



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 02 898 T2** 2006.08.03

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 519 912 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C07C 209/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 02 898.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP03/06669**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 763 651.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/007425**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.06.2003**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **22.01.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.04.2005**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **21.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(30) Unionspriorität:  
**10231119 10.07.2002 DE**

(72) Erfinder:  
**JAEGER, Bernd, 64297 Darmstadt, DE; HAAS, Thomas, 60322 Frankfurt, DE; STOCHNIOL, Guido, 45721 Haltern, DE; LETTMANN, Christian, 45259 Essen, DE; HOFEN, Willi, 63517 Rodenbach, DE; STADTMÜLLER, Klaus, 63755 Alzenau, DE; LOTZ, Jörg, 36148 Kalbach, DE**

(73) Patentinhaber:  
**Degussa AG, 40474 Düsseldorf, DE**

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

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR ERHÖHUNG DER SELEKTIVITÄT DER HYDRIERUNG VON 4,4 -DIAMINODIPHENYLMETHAN ZU 4,4 -DIAMINODICYCLOHEXYLMETHAN IN GEGENWART EINES N-ALKYL-4,4 -DIAMINODIPHENYLMETHANS**

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 eingelegt, 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 betrifft ein Verfahren zur Selektivitätserhöhung der Hydrierung von 4,4'-Diaminodiphenylmethan zu 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan aus einem Stoffgemisch, welches neben 4,4'-Diaminodiphenylmethan und gegebenenfalls seinen 2,4'- und 2,2'-Isomeren auch N-Alkyl-Derivate dieser Stoffe, insbesondere N-Methyl-4,4'-diaminodiphenylmethan, enthält.

**[0002]** 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan, auch als hydriertes Methylendianilin oder abgekürzt als 4,4'-HMDA bezeichnet, ist ein wichtiger Baustein zur Herstellung von Isocyanaten, die in verschiedenen Harzen und Lacken Anwendung finden, sowie ein Härter für Epoxidharze. 4,4'-HMDA kommt in drei Konfigurationsisomeren vor, nämlich in trans-trans-, trans-cis und cis-cis. Für das Einsatzgebiet in Harzen und Lacken wird ein 4,4'-HMDA mit einem niedrigen trans-trans-Isomeregehalt gewünscht; üblicherweise liegt dieser Gehalt unter 30%, vorzugsweise im Bereich von 15 bis etwa 25%.

**[0003]** 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan (4,4'-HMDA) lässt sich in an sich bekannter Weise durch katalytische Hydrierung von 4,4'-Diamino-diphenylmethan (= 4,4'-Methylendianilin = 4,4'-MDA) gewinnen. Eingesetzt wird in der industriellen Praxis nicht reines 4,4'-MDA, sondern ein Reaktionsgemisch aus der Herstellung von 4,4'-MDA, das zusätzlich als Hauptkomponenten die Isomeren 2,4'-MDA und 2,2'-MDA enthält. Derartige Reaktionsgemische können herstellungsbedingt zusätzlich auch aminogruppenhaltige Mehrkernverbindungen enthalten. Zudem können sie diverse N-alkylierte Verbindungen der entsprechenden aromatischen Diamine, vor allem das Mono-N-methyl-4,4'-diaminodiphenylmethan in Gehalten von üblicherweise 0,05–2%, meist 0,1 bis 1% enthalten.

**[0004]** Die katalytische Hydrierung von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA mit Wasserstoff an einem rutheniumhaltigen heterogenen Katalysator ist in mehreren Patentanmeldungen beschrieben worden. In einer ersten Ausführungsform wird durch die Auswahl der Hydrierbedingungen etwa die Gleichgewichtszusammensetzung des Isomeregemischs aus den drei HMDA-Isomeren, die ca. 50–55% des trans-trans-Isomeren enthält, erzeugt. Das Produkt ist auch unter dem Begriff PACM-50 bekannt. Die Beschreibung dieser Ausführungsform ist beispielhaft dem US-Patent 3,766,272 zu entnehmen.

**[0005]** Da die Auftrennung der drei Stereoisomeren des HMDA technisch sehr aufwendig und mit hohen Kosten belastet ist, zielt eine weitere Ausführungsform auf die direkte Herstellung eines Produktgemisches mit einem Anteil von 15–25% des trans-trans-Isomeren, dem sogenannten PACM-20. Für diese Verfahrensvariante sind zahlreiche Ausführungsformen bekannt, die sich vorrangig in der Wahl des Katalysators, des Trägermaterials und der Reaktionsbedingungen unterscheiden. So beschreibt das EP-Patent 0 324 190, dass sich die Hydrierung bei 50 bis 350 bar und 100 bis 190°C durchführen lässt, wenn der Trägerkatalysator eine BET-Oberfläche im Bereich von 70 bis 280 m<sup>2</sup>/g und einen mittleren Porendurchmesser  $d_p$  von 10 bis 320 Å aufweist, der Katalysator 0,1 bis 5 Gew.-% Ruthenium enthält und die Eindringtiefe mindestens 50 µm beträgt.

**[0006]** Das US-Patent 4,394,523 zeigt ein gattungsgemäßes Verfahren zur Herstellung von 4,4'-MDA mit niedrigem trans-trans-Isomeregehalt, wobei als Trägerkatalysator Ru auf Aluminiumoxid eingesetzt und die Hydrierung bei einem H<sub>2</sub>-Druck von mindestens 36,5 bar in Gegenwart eines aliphatischen Alkohols und Ammoniak durchgeführt wird.

**[0007]** Im gattungsgemäßen Verfahren gemäß EP-A 0 231 788 wird ein Rhodium und Ruthenium enthaltender Trägerkatalysator eingesetzt. Im Verfahren gemäß DE-OS 40 28 270 enthält der Ru-Trägerkatalysator bevorzugt 1 Gew.-% Ru und zusätzlich Verbindungen von seltenen Erdmetallen und Mangan und der erforderliche bevorzugte Wasserstoffdruck liegt im Bereich von 200 bis 400 bar. Schließlich lehrt die EP-A 0 639 403 eine Ausführungsform, in welcher der Ru-Trägerkatalysator durch einen speziellen Tonerdeträger gekennzeichnet ist, und die Hydrierung beispielsweise bei einem hohen H<sub>2</sub>-Druck von 300 bar erfolgt. Bei der Nacharbeitung dieses Verfahrens bei wesentlich geringerem Wasserstoffdruck zeigte sich, dass hiermit 4,4'-HMDA nur in ungenügender Ausbeute erhältlich war.

**[0008]** Die Hydrierung von 4,4'-MDA ist demzufolge zwar ein gut bekanntes Verfahren, ein besonderes Problem ergibt sich jedoch dann, wenn nicht reines 4,4'-MDA, sondern ein dieses als Hauptkomponente enthaltendes technisches Stoffgemisch, wie es aus der Herstellung von MDA aus Anilin und Formaldehyd resultiert, hydriert wird. Besonders kritisch ist die Menge an anwesenden ein- oder mehrfach alkylierten aromatischen Diaminen, darunter vor allem Mono-N-methyl-4,4'-MDA.

**[0009]** Mono-N-methyl-4,4'-MDA wird durch den Hydrierprozess in Analogie zum 4,4'-MDA zu dem korres-

pondierenden N-methylierten cycloaliphatischen Diamin umgesetzt. Diese Verbindung lässt sich, aufgrund der zu den HMDA-Isomeren ähnlichen physikalischen Eigenschaften, aus dem Produktgemisch nur mit sehr hohem apparativen Aufwand und unter hohem Ausbeuteverlust an 4,4'-HMDA abtrennen. Dieses N-methylierte cycloaliphatische Diamin führt, auch im Spurenbereich, zu Problemen, wenn aus dem Diamin in der Weiterverarbeitung, z.B. durch Phosgenierung, das korrespondierende Diisocyanat hergestellt werden soll.

**[0010]** Vor diesem Hintergrund ist eine Ausführungsform der Hydrierung wünschenswert, in welcher, aus einem die MDA-Isomeren und N-Alkyl-MDA enthaltenden Stoffgemisch, bevorzugt die nicht N-alkylierten Verbindungen selektiv hydriert werden.

**[0011]** Das US-Patent 5,360,934 beschreibt ein Verfahren, bei welchem aus verschiedenen ein oder zweikernigen aromatischen Aminen, N-alkylierten aromatischen Aminen und solche Verbindungen enthaltenden Stoffgemischen, die korrespondierenden cycloaliphatischen Amine hergestellt werden. Es wird aber kein Weg aufgezeigt, aus einem Stoffgemisch mit hoher Selektivität nur die nicht N-alkylierte Komponente zu hydrieren.

**[0012]** Im Verfahren gemäß EP-A 0,392,435 wird die Hydrierung eines MDA-Rohproduktes beschrieben, welches Oligomere und Formamid-Derivate des MDA enthalten kann. Die Hydrierung wird im Batch Autoklaven bis zu vollständigem Umsatz (99–100%) durchgeführt. Ein Einfluß der Verfahrensführung auf eine selektive Inhibierung der Hydrierung von N-alkylierten Verbindungen des MDA ist nicht erwähnt.

**[0013]** In der EP 0 355 272 A wird die Rh-katalysierte Hydrierung eines MDA-Rohprodukts, das alkylsubstituierte aromatische Amine enthält erwähnt. Es wird offenbart, dass solche Verbindungen die Hydrierung der Hauptkomponente nicht stören und den Katalysator nicht vergiften. Hinweise auf eine selektive Hydrierung der nicht-N-alkylierten aromatischen Amine fehlen.

**[0014]** Die EP 0 231 788 A lehrt ein Verfahren zur Hydrierung von MDA an einem Rh und Ru enthaltenden Katalysator. In den Versuchen 29–34 wird ein Roh-MDA hydriert, welches 0,3% N-Methyl-4,4'-MDA enthält. Bei vollständigem Umsatz wird ein Produkt mit nur geringem Anteil an Hochsiedern erreicht. Auf die Hydrierung des im Roh-MDA enthaltenen N-Methyl-4,4'-MDA und Lösung des der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Selektivitätsproblems wird nicht eingegangen.

**[0015]** Schließlich lehrt auch die EP 0 001 425-A die Hydrierung eines 4,4'-MDA enthaltenden Rohprodukts. Es wird erwähnt, dass zweikernige Aromaten leichter hydriert werden als dreikernige, jedoch wird das Hydrierproblem der vorliegenden Erfindung nicht angesprochen.

**[0016]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es demgemäß, ein Verfahren zur katalytischen Hydrierung von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA aufzuzeigen, das bei möglichst hohem Umsatz der aromatischen Diamine zu einer möglichst hohen Ausbeute an resultierenden cycloaliphatischen Diaminen führt, wobei das Hydrierprodukt einen möglichst geringen Anteil an ein- oder mehrfach N-alkylsubstituierten cycloaliphatischen Diaminen aufweist soll.

**[0017]** Eine weitere Aufgabe richtet sich darauf, die Hydrierbedingungen des an sich bekannten Verfahrens zur Hydrierung von Roh-MDA derart abzuwandeln, dass die Hydrierung von N-Alkylderivaten im Roh-MDA zumindest teilweise inhibiert und damit die Selektivität bezüglich 4,4'-HMDA gesteigert wird.

**[0018]** Die EP 1 251 119 A1, welche ein Dokument nach Artikel 54(3) EPÜ ist, betrifft ein kontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Diaminodicyclohexylmethan (PACM). Es handelt sich um eine Suspensionshydrierung, wobei MDA bis zu einem Umsatz von mindestens 95%, vorzugsweise mindestens 99% hydriert wird. Das der vorliegenden Anmeldung zugrunde liegende Problem, nämlich die Hydrierung der im Roh-MDA enthaltenen N-methylierten Nebenprodukte zu inhibieren, wurde nicht angesprochen. Demgemäß wurde keine technische Lehre zur Lösung des Problems offenbart, vielmehr führt die in diesem Dokument angegebene bevorzugte Ausführungsform – MDA-Umsatz mindestens 99% – von der Problemlösung der vorliegenden Erfindung weg.

**[0019]** Gefunden wurde ein Verfahren zur Herstellung von 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan (4,4'-HMDA) durch katalytische Hydrierung eines 4,4'-Diaminodiphenylmethan (4,4'-MDA) als Hauptkomponente und sein Mono-N-methyl-Derivat als Nebenkomponente enthaltenden Stoffgemischs mit erhöhter Selektivität bezüglich der Hydrierung von 4,4'-MDA in Gegenwart eines heterogenen Hydrierkatalysators bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 220°C und einem Wasserstoffdruck im Bereich von 1 bis 30 MPa, dadurch gekennzeichnet, dass man die Hydrierung vor Erreichen eines Umsatzes von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA von 99% beendet.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht nur zur katalytischen Hydrierung von im wesentlichen reinem 4,4'-Diaminodiphenylmethan (4,4'-MDA) mit geringem Anteil an Mono-N-methyl-4,4'-diaminodiphenylmethan geeignet, sondern auch zur katalytischen Hydrierung von Reaktionsgemischen aus der Herstellung von 4,4'-MDA, welche neben 4,4'-MDA als Hauptkomponente auch eine oder mehrere isomere Verbindungen aus der Reihe 2,4'-Diamino-diphenylmethan und 2,2'-Diamino-diphenylmethan und herstellungsbedingt gegebenenfalls weitere mehrkernige Verbindungen, sowie ein- oder mehrfach N-alkylierte Verbindungen der Diaminodiphenylmethane enthalten.

**[0021]** Ein besonderer Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass zur Lösung der gestellten Aufgaben gegenüber dem Stand der Technik weder ein besonderer Katalysator, noch besondere Zusätze, wie Ammoniak oder Alkalilaugen notwendig sind. Überraschenderweise gelingt es, die Hydrierung der N-Alkyl-MDA's durch Steuerung des Umsatzes von 4,4'-MDA zumindest teilweise zu inhibieren, so dass 4,4'-HMDA mit vermindertem Gehalt an N-Alkyl-HMDA erhältlich ist.

**[0022]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die Hydrierung bis zu einem Umsatz von 4,4'-MDA im Bereich von etwa 90 bis 98,9, insbesondere 95 bis 98% geführt.

**[0023]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden solche Katalysatoren ausgewählt und die Hydrierung unter solchen Bedingungen durchgeführt, welche die Gewinnung von 4,4'-HMDA mit einem trans-trans-Anteil im Bereich von 15 bis 25%, insbesondere 18 bis 23% erlaubt. Beispielhafte Merkmale sind folgenden Dokumenten zu entnehmen: EP 0 639 403 A2, EP 0 814 098 A2, DE 199 42 813, EP-Patentanmeldung 02 012 040.8, EP 0 873 300 B1, EP 0 066 211 A1, EP 0 324 190 B1.

**[0024]** Die Hydrierung erfolgt bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis etwa 220°C, insbesondere 70 bis 190°C und vorzugsweise bei 90 bis 150°C. Der H<sub>2</sub>-Druck liegt im allgemeinen im Bereich von 1 bis 30 MPa, insbesondere beträgt der Druck mindestens 3 MPa. Bei geeigneter Katalysatorauswahl, insbesondere Ru-Trägerkatalysatoren mit einer BET-Trägeroberfläche von kleiner 70 m<sup>2</sup>/g, ist es möglich, bei einem H<sub>2</sub>-Druck im Bereich von 3 bis 15 MPa, insbesondere 5 bis 10 MPa zu hydrieren.

**[0025]** Bezüglich der Katalysatorauswahl wird auf den bereits zitierten Stand der Technik verwiesen. Bevorzugt werden Trägerkatalysatoren mit Ruthenium oder Rhodium oder eine Ru/Rh-Kombination als wesentlichen Aktivmetallen und einem Trägermaterial, aus der Reihe von beispielsweise Aktivkohle, anorganischen Oxiden, wie insbesondere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, ZnO und MgO, ferner Bentonit, Alumosilikaten, Kaolinen, Tonen, Kieselgur und Diatomeenerde.

**[0026]** Wie aus dem Stand der Technik bekannt ist, beeinflussen die spezifische Oberfläche, die Porenverteilung und das Verhältnis der Oberfläche des Aktivmetalls zur Oberfläche des Trägers die Effizienz des Katalysators, also seine Aktivität bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen, seine Standzeit und Selektivität bezüglich der Stereoisomeren des 4,4'-HMDA. Besonders bevorzugt sind oxidische Trägerkatalysatoren mit einer BET-Oberfläche im Bereich von > 30 bis < 70 m<sup>2</sup>/g, wenn mehr als 50% des Porenvolumens aus Makroporen (> 50 nm) und weniger als 50% von Mesoporen (2–50 nm) gebildet wird. Auch Träger mit einer BET-Oberfläche kleiner 30 m<sup>2</sup>, insbesondere 0,5 bis 10 m<sup>2</sup>/g sind gut geeignet. Der Ru-Gehalt des Katalysators liegt im allgemeinen im Bereich von 0,1 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise 0,5 bis 10 Gew.-%.

**[0027]** Weiterhin bevorzugt wird eine Ausführungsform, in welcher das MDA und N-Methyl-MDA enthaltende Stoffgemisch in einem Lösungsmittel, welches seinerseits in der Hydrierung möglichst nicht alkylierend auf die im Reaktionsgemisch enthaltenen und gebildeten Amine wirkt, hydriert wird. Bevorzugt wird ein Lösungsmittel in einer Menge von etwa 10 bis 90 Gew.-%, bezogen auf die Lösung des zu hydrierenden aromatischen Amins, eingesetzt.

**[0028]** Geeignete Lösungsmittel sind beispielhaft primäre, sekundäre und tertiäre ein- oder mehrwertige Alkohole, wie Methanol, Ethanol, n- und i-Propanol, n-, sek- und tert-Butanol, Ethylenglykol, Ethylenglykolomono(C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>)alkylether; cyclische Ether, wie Tetrahydrofuran und Dioxan; Alkane, wie n- und iso-Alkane mit 4–12 C-Atomen, z.B. n-Pentan, n-Hexan und Isooctan, und zyklische Alkane, wie Cyclohexan und Dekalin. Während Alkohole teilweise eine alkylierende Wirkung ausüben können, weisen Ether diese Nachteile nicht auf, Ein bevorzugtes Lösungsmittel ist Tetrahydrofuran. Besonders bevorzugt wird eine Reaktionslösung hydriert, in welcher das Rohstoffgemisch in einer Konzentration von 5–30% in Tetrahydrofuran vorliegt.

**[0029]** Die Hydrierung kann auch in Gegenwart von Ammoniak oder eines primären, sekundären oder tertiären Amins oder eines polyzyklischen Amins mit einem verbrückten N-Atom durchgeführt werden. Zweckmäßi-

gerweise wird durch orientierende Versuche sichergestellt, dass unter den gewählten Bedingungen keine unerwünschte Alkylierung und/oder Isomerisierung des 4,4'-HMDA in Richtung eines höheren trans-trans-Anteils stattfindet.

**[0030]** Zur kontinuierlichen Hydrierung wird ein Festbettreaktor bevorzugt. Der Festbettreaktor kann als Blasensäulenreaktor betrieben werden, bevorzugt wird aber eine Rieselbettfahrweise. Vorzugsweise wird ein Rieselbettreaktor verwendet und mit einem LHSV-Wert im Bereich von 0,1 bis 5 h<sup>-1</sup> (= Liter der zu hydrierenden Reaktionslösung des aromatischen Amins pro Liter Festbettkatalysator und Stunde) betrieben. Gemäß einer besonderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Rohrbündelreaktor verwendet und dieser in Rieselbettfahrweise betrieben.

**[0031]** Durch die erfindungsgemäße Steuerung des Umsatzes von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA, also Beendigung der Hydrierung vor Erreichen eines Umsatzes von 99%, ist es möglich geworden, den Anteil an N-alkylierten Derivaten von 4,4'-HMDA und seinen 2,4'- und 2,2'-Isomeren zu minimieren. Durch eine Reduzierung des 4,4'-MDA-Umsatzes um wenige Prozentpunkte gelingt es, den Gehalt an N-Methyl-4,4'-HMDA im hydrierten Reaktionsgemisch gegenüber dem im Roh-MDA enthaltenen Gehalt an N-Methyl-4,4'-MDA um ein Mehrfaches hiervon zu reduzieren.

### Beispiele

**[0032]** Die Hydrierung wurde kontinuierlich in einer Rieselbetтанlage, bestehend aus drei seriell geschalteten Reaktoren von je 2500 ml Reaktorvolumen durchgeführt. Die Anlage bestand aus einer Flüssigkeitsvorlage, den Reaktoren und einem Flüssigkeitsabscheider. Die Reaktionstemperatur wurde über Wärmeträger-Öl-Kreisläufe für jeden Reaktor getrennt eingestellt. Der Druck und Wasserstoffstrom wurden elektronisch geregelt. Die Lösung des MDA-Rohgemischs in Tetrahydrofuran (THF) beziehungsweise in Methanol (MeOH), welche bei Methanol als Lösungsmittel zusätzlich 1% Ammoniak enthielt, wurde dem Wasserstoffstrom mit einer Pumpe zudosiert und das Gemisch am Kopf des ersten Reaktors aufgegeben (Rieselbett-Fahrweise). Von dort gelangte sie in gleicher Weise über alle drei Reaktoren. Nach dem Durchrieseln der Lösung durch die Reaktoren wurde in regelmäßigen Abständen nach jedem Reaktor eine Probe genommen. Zu diesem Zweck war hinter jedem Reaktor eine getrennte Probennahmestelle vorgesehen.

**[0033]** Das eingesetzte Roh-MDA stand in zwei verschiedenen Qualitäten zur Verfügung.

**[0034]** Qualität A enthielt 78 Gew.-% 4,4'-MDA, 11 Gew.-% 2,4'-MDA, 0,8 Gew.-% 2,2'-MDA, 9 Gew.-% mehrkernige Hochsieder und 0,19 Gew.-% N-Methyl-4,4'-MDA.

**[0035]** Qualität B enthielt 97,5 Gew.-% 4,4'-MDA, 1,7 Gew.-% 2,4'-MDA, und 0,75 Gew.-% N-Methyl-4,4'-MDA.

**[0036]** In Beispiel 7 (B 7) sowie den Vergleichsbeispielen (VB 5–7) wurde die Reaktionslösung mehrfach in den Reaktor recyclet, um die Konzentrationsprofile der Reaktanden bei höheren Umsätzen zu bestimmen.

**[0037]** Eingesetzt wurden die Ru-Trägerkatalysatoren H 2017 H/D (Katalysator A) und B 4245 (Katalysator B) der Fa. Degussa, beide 5% Ruthenium auf Aluminiumoxidträgerextrudaten mit dem Durchmesser von 1,1–1,3 mm.

**[0038]** Die Ergebnisse der katalytischen Hydrierung des Gemischs aus 4,4'-MDA und N-Methyl-4,4'-MDA zu den korrespondierenden cycloaliphatischen Verbindungen 4,4'-HMDA und N-Methyl-4,4'-HMDA unter Einsatz der vorgenannten Katalysatoren folgen aus der Tabelle.

**[0039]** Der in der Tabelle angegebene Umsatz bezeichnet den Umsatz des 4,4'-MDA, 2,4'-MDA und 2,2'-MDA und der in der Reaktion beteiligten Zwischenprodukte 4,4'-, 2,4'-, 2,2'-Diaminocyclohexylphenylmethan zu 4,4'-, 2,4'-, 2,2'-HMDA. Ein 100 %iger Umsatz bedeutet demgemäß die Hydrierung sämtlicher aromatischer Doppelbindungen der drei MDA-Isomere. Zusätzlich ist in der Tabelle in Analogie der alleinige Umsatz von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA aufgenommen. Es zeigt sich allerdings kein signifikanter Unterschied zu dem Umsatzwert für alle drei MDA-Isomere.

Tabelle

Beispiel (B) Vergleichsbeispiel VB)	Katalysator	Roh-MDA Qualität	Lösungsmittel	Konzentration an Roh- MDA [Gew. %]	Temperatur (°C) Reaktor 1/2/3	Umsatz (%) (2,2',-2,4' und 4,4'- Isomer)	Umsatz (%) (nur 4,4'-Isomer)	N-Methyl-4,4'-HMDA (%)	Probennahme nach Anteil der Gesamtreaktionsstrecke
VB 1	A	A	THF	12,5	95/100/105	99,5	99,6	0,18	3/3
B 1	A	A	THF	12,5	90/95/100	98,4	98,5	0,15	3/3
B 2	A	A	THF	12,5	95/100/100	95,7	95,8	0,14	2/3
B 3	A	A	THF	12,5	90/95/100	90,8	91,0	0,12	2/3
VB 2	B	A	THF	12,5	95/102/105	99,9	99,9	0,19	3/3
B 4	B	A	THF	12,5	95/100/105	97,4	97,6	0,15	3/3
B 5	B	A	THF	12,5	100/105/110	95,0	95,4	0,13	3/3
VB 3	B	B	THF	12,5	83/98/105	98,8	98,8	0,67	3/3
VB 4	B	B	THF	12,5	83/98/105	99,6	99,6	0,69	3/3
B 6	B	B	THF	12,5	83/98/105	95,4	95,4	0,49	2/3
VB 5	A	A	MeOH	26	105/105/105	99,7	99,8	0,38	11/12
VB 6	A	A	MeOH	26	105/105/105	99,5	99,5	0,21	10/12
VB 7	A	A	MeOH	26	105/105/105	99,0	99,0	0,21	8/12
B 7	A	A	MeOH	26	105/105/105	97,0	97,0	0,16	6/12

**[0040]** Die Tabelle zeigt, daß eine Verringerung des Umsatzes von MDA zu HMDA um 1,3% (von 99,5% in VB1 zu 98,4% in B1) eine überproportional große Verringerung in der Bildung des N-Methyl-4,4'-HMDA von 16,6% (von 0,18% in VB1 zu 0,15% in B1) hervorruft.

**[0041]** Noch deutlicher wird der erfindungsgemäße Effekt beim Vergleich von VB 3 und VB 4 mit B6. Während in VB3 bei einem Umsatzes von 98,8% schon nahezu sämtliches vorhandenes N-Methyl-MDA hydriert wurde und auch bei Erhöhung des MDA – Umsatz auf 99,6% (VB 4) keine weitere Änderung mehr feststellbar war, sind in B6 bei einem Umsatz von 95,4% nur 72% des N-Methyl-MDA hydriert.

**[0042]** Auch bei Verwendung eines selbst in Spuren alkylierenden Lösungsmittels ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar. VB 6 und VB 7 zeigen auch hier, dass bei Umsätzen > 99% sämtliches N-Methyl-MDA hydriert ist, während in B 7 bei einem Umsatz von 97,0% nur 76% hydriert sind. Erhöht man, wie in VB 5, den Umsatz darüber hinaus, so zeigt sich eine weitere Alkylierung von HMDA durch das anwesende Methanol, auch bei gleichzeitiger Anwesenheit von NH<sub>3</sub>.

**[0043]** Der erfindungsgemäße Effekt kann für beide Katalysatoren A und B in ähnlicher Art gezeigt werden. Besonders signifikant ist der Effekt, wenn man den Umsatz von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA in einem Bereich von

90% bis unter 99% hält.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan (4,4'-HMDA) durch katalytische Hydrierung eines 4,4'-Diaminodiphenylmethan (4,4'-MDA) als Hauptkomponente und sein Mono-N-methyl-Derivat als Nebenkomponente enthaltenden Stoffgemischs mit erhöhter Selektivität bezüglich der Hydrierung von 4,4'-MDA in Gegenwart eines heterogenen Hydrierkatalysators bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 220°C und einem Wasserstoffdruck im Bereich von 1 bis 30 MPa, **dadurch gekennzeichnet**, dass man die Hydrierung vor Erreichen eines Umsatzes von 4,4'-MDA zu 4,4'-HMDA von 99% beendet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man als zu hydrierendes Stoffgemisch ein Roh-MDA, enthaltend mindestens 70 Gew.-% 4,4'-Diaminodiphenylmethan und 0,01 bis 2 Gew.-% N-Methyl-4,4'-diaminodiphenylmethan, einsetzt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zu hydrierende Stoffgemisch 75–99 Gew.-% 4,4'-MDA, 1–11 Gew.-% 2,4'-MDA, weniger als 2 Gew.-% 2,2'-MDA und bis zu 1 Gew.-% N-Methyl-4,4'-MDA enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man die Hydrierung von 4,4'-Diaminodiphenylmethan zu 4,4'-Diaminodicyclohexylmethan bei einem Umsatz im Bereich von 90% bis 98,9% beendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass man die Hydrierung bei einer Temperatur im Bereich von 90 bis 150°C und einem Druck im Bereich von 5 bis 15 MPa durchführt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass man einen Ru-Trägerkatalysator mit einem Ru-Gehalt von 0,5 bis 10 Gew.-% verwendet.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass man als Ru-Trägerkatalysator einen Ru-Aluminiumoxid- oder Ru-Titandioxid-Trägerkatalysator verwendet, wobei der Träger eine BET-Oberfläche von kleiner 70 m<sup>2</sup>/g aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass man die katalytische Hydrierung in Gegenwart eines Lösungsmittels aus der Reihe der Ether durchführt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass man die katalytische Hydrierung in kontinuierlicher Betriebsweise in einem mit einem Ru-Trägerkatalysator befüllten Festbettreaktor durchführt, wobei der Reaktor in Rieselbettfahrweise betrieben wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen