

Reaktionsrohr und Verfahren zur Herstellung von Cyanwasserstoff

Die Erfindung richtet sich auf ein Reaktionsrohr für die Herstellung von Cyanwasserstoff, sowie auf ein Verfahren zur Herstellung von Cyanwasserstoff unter Verwendung dieses Reaktionsrohrs.

Das BMA-Verfahren zur Herstellung von Cyanwasserstoff aus Ammoniak und einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen wird bei Temperaturen im Bereich von 1000 °C bis 1400 °C durchgeführt. Da die Reaktion endotherm ist, muss bei dem Verfahren der Reaktionsmischung Wärme zugeführt werden. Im technischen Maßstab wird das BMA-Verfahren in von außen beheizten Reaktionsrohren durchgeführt, die auf der Rohrrinnenseite mit einem Platin enthaltenden Katalysator beschichtet sind und von der gasförmigen Reaktionsmischung durchströmt werden. Die Raum-Zeit-Ausbeute in diesen technischen Reaktoren wird durch die geometrische Oberfläche des Reaktionsrohrs und die dadurch begrenzte aktive Oberfläche des platinhaltigen Katalysators bestimmt.

Aus dem Stand der Technik sind für Reaktionsrohre zum Einsatz im BMA-Verfahren Ansätze zur Vergrößerung des Oberflächen/Volumen-Verhältnisses der mit dem Katalysator beschichteten Oberfläche oder zur Erhöhung der Raum-Zeit-Ausbeute durch Änderung der Strömungsverhältnisse im Reaktionsrohr bekannt.

In DE 29 36 844 A1 wird vorgeschlagen, in dem Reaktionsrohr durch Einbauten oder Füllkörper, die ganz oder teilweise mit Katalysator belegt sein können, eine turbulente Strömung zu bewirken, um die Raum-Zeit-Ausbeute und die Ausbeute an Cyanwasserstoff zu verbessern.

Aus WO 90/13405 sind Reaktionsrohre für das BMA-Verfahren bekannt, die periodische Querschnittsänderungen des

Reaktionsrohrs von einem kreisförmigen Querschnitt zu einem elliptischen Querschnitt aufweisen.

DE 41 28 201 beschreibt Reaktionsrohre für das BMA-Verfahren, die Einbauten in Form von Wendeln aufweisen, mit denen der turbulente Anteil der Strömung der Reaktionsgase erhöht wird.

Allen diesen Reaktionsrohren ist jedoch gemeinsam, dass während der Herstellung von Cyanwasserstoff in verstärktem Maß eine Verrußung der Innenflächen des Reaktionsrohrs auftritt. Der durch Zersetzung der zur Herstellung von Cyanwasserstoff eingesetzten aliphatischen Kohlenwasserstoffe gebildete Ruß schlägt sich dabei auf dem Platin enthaltenden Katalysator ab und hemmt dadurch die Bildungsreaktion von Cyanwasserstoff. Deshalb müssen häufiger Maßnahmen zur Entfernung von Rußablagerungen getroffen werden, für die die Herstellung von Cyanwasserstoff unterbrochen werden muss. Ein mechanisches Entfernen von Rußablagerungen ist bei den Reaktionsrohren von DE 29 36 844 A1, WO 90/13405 und DE 41 28 201 wegen der Einbauten oder Querschnittsveränderungen praktisch nicht möglich.

Aus DE 1 078 554 und WO 2006/050781 sind Reaktionsrohre mit innerhalb des Reaktionsrohrs in Längsrichtung des Rohrs angeordneten rohrförmigen oder stabförmigen Einbauten bekannt. Mit solchen Einbauten lässt sich zwar die Raum-Zeit-Ausbeute und die Ausbeute an Cyanwasserstoff verbessern, doch weisen diese Einbauten im Dauerbetrieb erhebliche Nachteile auf. Bei dem Aufheizen auf Reaktionstemperatur können sich rohrförmige oder stabförmige Einbauten verbiegen, so dass sie die Rohrrinnenwand berühren. Außerdem können rohrförmige oder stabförmige Einbauten durch die Strömung der Reaktionsmischung durch das Rohr in Schwingungen oder kreiselnde Bewegungen versetzt werden. Dies kann dazu führen, dass die Einbauten im Betrieb an der Rohrrinnenwand

reiben und im Lauf der Zeit Katalysator von der
Rohrinnenwand abreiben, was dann ausgehend von den
abgeriebenen Stellen zu einer starken Verrußung der
Innenflächen des Reaktionsrohrs führt. Eine Verformung der
5 Einbauten führt außerdem zu einer ungleichmäßigen
Strömungsverteilung über den Rohrquerschnitt, die eine
ungleichmäßige Temperaturverteilung zur Folge hat und zu
thermischen Spannungen im Reaktionsrohr führt, die zu einem
Bruch des Reaktionsrohrs im Betrieb führen können.

10 Es besteht deshalb weiterhin ein Bedarf an Reaktionsrohren
für die Herstellung von Cyanwasserstoff, mit denen sich im
Vergleich zu den im technischen Maßstab eingesetzten
zylindrischen Rohren eine bessere Raum-Zeit-Ausbeute und
eine höhere Ausbeute an Cyanwasserstoff erzielen lässt und
15 die nicht die Nachteile der aus DE 1 078 554 und
WO 2006/050781 bekannten Reaktionsrohre mit rohrförmigen
oder stabförmigen Einbauten aufweisen.

Es wurde nun gefunden, dass sich diese Aufgabe durch in das
Reaktionsrohr eingeschobene Einbaukörper aus Keramik lösen
20 lässt, die von der Rohrachse zur Rohrinnenwand weisenden
Rippen aufweisen.

Gegenstand der Erfindung ist deshalb ein Reaktionsrohr für
die Herstellung von Cyanwasserstoff, umfassend ein
zylindrisches Rohr aus Keramik und einen auf der
25 Rohrinnenwand aufgebrachten, Platin enthaltenden
Katalysator, dass dadurch gekennzeichnet ist, dass es
mindestens einen in das zylindrische Rohr eingeschobenen
Einbaukörper aus Keramik mit drei oder vier von der
Rohrachse zur Rohrinnenwand weisenden Rippen aufweist,
30 wobei die Rippen den Rohrinnenraum in im wesentlichen
gerade Kanäle mit im wesentlichen gleichen
kreissegmentförmigen Querschnitten unterteilen und wobei
der mittlere Abstand zwischen den Enden der Rippen und der
Rohrinnenwand im Bereich von 0,1 bis 3 mm liegt.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung von Cyanwasserstoff durch Umsetzung von Ammoniak und mindestens einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen in Gegenwart eines Platin enthaltenden Katalysators bei einer Temperatur von 1000 bis 1400 °C, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Umsetzung in einem erfindungsgemäßen Reaktionsrohr durchgeführt wird.

Das erfindungsgemäße Reaktionsrohr umfasst ein zylindrisches Rohr aus Keramik, vorzugsweise aus einer gasdicht gesinterten Keramik und besonders bevorzugt aus gasdicht gesintertem Aluminiumoxid. Das zylindrische Rohr hat vorzugsweise einen Innendurchmesser von 10 bis 50 mm, besonders bevorzugt 15 bis 30 mm beträgt. Die Länge des zylindrischen Rohrs liegt vorzugsweise im Bereich von 1000 bis 3000 mm und besonders bevorzugt im Bereich von 1500 bis 2500 mm.

Das zylindrische Rohr ist auf der Innenseite ganz oder teilweise mit einem Platin enthaltenden Katalysator beschichtet. Vorzugsweise ist mehr als 80 % der geometrischen Oberfläche der Innenseite des zylindrischen Rohrs mit dem Platin enthaltenden Katalysator beschichtet. Als Platin enthaltende Katalysatoren können alle für das BMA-Verfahren zu Herstellung von Cyanwasserstoff bekannten Katalysatoren eingesetzt werden. Bevorzugt werden die aus WO 2004/076351 bekannten Katalysatoren mit einer verminderten Verrußungsneigung verwendet. Die Platin enthaltenden Katalysatoren können nach allen bekannten Verfahren zum Aufbringen von solchen Katalysatoren auf Trägermaterialien auf die Innenseite des zylindrischen Rohrs aufgebracht werden. Bevorzugt werden die in EP-A 0 299 175, EP-A 0 407 809 und EP-A 0 803 430 beschriebenen Verfahren zum Aufbringen des Platin enthaltenden Katalysators auf die Innenseite des zylindrischen Rohrs verwendet.

Das erfindungsgemäße Reaktionsrohr weist mindestens einen in das zylindrische Rohr eingeschobenen Einbaukörper aus Keramik mit drei oder vier von der Rohrachse zur Rohrrinnenwand weisenden Rippen auf. Der Einbaukörper besteht vorzugsweise aus gesintertem Aluminiumoxid. Die Rippen des Einbaukörpers unterteilen den Rohrrinnenraum in im Wesentlichen gerade Kanäle mit im Wesentlichen gleichen kreissegmentförmigen Querschnitten. Die Rippen sind dazu als im Wesentlichen geschlossene, in Längsrichtung des Rohres ausgerichtete Flächen ausgebildet. Sie können allerdings für einen Druckausgleich zwischen benachbarten Kanälen einzelne Öffnungen oder Einkerbungen an den Enden aufweisen. Die Rippen des Einbaukörpers können auf einem in der Rohrachse verlaufenden Stab oder Rohr angebracht sein. Vorzugsweise verlaufen die Rippen des Einbaukörpers aber bis zur Rohrachse und treffen in der Rohrachse aufeinander. Der mittlere Abstand zwischen den Enden der Rippen und der Rohrrinnenwand liegt im Bereich von 0,1 bis 3 mm. Die Enden der Rippen sind vorzugsweise gerundet. Der mittlere Abstand bezieht sich dann auf die Stelle, an der die Rundung der Rippe der Rohrrinnenwand am Nächsten kommt.

Der Einbaukörper des erfindungsgemäßen Reaktionsrohrs kann in gleicher Weise wie das zylindrische Rohr durch Extrusion oder Strangpressen einer Aluminiumoxid enthaltenden plastischen Masse und nachfolgendes Trocknen und Kalzinieren hergestellt werden.

Der Einbaukörper des erfindungsgemäßen Reaktionsrohrs hat den Vorteil, dass er sich auf Grund seiner Geometrie beim Aufheizen auf die für die Herstellung von Cyanwasserstoff nach dem BMA-Verfahren erforderliche Temperatur nicht so stark verformt, wie die aus dem Stand der Technik bekannten stabförmigen oder rohrförmigen Einbauten. Außerdem wird er auf Grund seiner Geometrie und des geringen Abstands zwischen den Enden der Rippen und der Rohrrinnenwand beim Durchströmen des Reaktionsrohrs mit Gas nicht so leicht zu

Schwingungen oder kreiselnden Bewegungen angeregt wie die aus dem Stand der Technik bekannten stabförmigen oder rohrförmigen Einbauten. Dadurch wird gewährleistet, dass es bei der Verwendung des Reaktionsrohrs für die Herstellung von Cyanwasserstoff nach dem BMA-Verfahren nicht zu einem Abreiben von Katalysator von der Rohrrinnenwand kommt. Durch gerundete Enden der Rippen lässt sich zusätzlich ein Abreiben von Katalysator von der Rohrrinnenwand vermeiden. Die Geometrie des Einbaukörpers und der geringe Abstand zwischen den Enden der Rippen und der Rohrrinnenwand gewährleistet außerdem, dass die zwischen den Rippen gebildeten Kanäle während der Verwendung des Reaktionsrohrs für die Herstellung von Cyanwasserstoff den gleichen Querschnitt behalten, so dass die Strömungsverteilung auf die Kanäle gleichmäßig bleibt und thermische Spannungen auf Grund einer entlang des Rohrumfangs unsymmetrischen Temperaturverteilung vermieden werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform berühren die Rippen die Rohrrinnenwand an einzelnen Stellen. Dadurch wird auch ohne Zentrierhilfen oder Abstandhalter eine Unterteilung des Rohrrinnenraums in Kanäle mit im Wesentlichen gleichen Querschnitten erreicht und der Einbaukörper lässt sich schneller und einfacher in das zylindrische Rohr einbauen als die aus dem Stand der Technik bekannten stabförmigen oder rohrförmigen Einbauten.

Die Rippen des Einbaukörpers weisen bevorzugt eine mittlere Dicke auf, die das 0,25-fache bis 2,5-fache der mittleren Wanddicke des zylindrischen Rohrs beträgt. Besonders bevorzugt beträgt die mittlere Dicke der Rippen das 0,5-fache bis 2-fache, insbesondere das 0,75-fache bis 1,5-fache der mittleren Wanddicke des zylindrischen Rohrs. Am meisten bevorzugt weisen die Rippen des Einbaukörpers die gleiche Dicke auf wie die Wand des zylindrischen Rohrs. Durch die Wahl einer Wanddicke in diesen Bereichen wird

eine gute mechanische Stabilität des Einbaukörpers bei geringem Gewicht erzielt.

Der Einbaukörper ist vorzugsweise ganz oder teilweise mit einem Platin enthaltenden Katalysator beschichtet,
5 besonders bevorzugt mit dem gleichen Katalysator wie das zylindrische Rohr. Besonders bevorzugt ist der Einbaukörper ganz mit Katalysator beschichtet. Zum Beschichten des Einbaukörpers mit dem Platin enthaltenden Katalysator können die gleichen Verfahren eingesetzt werden wie für das
10 Beschichten des zylindrischen Rohres. Durch das Beschichten des Einbaukörpers mit einem Platin enthaltenden Katalysator lässt sich bei der Verwendung des Reaktionsrohrs für die Herstellung von Cyanwasserstoff nach dem BMA-Verfahren eine höhere Raum-Zeit-Ausbeute erreichen.

15 Das erfindungsgemäße Reaktionsrohr kann einen oder mehrere in das zylindrische Rohr eingeschobene Einbaukörper aufweisen. Vorzugsweise ist nur ein Einbaukörper in das zylindrische Rohr eingeschoben. Besonders bevorzugt ist ein Einbaukörper in einem mittleren Bereich des zylindrischen
20 Rohrs angeordnet ist und weist eine Länge von 10 bis 90 %, insbesondere 40 bis 75 %, der Länge des zylindrischen Rohrs auf. Die Verwendung nur eines einzigen Einbaukörpers ermöglicht ein mechanisches Entfernen von Ruß aus dem Reaktionsrohr auch im Bereich der zwischen den Rippen des
25 Einbaukörpers gebildeten Kanäle. Die Anordnung eines Einbaukörpers, der eine geringere Länge aufweist als das Reaktionsrohr, in einem mittleren Bereich des Reaktionsrohrs führt gegenüber einer Anordnung am Anfang oder am Ende des Reaktionsrohrs zu einer höheren Raum-Zeit-
30 Ausbeute.

Das erfindungsgemäße Reaktionsrohr lässt sich zur Herstellung von Cyanwasserstoff verwenden, vorzugsweise Herstellung von Cyanwasserstoff nach dem BMA-Verfahren.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung von Cyanwasserstoff wird eine Gasmischung, die Ammoniak und mindestens einen aliphatischen Kohlenwasserstoff mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen enthält, durch das erfindungsgemäße Reaktionsrohr geleitet und das Reaktionsrohr durch Beheizung von außen auf einer Temperatur von 1000 °C bis 1400 °C gehalten. Vorzugsweise bestehen die Kohlenwasserstoffe zu mindestens 90 Vol.-% aus Methan. Die zur Herstellung von Cyanwasserstoff eingesetzte Gasmischung enthält vorzugsweise Ammoniak in stöchiometrischem Überschuss. Bei Verwendung von Methan als Kohlenwasserstoff wird vorzugsweise ein Molverhältnis von Ammoniak zu Methan im Bereich von 1,01 : 1 bis 1,30 : 1 verwendet. Die Strömungsgeschwindigkeit der Gasmischung durch das Reaktionsrohr wird vorzugsweise so gewählt, dass sich im gesamten Reaktionsrohr einschließlich des Bereichs, in dem Einbaukörper angeordnet sind, eine im Wesentlichen laminare Strömung ausbildet.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren lässt sich eine höhere Ausbeute an Cyanwasserstoff bezüglich eingesetztem Kohlenwasserstoff und bezüglich eingesetztem Ammoniak, sowie eine höhere Raum-Zeit-Ausbeute erzielen, als bei Verwendung eines Reaktionsrohrs ohne Einbauten. Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten stabförmigen oder rohrförmigen Einbauten lässt sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die hohe und verbesserte Ausbeute an Cyanwasserstoff über eine längere Betriebsdauer aufrechterhalten.

Fig. 1 bis 3 zeigen Ausführungsformen des Einbaukörpers und seiner Anordnung in dem zylindrischen Rohr des erfindungsgemäßen Reaktionsrohrs.

Fig. 1 zeigt einen Einbaukörper aus Keramik mit vier Rippen in perspektivischer Ansicht.

Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch ein Reaktionsrohr mit einem Einbaukörper aus Keramik mit vier von der Rohrachse zur Rohrrinnenwand weisenden Rippen, die an den Enden gerundet sind.

- 5 Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch ein Reaktionsrohr mit einem Einbaukörper aus Keramik mit drei von der Rohrachse zur Rohrrinnenwand weisenden Rippen, die an den Enden gerundet sind.

Der in Fig. 1 gezeigte Einbaukörper kann so in das
10 zylindrische Rohr eingeschoben sein, dass der Querschnitt über die gesamte Länge des Einbaukörpers Fig. 2 entspricht, d.h. der Abstand zwischen den Enden der Rippen und der Rohrrinnenwand über die gesamte Länge des Einbaukörpers gleich ist. Der Einbaukörper von Fig. 1 kann andererseits
15 auch so in das zylindrische Rohr eingeschoben sein, dass nur in der Mitte des Einbaukörpers der Querschnitt Fig. 2 entspricht, während der Einbaukörper an den Enden mit ein oder zwei Rippen am zylindrischen Rohr anliegt, so lange dabei der mittlere Abstand zwischen den Enden der Rippen
20 und der Rohrrinnenwand im Bereich von 0,1 bis 3 mm liegt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn in der Mitte des Einbaukörpers der Querschnitt Fig. 2 entspricht mit einem Abstand der Rippen zur Rohrrinnenwand von 1 mm, während am oberen Ende des Einbaukörpers die in Fig. 2 oben und links
25 gezeigten Rippen die Rohrrinnenwand berühren und am unteren Ende des Einbaukörpers die in Fig. 2 unten und rechts gezeigten Rippen die Rohrrinnenwand berühren.

Beispiele

Beispiel 1 (Vergleichsbeispiel mit leerem Rohr)

Ein zylindrisches Reaktionsrohr aus gesintertem
5 Aluminiumoxid mit 2100 mm Länge und 17 mm Innendurchmesser
wurde wie in Beispiel 6 von EP 0 407 809 A beschrieben mit
einem platinhaltigen Katalysator beschichtet und formiert.
Anschließend wurde eine Gasmischung aus 44 mol/h Ammoniak
und 40 mol/h Methan bei 1280 °C von unten durch das
10 senkrecht stehende Reaktionsrohr geleitet. Das aus dem
Reaktionsrohr austretende Gas wurde analysiert, die
Ausbeute an Cyanwasserstoff betrug 79,9 % bezogen auf
Ammoniak und 88,8 % bezogen auf Methan.

15 Beispiel 2 (Vergleichsbeispiel mit Einbaukörper gemäß
WO 2006/050781)

Beispiel 1 wurde wiederholt, wobei jedoch in dem
Reaktionsrohr ein auf der Außenseite mit Katalysator
beschichtetes Rohr aus gesintertem Aluminiumoxid mit
20 1200 mm Länge und 6 mm Außendurchmesser zentrisch
angeordnet wurde und die Gasmischung durch den Ringspalt
zwischen den Rohren geleitet wurde. Die Ausbeute an
Cyanwasserstoff betrug 84,4 % bezogen auf Ammoniak und
93,3 % bezogen auf Methan.

25

Beispiel 3

Beispiel 1 wurde wiederholt, wobei jedoch in das
zylindrische Rohr ein mit Katalysator beschichteter
Einbaukörper aus gesintertem Aluminiumoxid mit vier
30 gerundeten Rippen entsprechend Fig. 1 eingeschoben wurde.
Der Einbaukörper hatte eine Länge 1200 mm, eine mittlere

Wandstärke der Rippen von 2,8 mm und einen mittleren Abstand zwischen den Enden der Rippen und der Rohrrinnenwand von 0,5 mm. Die Ausbeute an Cyanwasserstoff betrug 88,7 % bezogen auf Ammoniak und 98,1 % bezogen auf Methan.

5

Beispiel 4

Beispiel 3 wurde wiederholt, wobei jedoch ein Einbaukörper mit einer Länge von 1800 mm verwendet wurde. Die Ausbeute an Cyanwasserstoff betrug 90,8 % bezogen auf Ammoniak und
10 99,6 % bezogen auf Methan.

Beispiel 5

Beispiel 3 wurde wiederholt, wobei jedoch ein Einbaukörper mit einer Länge von 600 mm verwendet wurde. Die Ausbeute an
15 Cyanwasserstoff betrug 81,9 % bezogen auf Ammoniak und 92,6 % bezogen auf Methan.

Die Beispiele zeigen, dass mit dem erfindungsgemäßen Reaktionsrohr bei der Herstellung von Cyanwasserstoff nach
20 dem BMA-Verfahren höhere Ausbeuten an Cyanwasserstoff bezüglich eingesetztem Kohlenwasserstoff und bezüglich eingesetztem Ammoniak sowie eine höhere Raum-Zeit-Ausbeute erzielt werden als bei Verwendung eines Reaktionsrohrs ohne Einbauten. Bei gleicher Länge des Einbaukörpers werden auch
25 bessere Ausbeuten erzielt als bei Verwendung eines Reaktionsrohrs mit stabförmigen oder rohrförmigen Einbauten entsprechend dem Stand der Technik.

Patentansprüche

1. Reaktionsrohr für die Herstellung von Cyanwasserstoff umfassend ein zylindrisches Rohr aus Keramik und einen auf der Rohrrinnenwand aufgebracht, Platin enthaltenden Katalysator,
5 dadurch gekennzeichnet,
dass es mindestens einen in das zylindrische Rohr eingeschobenen Einbaukörper aus Keramik mit drei oder vier von der Rohrachse zur Rohrrinnenwand weisenden Rippen aufweist, wobei die Rippen den Rohrrinnenraum in
10 im wesentlichen gerade Kanäle mit im wesentlichen gleichen kreissegmentförmigen Querschnitten unterteilen und wobei der mittlere Abstand zwischen den Enden der Rippen und der Rohrrinnenwand im Bereich von 0,1 bis 3 mm
15 liegt.
2. Reaktionsrohr nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zylindrische Rohr aus dicht gesintertem Aluminiumoxid besteht.
- 20 3. Reaktionsrohr nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Einbaukörper aus gesintertem Aluminiumoxid besteht.
4. Reaktionsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
25 dadurch gekennzeichnet,
dass der Einbaukörper mit einem Platin enthaltenden Katalysator beschichtet ist.
5. Reaktionsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass die Enden der Rippen gerundet sind.
6. Reaktionsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rippen eine mittlere Dicke aufweisen, die das

0,25-fache bis 2,5-fache der mittleren Wanddicke des zylindrischen Reaktionsrohrs beträgt.

7. Reaktionsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
5 dass es genau einen in das zylindrische Rohr eingeschobenen Einbaukörper aufweist.
8. Reaktionsrohr nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass der Einbaukörper in einem mittleren Bereich des zylindrischen Rohrs angeordnet ist und eine Länge von 10 bis 90 % der Länge des zylindrischen Rohrs aufweist.
9. Verwendung eines Reaktionsrohrs nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Herstellung von Cyanwasserstoff.
10. Verfahren zur Herstellung von Cyanwasserstoff durch
15 Umsetzung von Ammoniak und mindestens einem aliphatischen Kohlenwasserstoff mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen in Gegenwart eines Platin enthaltenden Katalysators bei einer Temperatur von 1000 bis 1400 °C,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass die Umsetzung in mindestens einem Reaktionsrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
dass die Kohlenwasserstoffe zu mindestens 90 Vol.-% aus Methan bestehen.