge Molmassenverteilung.

**[0004]** Weiterhin ist ein Verfahren zur Herstellung eines Ziegler Katalysators bekannt, bei welchem ein gelöstes Magnesiumalkoholat mit einer halogenhaltigen Ti- oder V-Verbindung und einem Übergangsmetallalkoholat umgesetzt wird (vgl. EP-A 319 173). Die dabei entstehenden Katalysatorpartikel sind kugelförmig und besitzen eine mittlere Teilchengröße von 10 bis 70  $\mu\text{m}$ .

**[0005]** Schließlich ist noch bekannt, als Übergangsmetallkomponente ein Produkt der Reaktion einer vierwertigen, halogenhaltigen Titanverbindung mit einem Magnesiumalkoholat, welches mindestens 40 Gew.-% Teilchen eines Durchmessers kleiner 63  $\mu\text{m}$  enthält, zu verwenden (vgl. EP-A 223 011). Ein Magnesiumalkoholat mit dieser Korngröße erhält man unter anderem durch Mahlen eines Handelsproduktes in einer Kugelmühle. Das Magnesiumalkoholat wird als Suspension in einem inerten Kohlenwasserstoff eingesetzt.

**[0006]** Es wurde auch in der EP-A 532 551 beschrieben, dass man Ziegler Katalysatoren mit hoher bis sehr hoher Aktivität und mit der Möglichkeit, die Teilchengrößenverteilung des Polymerisats zu steuern, erhält, wenn man das Magnesiumalkoholat als gelartige Dispersion einsetzt. Diese gelartige Dispersion wird erhalten, indem das handelsübliche Magnesiumalkoholat in einem inerten Kohlenwasserstoff suspendiert wird und diese Suspension unter Schutzgas ( $Ar$ ,  $N_2$ ) in einer Dispergier-einheit mit einem Hochleistungsscherwerkzeug (z.B. <sup>®</sup>Ultra-Turrax oder <sup>®</sup>Dispax, IKA-Maschinenbau Janke & Kunkel GmbH, oder <sup>®</sup>Supraton, Firma Krupp-Buckau, Deutschland) über einen Zeitraum von mehreren Stunden oder Tagen unter starker Kühlung dispergiert wird.

**[0007]** Weiter beschreibt die WO 01/38405, dass man Ziegler Katalysatoren mit sehr hoher Aktivität erhält, wenn man das Magnesiumalkoholat als gelartige Dispersion einsetzt, vorher aber das Ausgangsmaterial einer Trockenmahlung in einer inertisierten Mühle unterwirft, wobei daraus gewisse wirtschaftliche Vorteile beim Herstellen des Katalysators resultieren.

**[0008]** Beim Herstellen von mono-, bi- oder multimodalen PE-Produkten in kaskadierter oder batchweise betriebener Suspensionspolymerisation (STHD) ist es indes für das Verfahren und die Eigenschaften der damit hergestellten Produkte von Vorteil, wenn durch den Katalysator das unter gezielt gewählten Reaktionsbedingungen gebildete Polymer mit einer niedrigen Molmasse eine möglichst steil abfallende Flanke auf der niedermolekularen Seite der Molmassenverteilung aufweist, und zwar möglichst steiler als nach dem Stand der Technik.

**[0009]** Eine steilere Flanke auf der niedermolekularen Seite der Molmassenverteilung ist nämlich gleichbedeutend mit einer geringeren Bildung von niedermolekularem Wachs, das bei der Suspensionspolymerisation im Suspensionsmittel gelöst ist. Wenn bei der Polymerisation weniger Wachs gebildet wird, muss bei der großtechnischen Herstellung von PE auch weniger Wachs aus dem Verfahren ausgeschleust werden, was die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens steigert, weil weniger Energie- und Entsorgungskosten anfallen. Außerdem wird die der Menge an nicht gebildetem Wachs entsprechende Menge an monomerem Ethylen in PE-Produktumgesetzt, womit die Produktausbeute des Verfahrens steigt und die Wirtschaftlichkeit des Herstellverfahrens noch weiter erhöht wird.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, einen Ziegler Katalysator zu finden, der das Reaktionsprodukt einer Magnesiumalkoholatdispersion mit einer Übergangs-metallverbindung und einer metallorganischen Verbindung darstellt, wobei der Katalysator chemisch so modifiziert werden soll, dass die Polyme-

risierung von 1-Olefinen in seiner Gegenwart ein Produkt mit einer deutlich geringeren Menge an Wachs ergibt als nach dem Stand der Technik und damit eine steil abfallende Flanke auf der niedermolekularen Seite der Molmassenverteilung, und zwar steiler als nach dem Stand der Technik.

**[0011]** Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Ziegler Katalysator zum Herstellen von 1-Olefinhomo- und -copolymeren durch Polymerisation eines 1-Olefins der Formel  $R^4CH=CH_2$ , in der  $R^4$  Wasserstoff oder einen Alkylrest mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen bedeutet, in Suspension, in Lösung oder in der Gasphase, der aus dem Umsetzungsprodukt eines Magnesiumalkoholats (Komponente a) mit einer Titanverbindung (Komponente b) und einer metallorganischen Verbindung (Komponente c) besteht, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine Komponente (d) hinzukommt, die eine Verbindung mit der allgemeinen chemischen Formel  $M-R_x$  enthält, in der M ein Element der IV. Hauptgruppe des Periodensystems bedeutet, in der R Halogen bedeutet.

**[0012]** Erfindungsgemäß müssen die Reste R nicht gleich sein, sondern es können verschiedene Möglichkeiten als Reste R miteinander kombiniert werden. Als Element der IV. Hauptgruppe des Periodensystems ist erfindungsgemäß bevorzugt Silizium oder Germanium.

**[0013]** Als Komponente (a) kann ein im Handel erhältliches Magnesiumalkoholat verwendet werden. Dieses Magnesiumalkoholat kann ein Magnesiumalkoholat der Formel  $Mg(OR^1)(OR^2)$  sein, in der  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und einen Alkylrest mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen bedeuten. Beispiele sind  $Mg(OCH_3)_2$ ,  $Mg(OC_2H_5)_2$ ,  $Mg(OiC_3H_7)_2$ ,  $Mg(OnC_4H_9)_2$ ,  $Mg(OCH_3)(OC_2H_5)$ ,  $Mg(OC_2H_5)(OnC_3H_7)$ . Es kann auch ein Magnesiumalkoholat der Formel  $Mg(OR)_nX_m$  verwendet werden, in der X = Halogen,  $(SO_4)_{1/2}$ , OH,  $(CO_3)_{1/2}$ ,  $(PO_4)_{1/3}$ , Cl ist, R die oben genannte Bedeutung von  $R^1$  oder  $R^2$  hat und  $n + m = 2$  ist.

**[0014]** Es kann jedoch auch ein Magnesiumalkoholat eingesetzt werden, das neben Magnesium mindestens ein weiteres Metall der 1., 2., 13. oder 14. Gruppe des Periodensystems enthält. Beispiele für ein derartiges Magnesiumalkoholat sind:

$[Mg(OiC_3H_7)_4]Li_2$ ;  $[Al_2(OiC_3H_7)_8]Mg$ ;  $[Si(OC_2H_5)_6]Mg$ ;  $[Mg(OC_2H_5)_3]Na$ ;  
 $[Al_2(OiC_4H_9)_8]Mg$ ;  $[Al_2(O-secC_4H_9)_6(OC_2H_5)_2]Mg$ .

**[0015]** Bevorzugt verwendet werden  $Mg(OC_2H_5)_2$ ,  $Mg(OnC_3H_7)_2$  oder  $Mg(OiC_3H_7)_2$ . Das Magnesiumalkoholat wird in reiner Form eingesetzt.

**[0016]** Handelsübliches  $Mg(OC_2H_5)_2$  hat im allgemeinen folgende Spezifikation:

Mg-Gehalt	21–22 Gew.-%
$MgCO_3$	≤ 1 Gew.-%
$C_2H_5OH$ -Gehalt	< 0,3 Gew.-%

**[0017]** Der mittlere Korndurchmesser liegt bei 400–700  $\mu\text{m}$ , wobei mindestens 90 % der Partikel einen Korn-durchmesser im Bereich von 200 bis 1200  $\mu\text{m}$  besitzen.

**[0018]** Als inerte Kohlenwasserstoffe eignen sich erfindungsgemäß aliphatische oder cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe wie Butan, Pentan, Hexan, Heptan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan, sowie aromatische Kohlenwasserstoffe wie Toluol, Xylol; auch hydrierte Dieselöl- oder Benzinfraktionen, die sorgfältig von Sauerstoff, Schwefelverbindungen und Feuchtigkeit befreit worden sind, sind brauchbar.

**[0019]** Es kann von Vorteil sein, es ist aber für das erfindungsgemäße Verfahren nicht unbedingt wesentlich, wenn die Komponente (a), das handelsübliche Magnesiumalkoholatpulver, durch Röhren mit einem Rührorgan oder Zerscheren mit einem Hochleistungsscherwerkzeug einer Suspension des handelsüblichen Magnesiumalkoholatpulvers in einem inerten Kohlenwasserstoff, in dem das Magnesiumalkoholat nicht löslich ist, in eine gelartige Dispersion des Magnesiumalkoholats überführt wird, die bei gleichem Verhältnis von vorgelegtem Feststoffanteil zu Kohlenwasserstoffanteil, ausgedrückt als Massenprozent, bei gleicher Temperatur ein langsameres Absitzen des Feststoffanteils und einen höheren Raumanteil des Feststoffanteils in der Dispersion nach vollständigem Absitzen des Feststoffanteils, ausgedrückt als Volumenprozent, aufweist als die eingesetzte Suspension des handelsüblichen Magnesiumalkoholatpulvers in dem gleichen inerten Kohlenwasserstoff.

**[0020]** Eine gelartige Dispersion dieser Art wird auch durch Röhren mit einem Rührorgan oder Zerscheren mit einem Hochleistungsscherwerkzeug einer Suspension eines vorher gemahlenen Magnesiumalkoholatpulvers in einem inerten Kohlenwasserstoff, in dem das Magnesiumalkoholat nicht löslich ist, in einem inertisierten Gefäß hergestellt, wobei in jedem Volumeninkrement der Mischung die gleiche mittlere Anzahl an Teilchen vor-

liegt.

**[0021]** Für die Herstellung des Ziegler Katalysators kann die Dispersion oder Suspension der Komponente (a) dann in einer Stufe oder in mehreren Stufen mit der Komponente (b), einer Ti-Verbindung ( $TiCl_4$ ,  $Ti(OR)_4$  u.a.), umgesetzt werden.

**[0022]** Dabei wird die Komponente (a) mit der Ti-Verbindung bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 100 C, vorzugsweise von 60 bis 90 C, in Gegenwart eines inerten Kohlenwasserstoffs unter Rühren mit einer den Erfordernissen entsprechenden Rührerdrehzahl umgesetzt. Auf 1 mol Magnesiumalkoholat werden 0,05 bis 5 mol Ti-Verbindung eingesetzt, vorzugsweise 0,1 bis 3,5 mol. Die Reaktionsdauer beträgt 0,5 bis 8 Stunden, vorzugsweise 2 bis 6 Stunden.

**[0023]** Zusätzlich dazu oder im Anschluss an die Umsetzung der Komponente (a) mit der Komponente (b) kann das Umsetzungsprodukt mit einer Suspension oder einer Lösung der Komponente (d) in einem inerten Lösungsmittel behandelt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hat die Komponente (d) eine chemische Zusammensetzung, bei der der Rest R ein Chlor- oder Bromatom bedeutet.

**[0024]** Die Behandlung erfolgt bei einer Temperatur in einem Bereich von 20 bis 120° C, vorzugsweise von 60 bis 100° C, über eine Zeitdauer im Bereich von 0,1 bis 8 h, vorzugsweise von 2 bis 6 h, in einer Menge im Bereich von 0,05 bis 5 mol Komponente (d) pro mol Magnesiumalkoholat, vorzugsweise von 0,1 bis 3,5 mol.

**[0025]** Man erhält so einen in Kohlenwasserstoff unlöslichen, magnesium- und Titan- und Element-M-haltigen Feststoff als Umsetzungsprodukt, das mit dem inerten Kohlenwasserstoff eine Suspension (Feststoff/Flüssigkeit) bildet.

**[0026]** Die Herstellung des erfindungsgemäß zu verwendenden Polymerisationskatalysators erfolgt durch Zusammenbringen des Umsetzungsproduktes mit Komponente (c), einer metallorganischen Verbindung eines Metalls der 1., 2. oder 13. Gruppe des Periodensystems. Das Umsetzungsprodukt aus Komponente (a), (b) und (d) kann als Suspension direkt mit der Komponente (c) umgesetzt werden.

**[0027]** Vorzugsweise verwendet man als Komponente (c) aluminiumorganische Verbindungen. Als aluminiumorganische Verbindungen eignen sich chlorhaltige aluminiumorganische Verbindungen, z.B. Dialkylaluminiummonochloride der Formel  $R^3_2AlCl$  oder Alkylaluminiumsesquichloride der Formel  $R^3_3Al_2Cl_3$ , worin  $R^3$  ein Alkylrest mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen ist. Als Beispiele seien genannt  $(C_2H_5)_2AlCl$ ,  $(iC_4H_9)_2AlCl$ ,  $(C_2H_5)_3Al_2Cl_3$ . Es können auch Gemische dieser Verbindungen eingesetzt werden.

**[0028]** Die Reihenfolge in der die Komponenten (a), (b), (c) und (d) zur Bildung des Ziegler Katalysators zusammengegeben werden ist erfindungsgemäß variabel. Dabei können zu Komponente (a) die Komponenten (b), (c) und (d) nacheinander zugesetzt werden, es können aber genauso gut auch die Komponenten (b), (d) und (c) nacheinander oder die Komponenten (b) und (d) als Mischung und danach Komponente (c) eingesetzt werden, wobei die Komponente (d) auch ggf. als externer Donor während der Polymerisation eingesetzt werden kann.

**[0029]** Das Umsetzungsprodukt aus den Komponenten (a), (b), (c) und (d) stellt den Ziegler Katalysator dar, der aber noch mit einer aluminiumorganischen Verbindung als sog. Cokatalysator in ein aktives System überführt werden muss. Hierzu eignen sich chlorfreie aluminiumorganische Verbindungen wie Aluminiumtrialkyle  $AlR^3_3$  oder Aluminiumdialkylhydride der Formel  $AlR^3_2H$ , in denen  $R^3$  ein Alkylrest mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen bedeutet. Beispiele sind  $Al(C_2H_5)_3$ ,  $Al(C_2H_5)_2H$ ,  $Al(C_3H_7)_3$ ,  $Al(C_3H_7)_2H$ ,  $Al(iC_4H_9)_3$ ,  $Al(iC_4H_9)_2H$ ,  $Al(C_8H_{17})_3$ ,  $Al(C_{12}H_{25})_3$ ,  $Al(C_2H_5)(C_{12}H_{25})_2$ ,  $Al(iC_4H_9)(C_{12}N_{25})_2$ .

**[0030]** Als Cokatalysator können auch Mischungen von metallorganischen Verbindungen von Metallen der 1., 2. oder 13. Gruppe des Periodensystems, insbesondere Mischungen verschiedener aluminiumorganischer Verbindungen eingesetzt werden.

**[0031]** Beispielsweise seien folgende Mischungen genannt:  $Al(C_2H_5)_3$  und  $Al(iC_4H_9)_3$ ,  $Al(C_2H_5)_2Cl$  und  $Al(C_8H_{17})_3$ ,  $Al(C_2H_5)_3$  und  $Al(C_8H_{17})_3$ ,  $Al(C_4H_9)_2H$  und  $Al(C_8H_{17})_3$ ,  $Al(iC_4H_9)_3$  und  $Al(C_8H_{17})_3$ ,  $Al(C_2H_5)_3$  und  $Al(C_{12}H_{25})_3$ ,  $Al(iC_4H_9)_3$  und  $Al(C_{12}H_{25})_3$ ,  $Al(C_2H_5)_3$  und  $Al(C_{16}H_{33})_3$ ,  $Al(C_3H_7)_3$  und  $Al(C_{18}H_{37})_2(iC_4H_9)$ ,  $Al(C_2H_5)_3$  und Aluminiumisoprenyl (= Umsetzungsprodukt von Isopren mit  $Al(iC_4H_9)_3$  oder  $Al(iC_4H_9)2H$ ).

**[0032]** Das Mischen von Katalysator und Cokatalysator kann vor der Polymerisation in einem Rührkessel bei einer Temperatur im Bereich von –30 bis +150 C, vorzugsweise von –10 bis +120 C, erfolgen. Es ist aber auch möglich, Katalysator und Cokatalysator direkt im Polymerisationskessel bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 200 C zu vereinigen. Die Zugabe des Cokatalysators kann jedoch auch in zwei Schritten erfolgen, indem vor der Polymerisationsreaktion der erfindungsgemäße Katalysator mit einem ersten Teil des Cokatalysators bei einer Temperatur im Bereich von –30 bis 150 C voraktiviert wird und die Zugabe eines weiteren Teils des gleichen oder eines anderen Cokatalysators in dem Polymerisationsreaktor bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 200 C erfolgt.

**[0033]** Der erfindungsgemäß zu verwendende Polymerisationskatalysator (Ziegler Katalysator) wird zur Polymerisation von 1-Olefinen der Formel  $R^4-CH=CH_2$ , in der  $R^4$  ein Wasserstoffatom oder einen Alkylrest mit 1 bis 10 C-Atomen bedeutet, eingesetzt, beispielsweise Ethylen, Propylen, Buten-(1), Hexen-(1), 4-Methylpenten-(1) oder Octen-(1).

**[0034]** Vorzugsweise wird Ethylen allein oder im Gemisch von mindestens 50 Gew.-% Ethylen und maximal 50 Gew.-% eines anderen 1-Olefins der obigen Formel polymerisiert.

**[0035]** Insbesondere wird Ethylen allein oder ein Gemisch von mindestens 90 Gew.-% Ethylen und maximal 10 Gew.-% eines anderen 1-Olefins der obigen Formel polymerisiert.

**[0036]** Die Polymerisation wird in bekannter Weise in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig bei einer Temperatur von 20 bis 200 C, vorzugsweise 50 bis 150 C, durchgeführt. Der Druck beträgt 0,5 bis 50 bar. Bevorzugt ist die Polymerisation in dem technisch besonders interessanten Druckbereich von 1,5 bis 30 bar.

**[0037]** Dabei wird der erfindungsgemäße Katalysator in einer Konzentration, bezogen auf Übergangsmetall, von 0,0001 bis 1 mmol, vorzugsweise 0,001 bis 0,5 mmol Übergangsmetall pro dm<sup>3</sup> Dispergiermittel verwendet. Prinzipiell sind aber auch höhere Konzentrationen möglich.

**[0038]** Die Suspensionspolymerisation wird in einem für das Ziegler-Niederdruckverfahren gebräuchlichen internen Dispergiermittel durchgeführt, beispielsweise in einem aliphatischen oder cycloaliphatischen Kohlenwasserstoff; als solcher sei beispielsweise Butan, Pentan, Hexan, Heptan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan genannt. Weiterhin können Benzin- bzw. hydrierte Dieselölfractionen, die sorgfältig von Sauerstoff, Schwefelverbindungen und Feuchtigkeit befreit worden sind, benutzt werden.

**[0039]** Suspensionspolymerisation wie Gasphasenpolymerisation können direkt oder nach Vorpolymerisation des Katalysators durchgeführt werden, wobei die Vorpolymerisation vorteilhafterweise nach dem Suspensionsverfahren durchgeführt wird.

**[0040]** Die Molmasse des Polymerisats wird in bekannter Weise geregelt, vorzugsweise wird zu diesem Zweck Wasserstoff verwendet.

**[0041]** Das erfindungsgemäße Verfahren ergibt infolge der hohen Aktivität des erfindungsgemäßen Katalysators Polymerate mit sehr geringem Übergangsmetall- und Halogengehalt und daher äußerst guten Werten im Farbbeständigkeitstest und Korrosionstest.

**[0042]** Ferner ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren, die Katalysatoren so zu modifizieren, dass damit die Wachsanteile im hergestellten Polymer geringer werden, so dass eine engere Molmassenverteilung ausgedrückt durch das Verhältnis von  $M_w/M_n$  erreicht wird, wobei insbesondere eine sehr steil abfallende Flanke auf der niedermolekularen Seite der Molmassenverteilung zu dieser Verengung beiträgt.

**[0043]** Mit den nachfolgend beschriebenen Beispielen soll die Erfindung erläutert werden.

**[0044]** Die darin aufgeführten Ergebnisse zur Elementarzusammensetzung der beschriebenen Katalysatoren wurden nach folgenden analytischen Verfahren erhalten:

Ti: photometrisch über Peroxid-Komplex

Mg, Cl, Al: titrimetrisch nach üblichen Verfahren

Si: mittels ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optische Spektralanalyse) nach DIN EN ISO11885

**[0045]** Die in den Tabellen aufgeführten Produkteigenschaften der Polymerpulver sind nach den folgenden

Methoden ermittelt worden:

VZ (Viskositätszahl): nach DIN EN ISO 1628-3

Schüttdichte: nach DIN EN ISO 60

$d_{50}$  (mittlerer Teilchendurchmesser): nach DIN 53477 und DIN66144

$M_w/M_n$  (Polydispersität): Maß für die Verteilungsbreite der Molmassenverteilung ( $M_w$  Gewichtsmittel,  $M_n$ =Zahlenmittel), die mit der GPC-Methode nach DIN55672 ermittelt wird. Die Messungen wurden bei 135° C und Trichlorbenzol als Lösungsmittel durchgeführt.

**[0046]**  $M<1E3$ g/mol: Gewichtsanteil der Moleküle mit einer Molmasse kleiner als 1000g/mol, der als Maß für den gebildeten Wachsanteil herangezogen wird. Dieser wird aus der mit der GPC-Methode erhaltenen integralen Molgewichtsverteilungskurve ermittelt.

#### Beispiel 1 (erfindungsgemäß)

**[0047]** In einem 2 dm<sup>3</sup> Rührgefäß mit Rückflusskühler, 2-flügeligem Blatt-Rührer und Inertgasüberlagerung (Ar) wurde eine Suspension aus 57 g eines in einer Gegenstrahlmühle des Typs 100 AFG der Fa. Hosokawa Alpine AG, Augsburg/Deutschland, mit einem Durchsatz von ca. 6 kg/h auf einen mittleren Korn durchmesser von ca. 5 µm gemahlenen handelsüblichen  $Mg(OC_2H_5)_2$  in 1,0 dm<sup>3</sup> Dieselöl mit einem Siedebereich von 140 bis 170 C (hydrierte Benzinfraktion) bei einer Temperatur von 85 C für 20 h bei einer Rührerdrehzahl von 100 Upm (Umdrehungen pro Minute) gerührt.

**[0048]** Die Absitzzeit der dadurch erhaltenen gelartigen  $Mg(OC_2H_5)_2$ -Dispersion bei Raumtemperatur betrug nach Abstellen des Rührers ca. 60 min.

**[0049]** 0,4 dm<sup>3</sup> (enthaltend 23 g  $Mg(OC_2H_5)_2$ ) der gelartigen Dispersion wurden in ein 1 dm<sup>3</sup> Rührgefäß mit Rückflusskühler, 2-flügeligem Blatt-Rührer und Inertgasüberlagerung (Ar) überführt und mit 0,1 dm<sup>3</sup> Dieselöl mit einem Siedebereich von 140 bis 170 C (hydrierte Benzinfraktion) aufgefüllt. Dann wurde bei einer Rührerdrehzahl von 125 Upm auf 85 C hochgeheizt und anschließend 0,04 mol  $TiCl_4$  in 10 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) während 4 h zudosiert. Nach einer Nachreaktionszeit von 0,5 h wurden als Silankomponente 0,02 mol  $SiCl_4$  in 10 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) innerhalb 4 h zudosiert. Nach einer Nachreaktionszeit von 0,5 h wurde auf 110 C erhitzt. Während 2 h wurden bei einer Rührerdrehzahl von 250 Upm 0,175 mol  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  in 200 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) zudosiert. Anschließend wurde die Temperatur weitere 2 h bei 110 C gehalten.

**[0050]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Al:Cl \approx 1:0,21:0,16:2,36$ .

#### Vergleichsbeispiel 1

**[0051]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 1 mit dem Unterschied, dass keine Silanverbindung zudosiert wurde.

**[0052]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Al:Cl \approx 1:0,21:0,33:2,25$ .

#### Beispiel 2 (erfindungsgemäß)

**[0053]** Beispiel 2 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 1 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen.

**[0054]** Die Polymerisationsversuche wurden in einem 200 dm<sup>3</sup> Reaktor diskontinuierlich durchgeführt. Dieser Reaktor war mit einem Impellerrührer und Stromstörer ausgestattet. Die Temperatur im Reaktor wurde gemessen und automatisch konstant gehalten. Die Polymerisationstemperatur betrug  $85 \pm 1$  C.

**[0055]** Die Polymerisationsreaktion wurde in folgender Weise durchgeführt:

In den mit N<sub>2</sub> überlagerten Reaktor wurden 100 dm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) eingefüllt und auf 85 C aufgeheizt. Unter Inertgasüberlagerung (N<sub>2</sub>) wurde der Cokatalysator ( $Al(C_2H_5)_3$ ) zugegeben, so dass im Reaktor eine Cokatalysatorkonzentration von 0,50 mmol/dm<sup>3</sup> vorlag. Danach wurde der Katalysator hergestellt gemäß Beispiel 1 in einer Menge, die 3,0 mmol Titan entspricht, als mit

Dieselöl verdünnte Suspension in den Reaktor zugegeben.

**[0056]** Der Reaktor wurde mehrmals bis 8 bar mit N<sub>2</sub> (Wasserstoff) beaufschlagt und wieder entspannt, um den Stickstoff vollständig aus dem Reaktor zu entfernen (der Vorgang wurde durch Messung der H<sub>2</sub>-Konzentration im Gasraum des Reaktors kontrolliert, die schließlich 95 Vol.-% anzeigte). Die Polymerisation wurde durch Öffnen des Ethyleneingangs gestartet. Über die gesamte Polymerisationszeit wurde Ethylen in einer Menge von 4,0 kg/h zugeführt, wobei der Druck im Reaktor langsam anstieg. Im Gasraum des Reaktors wurde der Gehalt an Wasserstoff ständig gemessen und der Volumenanteil konstant gehalten, indem Wasserstoff entsprechend dosiert wurde (Vol.-% H<sub>2</sub> = 80).

**[0057]** Die Polymerisation wurde nach 300 min beendet (20 kg Ethylen-Eingas) und der Gesamtdruck abgelesen. Der Reaktorinhalt wurde auf ein Filter abgelassen. Das mit Dieselöl behaftete Polymer wurde mehrere Stunden im Stickstoffstrom getrocknet. Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 1 zusammengestellt.

#### Vergleichsbeispiel 2

**[0058]** Vergleichsbeispiel 2 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 1 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgt wie in Beispiel 2 beschrieben.

**[0059]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Polymerisationsversuche 200 dm<sup>3</sup>-Reaktor, 50 mmol Triethylaluminium, 3,0 mmol Ti (Katalysator), 100 dm<sup>3</sup> Dieselöl, 4,0 kg/h Ethylen, 85 C Polymerisationstemperatur, 300 min Polymerisationsdauer, 80 Vol.-% Wasserstoff im Gasraum

Polymerisationsversuch	Bsp. 2	Vglbsp. 2
Katalysatorkomponente gemäß	Bsp. 1	Vglbsp. 1
Enddruck / bar	6,426	6,498
Ausbeute PE / kg	19,8	19,8
VZ / cm <sup>3</sup> /g	52	55
Schüttdichte / g/L	379	357
d <sub>50</sub> / µm	165	154
Mw / Mn	4,0	5,7
M<1E3 g /mol / [Gew.-%]	5,5	8,5

**[0060]** Aus den Werten der Tabelle 1 wird deutlich, dass nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft die Wachsanteile des Polymerisats gemessen durch den Anteil der Moleküle kleiner 1000 g/mol geringer werden als im Vergleich zum Vergleichsbeispiel. Gleichzeitig wird die Molmassenverteilung enger.

#### Beispiel 3 (erfindungsgemäß)

**[0061]** 103 g handelsübliches Mg(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub> wurden in Dieselöl (hydrierte Benzinkfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) suspendiert (Gesamtvolume 1,0 dm<sup>3</sup>). Die Suspension wurde in einem zylindrischen Glasgefäß unter Inertgas (Ar), um Feuchtigkeit und Luft (O<sub>2</sub>) auszuschließen, mit einem hochtourigen Dispergator (®Ultra-Turrax) unter äußerer Kühlung mit einem Eisbad in eine Dispersion überführt (Dauer ca. 8 h). Die Dispersion hatte eine gelartige Konsistenz.

**[0062]** 0,28 dm<sup>3</sup> (enthaltend 29 g Mg(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>) der gelartigen Dispersion wurden in ein 1 dm<sup>3</sup> Rührgefäß mit Rückflusskühler, 2-flügeligem Blatt-Rührer und Inertgasüberlagerung (Ar) überführt, mit 0,32 dm<sup>3</sup> Dieselöl mit einem Siedebereich von 140 bis 170 C (hydrierte Benzinkfraktion) aufgefüllt und bei Raumtemperatur bei einer Rührer-drehzahl von 100 Upm für 10 min aufgerührt.

**[0063]** Die Absitzzeit der gelartigen Dispersion bei Raumtemperatur betrug nach Abstellen des Rührers ca. 7 h.

**[0064]** Diese gelartige Dispersion wurde bei einer Rührerdrehzahl von 125 Upm auf 85 C gebracht und anschließend 0,05 mol  $TiCl_4$  in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) während 4 h zudosiert. Nach einer Nachreaktionszeit von 0,5 h wurden als Silankomponente 0,025 mol  $SiCl_4$  in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) innerhalb 4 h zudosiert. Nach einer Nachreaktionszeit von 0,5 h wurde auf 110 C erhitzt. Während 2 h wurden bei einer Rührerdrehzahl von 250 Upm 0,175 mol  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  in 200 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) zudosiert. Anschließend wurde die Temperatur weitere 2 h bei 110 C gehalten.

**[0065]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug: Mg:Ti:Si:Al:Cl = 1:0,20:0,06:0,11:2,25.

#### Beispiel 4 (erfindungsgemäß)

**[0066]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass  $TiCl_4$  und als Silankomponente  $SiCl_4$  gemeinsam in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) innerhalb 4 h zudosiert wurden.

**[0067]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug: Mg:Ti:Si:Al:Cl  $\approx$  1:0,20:0,07:0,15:2,30.

#### Beispiel 5 (erfindungsgemäß)

**[0068]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und die Dosierung von 0,025 mol  $SiCl_4$  in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) als Silankomponente erst im letzten Schritt nach der Zugabe von  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  ausgeführt wurde. Die Zugabe erfolgte bei 85° C innerhalb von 2 h Stunden und einer Nachreaktionszeit von 2 h.

**[0069]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug: Mg:Ti:Si:Al:Cl  $\approx$  1:0,30:0,02:0,16:2,53.

#### Vergleichsbeispiel 3

**[0070]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass keine Dosierung einer Silanverbindung erfolgte.

**[0071]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug: Mg:Ti:Al:Cl  $\approx$  1:0,20:0,25:2,15.

#### Vergleichsbeispiel 4

**[0072]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und keine Dosierung einer Silanverbindung erfolgte.

**[0073]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug: Mg:Ti:Al:Cl  $\approx$  1:0,32:0,20:2,5.

#### Beispiel 6 (erfindungsgemäß)

**[0074]** Beispiel 6 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 3 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass die Polymerisation nach 440 min beendet wurde (30 kg Ethylen-Eingas).

**[0075]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

Beispiel 7 (erfindungsgemäß)

**[0076]** Beispiel 7 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 4 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass die Polymerisation nach 220 min beendet wurde (15 kg Ethylen-Eingas).

**[0077]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

Beispiel 8 (erfindungsgemäß)

**[0078]** Beispiel 8 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 5 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass der Katalysator in einer Menge, die 5,0 mmol Titan entspricht, zugegeben wurde, die Ethylendosierung 8 kg/h betrug, der Volumenanteil des Wasserstoffs konstant bei 85 Vol.-% gehalten wurde sowie die Polymerisation nach 220 min beendet wurde (30 kg Ethylen-Eingas).

**[0079]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

Vergleichsbeispiel 5

**[0080]** Vergleichsbeispiel 5 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 3 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass der Katalysator in einer Menge, die 5,0 mmol Titan entspricht, zugegeben wurde, die Ethylendosierung 8 kg/h betrug, der Volumenanteil des Wasserstoffs konstant bei 85 Vol.-% gehalten wurde sowie die Polymerisation nach 220 min beendet wurde (30 kg Ethylen-Eingas).

**[0081]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

Vergleichsbeispiel 6

**[0082]** Vergleichsbeispiel 6 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 4 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass die Polymerisation nach 440 min beendet wurde (30 kg Ethylen-Eingas).

**[0083]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

Vergleichsbeispiel 7

**[0084]** Vergleichsbeispiel 7 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 4 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass die Polymerisation nach 220 min beendet wurde (15 kg Ethylen-Eingas).

**[0085]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

Vergleichsbeispiel 8

**[0086]** Vergleichsbeispiel 8 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 4 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 2 beschrieben mit dem Unterschied, dass der Katalysator in einer Menge, die 5,0 mmol Titan entspricht, zugegeben wurde, die Ethylendosierung 8 kg/h betrug, der Volumenanteil des Wasserstoffs konstant bei 85 Vol.-% gehalten wurde sowie die Polymerisation nach 220 min beendet wurde (15 kg Ethylen-Eingas).

**[0087]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 2 zusammengestellt.

**[0088]** Aus den Werten der Tabelle 2 wird deutlich, dass bei ein und denselben Polymerisationsbedingungen in den Beispielen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft die Wachsanteile des Polymerats gemessen durch den Anteil der Moleküle kleiner 1000 g/mol geringer werden als in den Vergleichsbeispielen.

## Beispiel 9 (nicht erfindungsgemäß)

**[0089]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und die Dosierung von 0,05 mol Dimethoxy-Diphenyl-Silan in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) als Silankomponente erst im letzten Schritt nach der Zugabe von  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  ausgeführt wurde. Die Zugabe erfolgte bei 110° C innerhalb von 1 h und einer Nachreaktionszeit von 0,5 h.

**[0090]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Si:Al:Cl \approx 1:0,32:0,01:0,17:2,43$ .

## Beispiel 10 (nicht erfindungsgemäß)

**[0091]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und die Dosierung von 0,05 mol Diethoxy-Diethyl-Silan in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) als Silankomponente erst im letzten Schritt nach der Zugabe von  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  ausgeführt wurde. Die Zugabe erfolgte bei 110° C innerhalb von 1 h und einer Nachreaktionszeit von 0,5 h.

**[0092]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Si:Al:Cl \approx 1:0,32:0,08:0,17:2,43$ .

## Beispiel 11 (nicht erfindungsgemäß)

**[0093]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und die Dosierung von 0,05 mol Dimethoxy-Diisobutyl-Silan in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) als Silankomponente erst im letzten Schritt nach der Zugabe von  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  ausgeführt wurde. Die Zugabe erfolgte bei 110° C innerhalb von 1 h und einer Nachreaktionszeit von 0,5 h.

**[0094]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Si:Al:Cl \approx 1:0,36:0,01:0,16:2,85$ .

## Beispiel 12 (nicht erfindungsgemäß)

**[0095]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und die Dosierung von 0,05 mol Dimethoxy-Dicyclopentyl-Silan in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) als Silankomponente erst im letzten Schritt nach der Zugabe von  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  ausgeführt wurde. Die Zugabe erfolgte bei 110° C innerhalb von 1 h und einer Nachreaktionszeit von 0,5 h.

**[0096]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Si:Al:Cl \approx 1:0,32:0,01:0,11:2,44$ .

## Beispiel 13 (nicht erfindungsgemäß)

**[0097]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und die Dosierung von 0,05 mol Diethoxy-Dimethyl-Silan in 100 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfraktion mit Siedebereich 140 bis 170 C) als Silankomponente erst im letzten Schritt nach der Zugabe von  $Al_2(C_2H_5)_3Cl_3$  ausgeführt wurde. Die Zugabe erfolgte bei 110° C innerhalb von 1 h und einer Nachreaktionszeit von 0,5 h.

**[0098]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug:  $Mg:Ti:Si:Al:Cl \approx 1:0,32:0,15:0,09:2,48$ .

## Vergleichsbeispiel 9

**[0099]** Die Herstellung des Katalysators erfolgte nach dem Verfahren gemäß Beispiel 3 mit dem Unterschied, dass die 1,5-fache molare Menge  $TiCl_4$  zudosiert wurde und keine Dosierung einer Silanverbindung erfolgte. Zusätzlich wurde der Katalysator mit 0,4 g Polyethylen pro g Feststoff vorpolymerisiert.

**[0100]** Die Feststoff-Suspension wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Das molare Verhältnis des Feststoffs betrug: Mg:Ti:Cl  $\approx$  1:0,32:2,5.

Beispiel 14 (nicht erfindungsgemäß)

**[0101]** Beispiel 14 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen.

**[0102]** In einem 1,5 dm<sup>3</sup>-Reaktor wurden 800 cm<sup>3</sup> Dieselöl (hydrierte Benzinfaktion mit Siedebereich 140 bis 170 °C) eingefüllt. Danach wurde auf 85 °C hochgeheizt und unter Stickstoff-Überlagerung 2 mmol Triethylaluminium als Cokatalysator und anschließend der Katalysator hergestellt gemäß Beispiel 9 in einer Menge, die 0,045 mmol Titan entspricht, als mit Dieselöl verdünnte Suspension in den Reaktor zugegeben. Dann wurden 5 bar Wasserstoff und 2 bar Ethylen aufgedrückt. Der Gesamtdruck von 7 bar wurde während der Polymerisationszeit von 2 h konstant gehalten, indem das verbrauchte Ethylen nachdosiert wurde. Die Polymerisation wurde durch Entspannen der Gase abgebrochen und das Polymere durch Filtration und Trocknung vom Dispergiermittel abgetrennt.

**[0103]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammengestellt.

Beispiel 15 (nicht erfindungsgemäß)

**[0104]** Beispiel 15 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 10 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben.

**[0105]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammengestellt.

Beispiel 16 (nicht erfindungsgemäß)

**[0106]** Beispiel 16 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 11 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben.

**[0107]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammengestellt.

Beispiel 17 (nicht erfindungsgemäß)

**[0108]** Beispiel 17 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 12 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben.

**[0109]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammengestellt.

Beispiel 18 (nicht erfindungsgemäß)

**[0110]** Beispiel 18 beschreibt die Verwendung der gemäß Beispiel 13 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben.

**[0111]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammengestellt.

Vergleichsbeispiel 10

**[0112]** Vergleichsbeispiel 10 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben.

**[0113]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 3 zusammengestellt.

**[0114]** Aus den Werten der Tabelle 3 wird deutlich, dass in den Versuchen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft die Wachsanteile des Polymerisats gemessen durch den Anteil der Moleküle kleiner 1000 g/mol geringer werden als im Vergleichsbeispiel. Gleichzeitig wird die Molmassenverteilung enger.

Beispiel 19 (nicht erfindungsgemäß)

**[0115]** Beispiel 19 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu 2 mmol Triethylaluminium als Cokatalysator 0,068 mmol Dimethoxy-Diphenyl-Silan (DMDPS) als externer Donor zudosiert wurden.

**[0116]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 4 zusammengestellt.

Beispiel 20 (nicht erfindungsgemäß)

**[0117]** Beispiel 20 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu 2 mmol Triethylaluminium als Cokatalysator 0,068 mmol Diethoxy-Diethyl-Silan (DEDES) als externer Donor zudosiert wurden.

**[0118]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 4 zusammengestellt.

Beispiel 21 (nicht erfindungsgemäß)

**[0119]** Beispiel 21 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu 2 mmol Triethylaluminium als Cokatalysator 0,068 mmol Dimethoxy-Diisobutyl-Silan (DMDiBS) als externer Donor zudosiert wurden.

**[0120]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 4 zusammengestellt.

Beispiel 22 (nicht erfindungsgemäß)

**[0121]** Beispiel 22 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu 2 mmol Triethylaluminium als Cokatalysator 0,068 mmol Dimethoxy-Dicyclopentyl-Silan (DMDcPS) als externer Donor zudosiert wurden.

**[0122]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 4 zusammengestellt.

Beispiel 23 (nicht erfindungsgemäß)

**[0123]** Beispiel 23 beschreibt die Verwendung der gemäß Vergleichsbeispiel 9 hergestellten Katalysatorkomponente zur Polymerisation von Ethylen. Die Polymerisation erfolgte wie in Beispiel 14 beschrieben mit dem Unterschied, dass zusätzlich zu 2 mmol Triethylaluminium als Cokatalysator 0,068 mmol Tetraethoxy-Silan (TES) als externer Donor zudosiert wurden.

**[0124]** Die Ergebnisse der Polymerisation sind nachfolgend in Tabelle 4 zusammengestellt. Aus den Werten der Tabelle 4 wird deutlich, dass in den Beispielen nach dem erfindungsgemäßigen Verfahren vorteilhaft die Wachsanteile des Polymerisats gemessen durch den Anteil der Moleküle kleiner 1000g/mol geringer werden als im Vergleichsbeispiel. Gleichzeitig wird die Molmassenverteilung enger.

**Tabelle 2:** Polymerisationsversuche 200 dm<sup>3</sup>-Reaktor, 50 mmol Triethylaluminium,  
100 dm<sup>3</sup> Dieselöl, 85 °C Polymerisationstemperatur,

Polymerisationsversuch	Bsp. 6	Bsp. 7	Bsp. 8	Vgl.Bsp. 5	Vgl.Bsp. 6	Vgl.Bsp. 7	Vgl.Bsp. 8
Katalysatorkomponente gemäß	Bsp. 3	Bsp. 4	Bsp. 5	Vgl.Bsp. 3	Vgl.Bsp. 4	Vgl.Bsp. 4	Vgl.Bsp. 4
Katalysatormenge / mmol Titan	3	3	5	5	3	3	5
C2-Dosierung / kg/h	4	4	8	8	4	4	8
H <sub>2</sub> -Volumenanteil/ Vol-%	80	80	85	85	80	80	85
Polymerisationszeit / min	440	220	220	220	440	220	220
Enddruck / bar	5,964	4,128	4,752	7,008	7,194	4,206	5,838
Ausbeute PE / kg	29,3	15,0	29,8	30,6	29,7	14,9	29,4
VZ / cm <sup>3</sup> /g	58	93	83	95	68	92	77
Schüttdichte / g/L	360	288	357	300	370	334	368
d <sub>50</sub> / µm	286	246	170	206	227	181	187
Mw / Mn	6,2	6,3	5,1	7,1	7,2	8,3	6,1
M<1E3g/mol/[Gew.-%]	2,5	1,7	2,3	2,7	3,8	3,5	3,5

**Tabelle 3:** Polymerisationsversuche 1,5 dm<sup>3</sup>-Reaktor, 2 mmol Triethylaluminium, 0,045 mmol Titan (Katalysator), 0,8 dm<sup>3</sup> Dieselöl, 85 °C Polymerisationstemperatur, 5 bar H<sub>2</sub>, 2bar C<sub>2</sub> (7 bar Gesamtdruck), 2h Polymerisationsdauer

Polymerisations-versuch	Bsp. 14	Bsp. 15	Bsp. 16	Bsp. 17	Bsp. 18	Vgl.Bsp. 10
Katalysatorkomponente gemäß	Bsp. 9	Bsp. 10	Bsp. 11	Bsp. 12	Bsp. 13	Vgl.Bsp. 9
Ausbeute PE / g	76,5	68,1	36,1	28,5	43,3	122,3
VZ / cm <sup>3</sup> /g	85	95	77	74	76	81
Schüttdichte / g/L	285	267	280	292	275	297
Mw/Mn	4,4	4,6	3,8	3,9	3,8	5,2
M<1E3g/mol/[Gew.-%]	0,96	1,16	0,96	1,31	0,77	1,79

**Tabelle 4:** Polymerisationsversuche 1,5 dm<sup>3</sup>-Reaktor, 2 mmol Triethylaluminium, 0,068 mmol externer Donor, 0,045 mmol Titan (Katalysator), 0,8 dm<sup>3</sup> Dieselöl, 85 °C Polymerisationstemperatur, 5 bar H<sub>2</sub>, 2bar C<sub>2</sub> (7 bar Gesamtdruck), 2h Polymerisationsdauer

Polymerisations-versuch	Bsp. 19	Bsp. 20	Bsp. 21	Bsp. 22	Bsp. 23	Vgl.Bsp. 10
Katalysatorkom-ponente gemäß	Vgl.Bsp. 9					
externer Donor	DMDPS	DEDES	DMDiBS	DMDiPS	TES	-
Ausbeute PE / g	53,7	48,8	56,2	27,5	72,4	122,3
VZ / cm <sup>3</sup> /g	80	66	85	79	83	81
Schüttdichte / g/L	265	256	256	-	258	297
Mw / Mn	4,7	4,2	3,9	3,7	4,3	5,2
M<1E3g/mol/[Gew.-%]	1,11	0,79	0,38	0,43	0,78	1,79

## Patentansprüche

1. Ziegler Katalysator zum Herstellen von 1-Olefinhomo- und -copolymeren durch Polymerisation eines 1-Olefins der Formel  $R^4CH=CH_2$ , in der  $R^4$  Wasserstoff oder einen Alkylrest mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen bedeutet, in Suspension, in Lösung oder in der Gasphase, der aus dem Umsetzungsprodukt eines Magnesiumalkoholats (Komponente a) mit einer Titanverbindung (Komponente b) und einer metallorganischen Verbindung (Komponente c) besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich eine Komponente (d) hinzukommt, die eine Verbindung mit der allgemeinen chemischen Formel  $M-R_x$  enthält, in der M ein Element der IV. Hauptgruppe des Periodensystems bedeutet, in der R Halogen bedeutet.

2. Ziegler Katalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reste R in Komponente (d) gleich sind und dass Komponente (d) als Element der IV. Hauptgruppe des Periodensystems bevorzugt Silizium oder Germanium enthält.

3. Ziegler Katalysator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reste R in Komponente (d) nicht gleich sind, wobei verschiedene Möglichkeiten als Reste R miteinander kombiniert sind, und dass Komponente (d) als Element der IV. Hauptgruppe des Periodensystems bevorzugt Silizium oder Germanium enthält.

4. Ziegler Katalysator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Komponente (a) ein Magnesiumalkoholat der Formel  $Mg(OR^1)(OR^2)$  ist, in der  $R^1$  und  $R^2$  gleich oder verschieden sind und einen Alkylrest mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen bedeuten, insbesondere  $Mg(OCH_3)_2$ ,  $Mg(OC_2H_5)_2$ ,  $Mg(OiC_3H_7)_2$ ,  $Mg(OnC_4H_7)_2$ ,  $Mg(OCH_3)(OC_2H_5)$ ,  $Mg(OC_2H_5)(OnC_3H_7)$ , oder ein Magnesiumalkoholat der Formel  $Mg(OR)_nX_m$ , in der X = Halogen,  $(SO_4)_{1/2}$ , OH,  $(CO_3)_{1/2}$ ,  $(PO_4)_{1/3}$ , Cl ist, R die oben genannte Bedeutung von  $R^1$  oder  $R^2$  hat und  $n + m = 2$  ist.

5. Ziegler Katalysator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass er als Komponente (b) eine Übergangsmetallverbindung wie eine Ti-Verbindung wie  $TiCl_4$  oder  $Ti(OR)_4$ , eine Zr-Verbindung wie  $ZrCl_4$ ,  $Zr(OR)_4$  oder  $ZrCl_2(OCOC_6H_5)_2$ , eine V-Verbindung wie  $VCl_4$  oder  $VOCl_3$  oder eine Cr-Verbindung wie  $CrO_2Cl_2$  enthält.

6. Ziegler Katalysator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponente (d) bevorzugt eine chemische Zusammensetzung besitzt, bei der der Rest R ein Chlor- oder Bromatom bedeutet oder einen Alkylrest mit 1 bis 6 C-Atomen, vorzugsweise mit 1 bis 4 C-Atomen, einen Oxyalkylrest mit 1 bis 6 C-Atomen, vorzugsweise mit 1 bis 4 C-Atomen, einen Cycloalkylrest mit 5 oder 6 C-Atomen oder einen Phenylrest.

7. Ziegler Katalysator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass er als Komponente (c) eine metallorganische Verbindung eines Metalls der 1., 2. oder 13. Gruppe des Periodensystems enthält, wobei als Komponente (c) bevorzugt aluminiumorganische Verbindungen, besonders bevorzugt chlorhaltige aluminiumorganische Verbindungen sind wie Dialkylaluminiummonochloride der Formel  $R^3_2AlCl$  oder Alkylaluminium-sesquichloride der Formel  $R^3_3Al_2Cl_3$ , worin  $R^3$  ein Alkylrest mit 1 bis 16 Kohlenstoffatomen ist.

8. Verfahren zum Herstellen eines Ziegler Katalysators nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das Magnesiumalkoholat der Komponente (a) mit der Übergangsmetallverbindung der Komponente (b) bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 100° C, vorzugsweise von 60 bis 90° C, in Gegenwart eines inerten Kohlenwasserstoffs unter Rühren umgesetzt wird, wobei auf 1 mol Magnesiumalkoholat 0,05 bis 5 mol Komponente (b) eingesetzt werden, vorzugsweise 0,1 bis 3,5 mol Komponente (b) auf 1 mol Magnesiumalkoholat, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine Metall M-haltige Komponente (d) hinzukommt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponente (d) bei einer Temperatur von 20 bis 120° C, vorzugsweise von 60 bis 100° C, in Gegenwart eines inerten Kohlenwasserstoffs unter Rühren zugesetzt wird, wobei auf 1 mol Magnesiumalkoholat 0,05 bis 5 mol Komponente (d) eingesetzt werden, vorzugsweise 0,1 bis 3,5 mol Komponente (d) auf 1 mol Magnesiumalkoholat.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Dauer der Umsetzung jeweils 0,5 bis 8 Stunden beträgt, vorzugsweise 2 bis 6 Stunden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Reaktionsprodukt

aus Komponente (a), Komponente (b) und Komponente (d) anschließend mit Komponente (c), einer chlorhaltigen aluminiumorganischen Verbindung umgesetzt wird.

12. Verfahren zum Herstellen von 1-Oleinhomo- und copolymeren durch Polymerisation eines 1-Olefins der Formel  $R^4CH=CH_2$ , in der  $R^4$  Wasserstoff oder einen Alkylrest mit 1 bis 10 Kohlenstoffatomen bedeutet, in Suspension, in Lösung oder in der Gasphase in. Gegenwart eines Katalysators nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Katalysator vor der Polymerisation in einem Rührkessel bei einer Temperatur im Bereich von –30 bis 150° C, vorzugsweise von –10 bis 120° C, oder direkt im Polymerisationskessel bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 200° C mit einem Cokatalysator vereinigt wird und dass die Polymerisation in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig bei einer Temperatur im Bereich von 20 bis 200° C, vorzugsweise von 50 bis 150° C, durchgeführt wird wobei der Druck in einem Bereich von 0,5 bis 50 bar, bevorzugt von 1,5 bis 30 bar eingestellt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe des Cokatalysators in zwei Schritten erfolgt, wobei vor der Polymerisationsreaktion der Katalysator mit einem ersten Teil Cokatalysator bei einer Temperatur im Bereich von –30 bis 150° C voraktiviert wird und wobei die weitere Zugabe eines weiteren Teils des gleichen oder eines anderen Cokatalysators in dem Polymerisationsreaktor bei einer Temperatur von 20 bis 200° C vorgenommen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysator in vorpolymerisiertem Zustand zu der Polymerisationsreaktion zugesetzt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Polymerisation von Ethylen, Propylen, Buten-(1), Hexen-(1), 4-Methylpenten-(1) oder Octen-(1), wobei besonders bevorzugt Ethylen allein oder im Gemisch von mindestens 50 Gew.-% Ethylen und maximal 50 Gew.-% eines anderen 1-Olefins der obigen Formel polymerisiert wird, und dass die Regelung der Molmasse des Polymerisats vorzugsweise durch Wasserstoff erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass es in Suspension oder Lösung durchgeführt wird und dass der Katalysator in einer Konzentration, bezogen auf Übergangsmetall, von 0,0001 bis 1 mmol, vorzugsweise von 0,001 bis 0,5 mmol, Übergangsmetall pro dm<sup>3</sup> Dispergiermittel eingesetzt wird und dass die Polymerisation in einem inerten Dispergiermittel durchgeführt wird, ausgewählt aus der Gruppe der aliphatischen oder cycloaliphatischen Kohlenwasserstoffe wie Butan, Pentan, Hexan, Heptan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan oder Benzin- bzw. hydrierte Dieselölfraktionen, die vorher sorgfältig von Sauerstoff, Schwefelverbindungen und Feuchtigkeit befreit worden sind.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen