



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 013 962 A1** 2009.09.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 013 962.9**

(22) Anmeldetag: **12.03.2008**

(43) Offenlegungstag: **17.09.2009**

(51) Int Cl.⁸: **C07D 303/12** (2006.01)

C07D 301/03 (2006.01)

C07B 53/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Studiengesellschaft Kohle mbH, 45470 Mülheim,
DE**

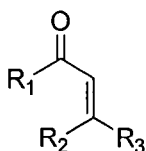
(72) Erfinder:

**List, Benjamin, 45470 Mülheim, DE; Reisinger,
Corinna, 45468 Mülheim, DE; Wang, Xing Wang,
45470 Mülheim, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von chiralen α,β -Epoxyketonen**

(57) Hauptanspruch: Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur enantioselektiven Epoxidierung von α,β -ungesättigten Ketonen, in welchem eine Verbindung der allgemeinen Formel I,



in der

R^1 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann,

R^2 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann, eine Arylgruppe oder Heteroarylgruppe, die geeignete Substituenten haben kann,

R^3 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann, eine Arylgruppe oder Heteroarylgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, stehen,

$\text{R}^1, \text{R}^2, \text{R}^3$ gleich oder verschieden sein können,

wobei der Rest R^1 mit...

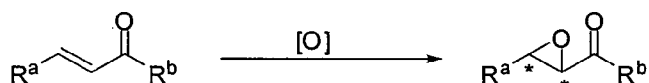
Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von chiralen α,β -Epoxyketonen.

[0002] (Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur enantioselektiven Epoxidierung von α,β -ungesättigten Ketonen.)

[0003] Funktionalisierte Epoxide sind sehr wertvolle Intermediate in der Synthese industriell relevanter Verbindungen.

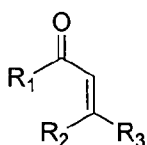
[0004] Mögliche Zugänge zu enantiomerenreinen α,β -Epoxyketonen stellen asymmetrische Epoxidierungen der entsprechenden α,β -ungesättigten Ketone dar.



[0005] Eine Reihe von Beispielen für diesen Reaktionstyp sind in der Literatur beschrieben worden. Darunter finden sich zahlreiche Beispiele für die enantioselektive Epoxidierung von Chalcon und Chalcondervaten. (Chem. Commun.) Hoch enantioselektive Epoxidierungen von zyklischen α,β -ungesättigten Ketonen sind jedoch unbekannt. Sowohl mit Hilfe stöchiometrisch eingesetzter chiraler Reagenzien, als auch unter Einsatz chiraler Katalysatoren konnten nur unbefriedigende Enantioselektivitäten erreicht werden. Des Weiteren ist keine generelle Methode für die hoch enantioselektive Epoxidierung aliphatischer α,β -ungesättigter Ketone verfügbar.

[0006] Der vorliegenden Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren zur Herstellung enantiomerenangereicherter zyklischer α,β -Epoxyketone zur Verfügung zu stellen.

[0007] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur enantioselektiven Epoxidierung von α,β -ungesättigten Ketonen, in welchem eine Verbindung der allgemeinen Formel I,



in der

R^1 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann,

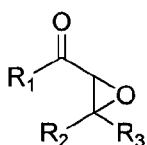
R^2 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann, eine Arylgruppe oder Heteroarylgruppe, die geeignete Substituenten haben kann,

R^3 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann, eine Arylgruppe oder Heteroarylgruppe, die geeignete Substituenten haben kann,

R^1 , R^2 , R^3 gleich oder verschieden sein können,

wobei der Rest R^1 mit den Resten R^2 und R^3 einen Ring bilden kann, der 5- bis 20-gliedrig, gesättigt oder ungesättigt, alizyklisch oder heteroalizyklisch sein kann und geeignete Substituenten haben kann,

mit einem Oxidationsmittel unter Bildung von α,β -Epoxyketonen der allgemeinen Formel II,



in der R^1 , R^2 , R^3 wie oben definiert sind, umgesetzt wird.

[0008] Es wurde gefunden, dass α,β -Epoxyketone der allgemeinen Formel II in guten Ausbeuten und hervorragenden Enantioselektivitäten aus α,β -ungesättigten Ketonen der allgemeinen Formel I durch Epoxidierung

mit Wasserstoffperoxid in Gegenwart eines chiralen Katalysators erhalten werden. Bei den geeigneten chiralen Katalysatoren handelt es sich um Säureaddukte primärer Amine.

[0009] Es wurde gefunden, dass α,β -Epoxyketone der allgemeinen Formel II in guten Ausbeuten und hervorragenden Enantioselektivitäten aus α,β -ungesättigten Ketonen der allgemeinen Formel I durch Epoxidierung mit Wasserstoffperoxid in Gegenwart eines chiralen Katalysators erhalten werden. Bei den am besten geeigneten chiralen Katalysatoren handelt es sich um Säureaddukte primärer Amine.

[0010] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden α,β -ungesättigte Ketone der allgemeinen Formel I in Gegenwart eines chiralen Katalysators mit einem geeigneten Oxidationsmittel umgesetzt. Es kann ein beliebiger Katalysator verwendet werden, der die Reaktion zwischen dem α,β -ungesättigten Keton und dem Oxidationsmittel unterstützt. Als besonders geeignet haben sich organische Base, insbesondere Amine und deren Säureadditionssalze, erwiesen. Die Additionssalze können per se eingesetzt werden oder sich im Laufe der Reaktion bilden. Bevorzugte Amine weisen eine Struktur der allgemeinen Formel III auf,



in der

R^4 für eine Kohlenwasserstoffgruppe, wie eine gesättigte oder ungesättigte, verzweigte oder lineare Alkylgruppe, Alkenylgruppe, Alkynylgruppe, Arylgruppe, die geeignete Substituenten, auch Heteroatomsubstituenten, haben kann, eine Heteroatom-enhaltende Kohlenwasserstoffgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, und
und deren Säureadditionssalze.

[0011] Der chirale Katalysator ist ausgewählt ist aus chiralen Aminen, vorzugsweise Verbindungen mit der allgemeinen Formel III, aus Additionssalzen von achiralen Aminen, wie Aminen mit der allgemeinen Formel III, mit achiralen oder chiralen Säuren.

[0012] Bevorzugt sind Amine mit der Formel III, in der der Rest R^4 eine zusätzliche basische Funktionalität, wie eine Aminogruppe, aufweist.

[0013] Der Katalysator wird üblicherweise in einer Menge von 0,1 bis 200 Mol%, vorzugsweise von 1 bis 30 Mol%, bezogen auf die Ausgangsverbindungen, eingesetzt.

[0014] Als Oxidationsmittel kommt insbesondere H_2O_2 , das vorzugsweise in wässriger Lösung eingesetzt wird, insbesondere in einer Konzentration über 30 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 30 und 50 Gew.-%.

[0015] Alkyl kann unverzweigt (linear) oder verzweigt sein und hat 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 oder 20 Kohlenstoffatome. Alkyl ist vorzugsweise Methyl, aber auch Ethyl, Propyl, Isopropyl, Butyl, Isobutyl, sec-Butyl oder tert.-Butyl, ebenso Pentyl, 1-, 2- oder 3-Methylpropyl, 1,1-, 1,2- oder 2,2-Dimethylpropyl, 1-Ethylpropyl, Hexyl, 1-, 2-, 3- oder 4-Methylpentyl, 1,1-, 1,2-, 1,3-, 2,2-, 2,3- oder 3,3-Dimethylbutyl, 1- oder 2-Ethylbutyl, 1-Ethyl-1-methylpropyl, 1-Ethyl-2-methylpropyl, 1,1,2- oder 1,2,2-Trimethylpropyl, vorzugsweise aber auch z. B. Trifluormethyl.

[0016] Alkyl ist besonders bevorzugt ein Alkyl mit 1, 2, 3, 4, 5 oder 6 Kohlenstoffatomen, vorzugsweise Methyl, Ethyl, Propyl, Isopropyl, Butyl, Isopropyl, sec-Butyl, tert-Butyl, Pentyl, Hexyl, Trifluormethyl, Pentafluoroethyl oder 1,1,1-Trifluoroethyl.

[0017] Cycloalkyl ist vorzugsweise Cyclopropyl, Cyclobutyl, Cyclopentyl, Cyclohexyl oder Cycloheptyl. Alkyl bedeutet vorzugsweise Methylen, Ethylen, Propylen, Butylen, Pentylen oder Hexylen, aber auch verzweigtes Alkyl.

[0018] Alkylen ist bevorzugt Vinyl.

[0019] Alkynyl ist bevorzugt $\text{C}\equiv\text{CH}$.

[0020] Halogen ist F, Cl, G, Br oder I.

[0021] Alkoxy ist vorzugsweise Methoxy, Ethoxy, Propoxy oder Butoxy.

[0022] C₃-C₈-Heterocycloalkyl mit einem oder mehreren Heteroatomen ausgewählt aus N, O und S ist vorzugsweise 2,3-Dihydro-2-, -3-, -4- oder -5-furyl, 2,5-Dihydro-2-, -3-, -4- oder -5-furyl, Tetrahydro-2- oder -3-furyl, 1,3-Dioxolan-4-yl, Tetrahydro-2- oder -3-thienyl, 2,3-Dihydro-1-, -2-, -3-, -4- oder -5-pyrrolyl, 2,5-Dihydro-1-, -2-, -3-, -4- oder -5-pyrrolyl, 1-, 2- oder 3-pyrrolidinyl, Tetrahydro-1-, -2- oder -4-imidazolyl, 2,3-Dihydro-1-, -2-, -3-, -4- oder -5-pyrazolyl, Tetrahydro-1-, -3- oder -4-pyrazolyl, 1,4-Dihydro-1-, -2-, -3- oder -4-pyridyl, 1,2,3,4-Tetrahydro-1-, -2-, -3-, -4-, -5- oder -6-pyridyl, 1-, 2-, 3- oder 4-piperidinyl, 2-, 3- oder 4-morpholinyl, Tetrahydro-2-, -3- oder -4-pyranyl, 1,4-Dioxanyl, 1,3-Dioxan-2-, -4- oder -5-yl, hexahydro-1-, -3- oder -4-pyridazinyl, Hexahydro-1-, -2-, -4- oder -5-pyrimidinyl, 1-, 2- oder 3-piperazinyl, 1,2,3,4-Tetrahydro-1-, -2-, -3-, -4-, -5-, -6-, -7- oder -8-chinoly, 1,2,3,4-Tetrahydro-1-, -2-, -3-, -4-, -5-, -6-, -7- oder -8-isochinoly, 2-, 3-, 5-, 6-, 7- oder 8-3,4-Dihydro-2H-benzo-1,4-oxazinyl.

[0023] Gegebenenfalls substituiert bedeutet unsubstituiert oder mono-, di-, tri-, tetra- oder pentasubstituiert.

[0024] Aryl ist vorzugsweise Phenyl, Naphthyl oder Diphenyl.

[0025] Arylalkyl ist vorzugsweise Benzyl.

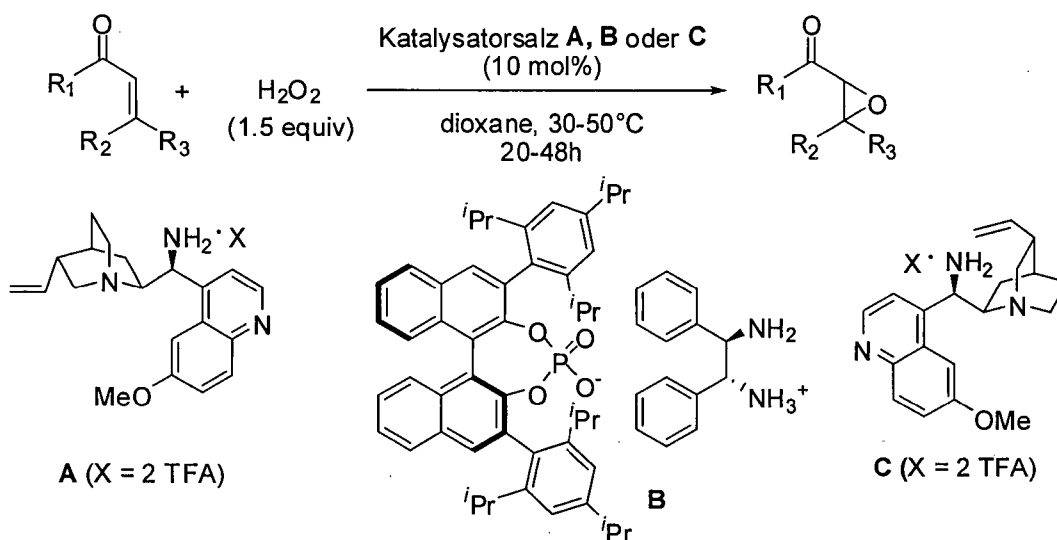
[0026] Heteroaryl mit einem oder mehreren Heteroatomen ausgewählt aus N, O und S ist vorzugsweise 2- oder 3-Furyl, 2- oder 3-Thienyl, 1-, 2- oder 3-Pyrrolyl, 1-, 2-, 4- oder 5-Imidazolyl, 1-, 3-, 4- oder 5-Pyrazolyl, 2-, 4- oder 5-Oxazolyl, 3-, 4- oder 5-Isoxazolyl, 2-, 4- oder 5-Thiazolyl, 3-, 4- oder 5-Isotiazolyl, 2-, 3- oder 4-Pyridyl, 2-, 4-, 5- oder 6-Pyrimidinyl, außerdem bevorzugt 1,2,3-Triazol-1-, -4- oder -5-yl, 1,2,4-Triazol-1-, -3- oder -5-yl, 1- oder 5-Tetrazolyl, 1,2,3-Oxadiazol-4- oder -5-yl, 1,2,4-Oxadiazol-3- oder -5-yl, 1,3,4-Thiadiazol-2- oder -5-yl, 1,2,4-Thiadiazol-3- oder -5-yl, 1,2,3-Thiadiazol-4- oder -5-yl, 3- oder 4-Pyridazinyl, Pyrazinyl, 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6- oder 7-Indolyl, 4- oder 5-Isoindolyl, 1-, 2-, 4- oder 5-Benzimidazolyl, 1-, 3-, 4-, 5-, 6- oder 7-Benzopyrazolyl, 2-, 4-, 5-, 6- oder 7-Benzoxazolyl, 3-, 4-, 5-, 6- oder 7-Benzisoxazolyl, 2-, 4-, 5-, 6- oder 7-Benzothiazolyl, 2-, 4-, 5-, 6- oder 7-Benzisothiazolyl, 4-, 5-, 6- oder 7-Benz-2,1,3-oxadiazolyl, 2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- oder 8-Chinoly, 1-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- oder 8-Isoschinoly, 3-, 4-, 5-, 6-, 7- oder 8-Cinnoliny, 2-, 4-, 5-, 6-, 7- oder 8-Chinazolinyl, 5- oder 6-Chinoxaliny, 2-, 3-, 5-, 6-, 7- oder 8-2H-Benzo-1,4-oxazinyl, außerdem bevorzugt 1,3-Benzodioxol-5-yl, 1,4-Benzodioxan-6-yl, 2,1,3-Benzothiadiazol-4- oder -5-yl oder 2,1,3-Benzoxadiazol-5-yl.

[0027] Beispiele für Substituenten sind C₁-C₄-Alk(en)yl, Aryl, Heteroaryl, Halogen, wie F, Cl, Br, I, NO₂, Amino, usw.

[0028] Die Reaktion kann in üblichen polaren oder unpolaren organischen Lösungsmitteln durchgeführt werden.

Beispiele

Allgemeine Vorschrift:




















[0029] Die Katalysatorsalze A–C wurden in situ in Dioxan (2–4 mL) aus dem Amin (10 mol%) und der jeweiligen Säure (10–20 mol%) dargestellt. Nach 20 min Rühren wurden die α,β -ungesättigten Ketone zugegeben und nach weiteren 20 min wurden 1.5 Äquivalente einer wässrigen Wasserstoffperoxidlösung (50% w/w) zu-

gesetzt. Nach einer Reaktionszeit von 20–72 h bei 30–50°C wurde das Reaktionsgemisch abgekühlt und mit Wasser versetzt. Anschließend wurde mit Ether extrahiert, dann die vereinigten organischen Phasen mit gesättigter Natriumchloridlösung gewaschen, getrocknet (Na_2SO_4), filtriert und am Rotationsverdampfer eingengt, wodurch die Rohprodukte erhalten wurden, welche chromatographisch (SiO_2 , Ether/Pentan) aufgereingt wurden. Im Fall des acyclischen α,β -ungesättigten Ketons wurde das derart erhaltene Rohprodukt gegebenenfalls 10 min in Ether mit einem Äquivalent 1 N NaOH-Lösung gerührt. Anschließend wurde die Etherphase mit gesättigter Natriumchloridlösung gewaschen, getrocknet (Na_2SO_4), filtriert und am Rotationsverdampfer eingengt. Anschließend wurde chromatographisch (SiO_2 , Ether/Pentan) aufgereingt.

Mit Katalysator A: 1.0 mmol Maßstab bezogen auf das α,β -ungesättigte Keton. Das Katalysatorsalz A wurde aus 9-amino-9-deoxyepiquinine (8.1 mg, 0.1 mmol, 10 mol%) und TFA (15.3 μL , 0.2 mmol, 20 mol%) dargestellt.

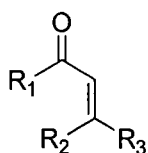
Mit Katalysator B: 0.5 mmol Maßstab bezogen auf das α,β -ungesättigte Keton. Das Katalysatorsalz B wurde aus (R,R)-DPEN (10.6 mg, 0.05 mmol, 10 mol%) and S-TRIP (37.6 mg, 0.05 mmol, 10 mol%).

Mit Katalysator C: 1.0 mmol Maßstab bezogen auf das α,β -ungesättigte Keton. Das Katalysatorsalz C wurde aus 9-amino-9-deoxyepiquinidine (8.1 mg, 0.1 mmol, 10 mol%) und TFA (15.3 μL , 0.2 mmol, 20 mol%) dargestellt.

Beispiel	Epoxid	Katalysator	Ausbeute (%)	er
1		B	98	96:4
2		A	91	3:97
3		B	80	97:3
4		B	76	98:2
5		B	63	96:4
6		A	70	98:2
7		A	73	98.5:1.5
8		A	79	99:1
9		A	73	98:2
10		A	84	98.5:1.5
11		A	78	99:1
12		C	77	98.5:1.5
13		A	49	96:4
14		B	82	99:1
15		A	82	>99.5:0.5
16		A	85	>99.5:0.5
17		B	29	89:11

Patentansprüche

1. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur enantioselektiven Epoxidierung von α,β -ungesättigten Ketonen, in welchem eine Verbindung der allgemeinen Formel I,



in der

R^1 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann,

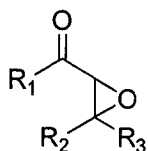
R^2 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann, eine Arylgruppe oder Heteroarylgruppe, die geeignete Substituenten haben kann,

R^3 für einen verzweigten oder unverzweigten, gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 30 Kohlenstoffatomen, der geeignete Substituenten haben kann und ein oder mehrere Heteroatome in der Kette aufweisen kann, eine Arylgruppe oder Heteroarylgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, stehen,

R^1 , R^2 , R^3 gleich oder verschieden sein können,

wobei der Rest R^1 mit den Resten R^2 und R^3 einen Ring bilden kann, der 5- bis 20-gliedrig, gesättigt oder ungesättigt, alizyklisch oder heteroalizyklisch sein kann und geeignete Substituenten haben kann,

mit einem Oxidationsmittel unter Bildung von α,β -Epoxyketonen der allgemeinen Formel II,



in der R^1 , R^2 , R^3 wie oben definiert sind, umgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Oxidationsmittel ausgewählt ist aus Wasserstoffperoxid und -formulierungen, Alkylperoxiden und Alkylperoxidformulierungen, Natriumhypochlorit, Persäuren, Iodosoverbindungen, Borgten.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Oxidationsmittel eine wässrige Wasserstoffperoxidlösung eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktion in Gegenwart eines chiralen Katalysators durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der chirale Katalysator ausgewählt ist aus organischen Basen, insbesondere Aminen und deren Säureadditionssalzen.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der chirale Katalysator ausgewählt ist aus Aminen der allgemeinen Formel III,



in der

R^4 für eine Kohlenwasserstoffgruppe, wie eine gesättigte oder ungesättigte, verzweigte oder lineare Alkylgruppe, Alkenylgruppe, Alkynylgruppe, Arylgruppe, die geeignete Substituenten, auch Heteroatomsubstituenten, haben kann, eine Heteroatom-enthaltende Kohlenwasserstoffgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, und deren Säureadditionssalze.

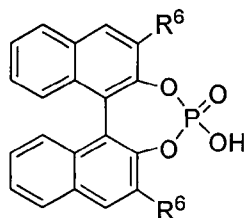
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der chirale Katalysator ausgewählt ist aus chiralen Aminen der allgemeinen Formel III, aus Additionssalzen von achiralen Aminen der allgemeinen Formel III mit chiralen Säuren, aus Additionssalzen von chiralen Aminen der allgemeinen Formel III mit achiralen oder chiralen Säuren.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die chiralen Säuren ausgewählt sind aus chiralen organischen Phosphorsäuren, Phosphorimiden, Schwefelsäuren, Sulfonsäuren, Sulfonylimiden, Car-

bonsäuren, Imiden etc.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die chirale Säure von Binaphthol ableitet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die chirale Säure ausgewählt ist aus organischen chiralen Phosphorsäuren mit der allgemeinen Formel IV,

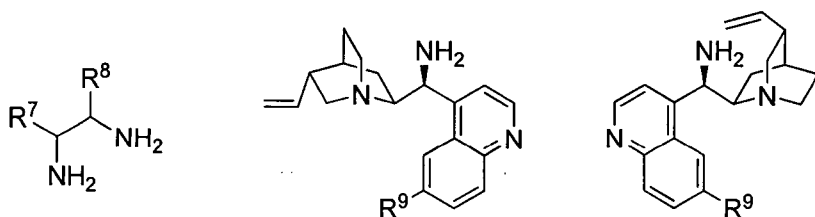


in der

R^6 für H, eine Kohlenwasserstoffgruppe, wie eine gesättigte oder ungesättigte, verzweigte oder lineare Alkylgruppe, Alkenylgruppe, Alkynylgruppe, Arylgruppe, die geeignete Substituenten, auch Heteroatomsubstituenten, haben kann, eine Heteroatom-enthaltende Kohlenwasserstoffgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, steht.

11. Verfahren nach Anspruch 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Amin mit der allgemeinen Formel III vorzugsweise ein primäres Amin ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das primäre Amin vorzugsweise ausgewählt ist aus



in der

R^7 für eine Kohlenwasserstoffgruppe, wie eine gesättigte oder ungesättigte, verzweigte oder lineare Alkylgruppe, Alkenylgruppe, Alkynylgruppe, Arylgruppe, die geeignete Substituenten, auch Heteroatomsubstituenten, haben kann, eine Heteroatom-enthaltende Kohlenwasserstoffgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, und

R^8 für eine Kohlenwasserstoffgruppe, wie eine gesättigte oder ungesättigte, verzweigte oder lineare Alkylgruppe, Alkenylgruppe, Alkynylgruppe, Arylgruppe, die geeignete Substituenten, auch Heteroatomsubstituenten, haben kann, eine Heteroatom-enthaltende Kohlenwasserstoffgruppe, die geeignete Substituenten haben kann,

R^7 , R^8 gleich oder verschieden sein können,

wobei die Rest R^7 und R^8 einen Ring bilden können, der 4- bis 20-gliedrig, gesättigt oder ungesättigt, alizyklisch oder heteroalizyklisch sein kann und geeignete Substituenten haben kann, und

R^9 für H, eine Gruppe $-OR^{10}$,

in der

R^{10} für eine Kohlenwasserstoffgruppe, wie eine gesättigte oder ungesättigte, verzweigte oder lineare Alkylgruppe, Alkenylgruppe, Alkynylgruppe, Arylgruppe, die geeignete Substituenten, auch Heteroatomsubstituenten, haben kann, eine Heteroatom-enthaltende Kohlenwasserstoffgruppe, die geeignete Substituenten haben kann, steht, stehen.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen