

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Juli 2010 (15.07.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/079196 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/050102

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Januar 2010 (07.01.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 000 075.5
8. Januar 2009 (08.01.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach
30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FINKE, Thomas** [DE/
DE]; Im Weilig 9, 76275 Ettlingen (DE). **FINKE, Ulrich**
[DE/DE]; Althütte 3, 79859 Schluchsee-Blasiwald (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR OBTAINING DINITROGEN OXIDE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR GEWINNUNG VON DISTICKSTOFFOXID

(57) Abstract: The invention relates to a method for obtaining dinitrogen monoxide by reducing nitrates and/or nitrites from substances containing nitrate and/or nitrite in stages, wherein the reduction reaction is terminated or restricted after the stage in which the dinitrogen monoxide is formed and dinitrogen monoxide produced in the reduction reaction is separated, caught, and/or collected.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid durch stufenweise Reduktion von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen, wobei die Reduktionsreaktion nach der Stufe abgebrochen oder eingeschränkt wird, in der das Distickstoffmonoxid gebildet wird und bei der Reduktionsreaktion entstehendes Distickstoffmonoxid abgetrennt, aufgefangen und/oder gesammelt wird.



WO 2010/079196 A2

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffoxid

10 Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffoxid durch stufenweise Reduktion von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen.

15

Nitrat und/oder Nitrit enthaltende Substanzen sind zum Beispiel Haushaltsabwässer, wie sie in Kläranlagen gereinigt werden. In den Kläranlagen werden hierzu üblicherweise Mikroorganismen eingesetzt, die in einer stufenweisen Reduktion zunächst Nitrate in Nitrite umwandeln. In einer weiteren Reaktion werden die Nitrite zu Stickstoffmonoxid umgesetzt. Das Stickstoffmonoxid reagiert weiter zu Distickstoffmonoxid und dieses wird durch den Einsatz geeigneter Reduktasen weiter zu Stickstoff reduziert. Dieser Vorgang wird im Allgemeinen auch als Denitrifikation bezeichnet.

20

25

Die Herstellung von Distickstoffmonoxid, das auch als Lachgas bezeichnet wird und das zum Beispiel als Oxidationsmittel für Verbrennungen, beispielsweise in Raketenantrieben oder als Narkosemittel eingesetzt wird, erfolgt derzeit im Allgemeinen durch katalytische Oxidation von Ammoniak oder thermische Zersetzung von Ammoniumnitrat. Die Herstellung ist im Allgemeinen energetisch und

30

Offenbarung der Erfindung

35

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid durch stufenweise Reduktion von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen wird die Reduktionsreaktion nach der Stufe ab-

gebrochen oder eingeschränkt, in der das Distickstoffmonoxid gebildet wird. Bei der Reduktionsreaktion entstehendes Distickstoffmonoxid wird abgetrennt, aufgefangen und/oder gesammelt.

5 Nitrat und/oder Nitrit enthaltende Substanzen im Sinne der vorliegenden Erfindung sind alle Substanzen, bei denen in der Aufarbeitung Nitrate und/oder Nitrite abgebaut werden. Dies sind zum Beispiel Abwässer oder auch in der Landwirtschaft anfallende Flüssigkeiten oder Schlämme, beispielsweise Gülle, oder auch Abfälle, insbesondere Abfälle bzw. Stoffe, die beispielsweise bei der Biogasgewinnung anfallen.

Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass die Herstellung von Distickstoffmonoxid mit der Aufarbeitung von Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen gekoppelt wird. Da Distickstoffmonoxid als Zwischenprodukt bei der Aufbereitung von Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen anfällt, kann auf diese Weise ein günstiges Verfahren zur günstigen Gewinnung von Distickstoffmonoxid realisiert werden, indem die Reduktionsstufe, in der das Distickstoffmonoxid zu Stickstoff reduziert wird, vollständig oder teilweise unterdrückt wird.

20 Erfindungsgemäß ist die stufenweise Reduktion von Nitraten und/oder Nitriten ein biologischer Abbau von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen, wobei Nitrat zunächst zu Nitrit reduziert wird, dieses weiter zu Stickstoffmonoxid reduziert wird und das Stickstoffmonoxid zu Distickstoffmonoxid. Bei derzeit eingesetzten Verfahren wird das Distickstoffmonoxid weiter zu Stickstoff reduziert. Diese Reduktion von Nitraten zu Stickstoff wird auch als Denitrifikation bezeichnet.

Zum biologischen Abbau von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen werden geeignete Mikroorganismen eingesetzt. Diese werden im Allgemeinen auch als Denitrifizierer bezeichnet. Als Denitrifizierer eignen sich sowohl heterotrophe als auch autotrophe Bakterien, Pilze, Parasiten oder Phagen. Im Allgemeinen ist die Fähigkeit zur Denitrifikation innerhalb der Prokaryoten weit verbreitet. Geeignete autotrophe Bakterien sind zum Beispiel *Paracoccus denitrificans* oder *Thiobacillus denitrificans*. Als heterotrophe Bakterien werden zum Beispiel *Pseudomonas stutzeri* eingesetzt.

Die einzelnen Schritte der Reduktion des Nitrats und/oder Nitrits zu Distickstoffmonoxid werden durch geeignete Metalloenzyme katalysiert. Die eingesetzten Metalloenzyme sind Nitratreduktase zur Umsetzung von Nitrat zu Nitrit, Nitritreduktase zur Umsetzung des Nitrits in Stickstoffmonoxid und Stickstoffmonoxid-Reduktase zur Umsetzung des Stickstoffmonoxids in Distickstoffmonoxid. Bei herkömmlichen Verfahren zur Reinigung von Abwässern erfolgt die Reaktion von Distickstoffmonoxid zu Stickstoff unter Beteiligung von Distickstoffmonoxid-Reduktase.

Für das erfindungsgemäße Verfahren wird die Reduktion des Distickstoffmonoxids zu Stickstoff vollständig oder teilweise unterdrückt. Hierdurch wird es möglich, große Mengen an Distickstoffmonoxid zu gewinnen.

Durch die Gewinnung von Distickstoffmonoxid lässt sich so auf praktikable Art die chemische Energie von stickstoffhaltigen Abwässern nutzen. Bisher beschränkt sich die energietechnische Nutzung von Abwasser auf die Gewinnung von Biogas bzw. von Wasserstoff auf Basis der organischen Kohlenstoffverbindungen, die im Abwasser enthalten sind. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid eröffnet einen neuen Weg der energietechnischen Nutzung des Abwassers auf Basis der stickstoffhaltigen Komponenten, die im Abwasser enthalten sind.

Zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid ist es bevorzugt, dieses aus der flüssigen und/oder gasförmigen Phase abzutrennen. Durch die Abtrennung kann im Wesentlichen reines Distickstoffmonoxid gewonnen werden. Die Reinheit des Distickstoffmonoxids ist dabei abhängig von der Art der Aufbereitung und Abtrennung. Als gasförmige Phase bzw. als Abgas in diesem Zusammenhang werden alle gasförmigen Produkte bezeichnet, die bei der Gewinnung des Distickstoffmonoxids durch stufenweise Reduktion anfallen. Wenn das Distickstoffmonoxid bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen entsteht, so sind neben dem Distickstoffmonoxid zum Beispiel auch gegebenenfalls gasförmige Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Bestandteile der Umgebungsluft enthalten. Auch weitere gasförmige Abbauprodukte aus der Abwasserreinigung können im Abgas enthalten sein. Der gasförmigen Phase kann weiterhin das Abgas aus anderen Schritten der Abwasserreinigung, beispielsweise das Abgas der Nitrifikation, zugeführt werden.

In einer Ausführungsform wird das Distickstoffmonoxid zum Beispiel durch eine für Distickstoffmonoxid selektive Gasmembran aus dem Abgas abgetrennt. Solche für Distickstoffmonoxid selektive Gasmembranen sind dem Fachmann bekannt. Alternativ ist es auch möglich, eine für Distickstoffmonoxid undurchlässige Gasmembran einzusetzen, die andere Bestandteile des Distickstoffmonoxid enthaltenden Gases durchlässt, und auf diese Weise das Distickstoffmonoxid im Retentatstrom aufzukonzentrieren.

Weiterhin ist es jedoch zum Beispiel auch möglich, dass das Distickstoffmonoxid des Abgases zum Beispiel durch eine Druckerhöhung oder eine Temperaturabsenkung verflüssigt wird. Das verflüssigte Distickstoffmonoxid kondensiert aus und kann gesammelt werden.

Auch andere, dem Fachmann bekannte Gasaufreinigungsverfahren können zur Abtrennung des Distickstoffmonoxids aus dem Abgas eingesetzt werden. Solche Verfahren sind zum Beispiel Stripp-, Membran-, Kondensations-, Adsorptions-, Destillations- oder Rektifikationsprozesse und/oder weitere bekannte Verfahren zur Abtrennung und Aufreinigung von Gasen. So eignen sich zum Beispiel die Abtrennung des Distickstoffmonoxids durch geeignete Molekularsiebe, durch Einleitung und Lösung des Distickstoffmonoxid enthaltenden Gases in flüssige oder feste Medien zur Aufkonzentrierung oder selektive Adsorptionsprozesse. Als flüssige oder feste Medien, durch die das Distickstoffmonoxid enthaltende Gas geleitet wird, eignen sich zum Beispiel Eisensulfatlösung und in Schwefelsäure emulgiertes Eisensulfat sowie P_2O_5 .

Zur weiteren Aufreinigung können dann eine Rektifikation, Destillation oder Extraktion angeschlossen werden.

Es ist jedoch auch möglich, das Distickstoffmonoxid – in Abhängigkeit von der weiteren Verwendung – in nicht aufgereinigter Form zu verwenden.

Um das Distickstoffmonoxid aus der flüssigen Phase abzutrennen, beispielsweise um das Distickstoffmonoxid als Abgas abzuziehen, lässt sich beispielsweise eine Gasabsaugung einsetzen. Hierzu ist es zum Beispiel möglich, eine Abdeckung aufzubringen und eine Absaugung durch Unterdruck durchzuführen. Hier-

durch lässt sich zum Beispiel auch das in der flüssigen Phase gelöste Distickstoffmonoxid in die Gasphase überführen.

5 Neben dem Anlegen eines Unterdrucks kann das in der flüssigen Phase gelöste Distickstoffmonoxid zum Beispiel auch durch Druckvariation abgetrennt werden.

10 Auch ist es möglich, in der Flüssigphase gelöstes Distickstoffmonoxid zum Beispiel durch Aussalzen, Strippen oder Austreiben mit einem Gas, beispielsweise mit Luft oder Dampf oder auch mit davon verschiedenen Medien, die dem Fachmann bekannt sind, zu entfernen.

15 Alternativ ist es auch möglich, zum Beispiel durch Einbringen thermischer Energie das Distickstoffmonoxid in die Gasphase zu überführen. Durch das Einbringen thermischer Energie wird die Löslichkeit des Distickstoffmonoxids in der Flüssigkeit gesenkt. Zudem verdampft ein Teil der Flüssigkeit. Das Einbringen der thermischen Energie kann dabei durch jedes beliebige, dem Fachmann bekannte Verfahren erfolgen. Üblicherweise wird die thermische Energie durch Beheizen mit einem geeigneten Wärmetauscher oder einer elektrischen Heizung durchgeführt. Wenn ein Wärmetauscher eingesetzt wird, so ist es einerseits möglich, beispielsweise einen Behälter mit einem Doppelmantel einzusetzen, wobei der Doppelmantel beheizt wird. Alternativ kann jedoch auch ein beliebiges Wärmetauscherelement in einem Behälter vorgesehen sein, in dem die das Distickstoffmonoxid enthaltende Flüssigkeit enthalten ist. Derartige Wärmetauscherelemente sind zum Beispiel Wärmetauscherplatten oder Rohre, die von einem Wärmeträger durchströmt werden. Üblicherweise eingesetzte Wärmeträger sind zum Beispiel Wärmeträgeröle, Wasser oder Dampf.

25 Nach dem Abtrennen des Distickstoffmonoxids aus der Flüssigphase kann dann eine weitere Aufreinigung zum Beispiel durch Verwendung einer für Distickstoffmonoxid selektiven Gasmembran oder durch Verflüssigung des Distickstoffmonoxids, wie zuvor beschrieben, erfolgen.

35 Die nach der Entfernung des Distickstoffmonoxids verbleibende wässrige Phase, in der gegebenenfalls noch Anteile an Distickstoffmonoxid verblieben sind, kann anschließend einem nachgeschalteten unmodifizierten vollständigen Denitrifikationsprozess zugeführt werden.

Um eine verbesserte Ausbeute an Distickstoffmonoxid zu erzielen, ist es weiterhin möglich, zum Beispiel vor der Abtrennung des Distickstoffmonoxids aus der flüssigen Phase eine Aufkonzentrierung durch Extraktion durchzuführen.

Um die Reduktionsreaktion des Distickstoffmonoxids zu Stickstoff zu verhindern beziehungsweise einzuschränken, werden vor und/oder während der Denitrifikation Kupferionen des für die Reduktion des Distickstoffmonoxids verwendeten Metalloenzym reduziert, entfernt oder komplexiert. Alternativ kann im Sinne der Erfindung auch vor oder während der Denitrifikation eine Kupferabtrennung mittels selektiver Ionentauscher erfolgen. Weiterhin kann vor und/oder während der Denitrifikation eine vollständige oder teilweise Inhibierung der Distickstoffmonoxid-Reduktase durch geeignete irreversible und/oder reversible beziehungsweise nicht-kompetitive und/oder kompetitive Inhibitoren und/oder durch Substrat- beziehungsweise Produkthemmung erfolgen. Auf diese Weise lässt sich auch bei derzeit eingesetzten Verfahren zur Reinigung von Abwässern auf einfache Weise das erfindungsgemäße Verfahren vor und/oder während der Denitrifikation zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid einsetzen.

Die Entfernung und/oder Komplexierung der Kupferionen kann vor und/oder während der Denitrifikation zum Beispiel durch den Einsatz von Komplexbildnern, durch Reduktion mittels geeigneter Metalle beziehungsweise Metallionen sowie mittels aller Redoxsysteme, die Kupferionen der vorliegenden Konzentration vollständig oder teilweise reduzieren können, durch selektive Ionenaustauscher oder durch elektrochemische Reduktion, zum Beispiel durch Elektrolyse, erfolgen.

Als Komplexbildner der Kupferionen eignen sich zum Beispiel chelatbildende Stoffe, beispielsweise Tetraacetylenylendiamin (TAED). Jedoch eignen sich zum Beispiel auch sulfonamidsubstituierte Thionoliganden, 1-(-Chlor-3-indazolylazo)-2-hydroxynaphthalin-3,6-disulfonsäureanaloge Liganden oder Chlorophyll-basierte Liganden als Komplexbildner zur Entfernung der Kupferionen.

Geeignete Metalle, die zur Reduktion der Kupferionen beispielsweise durch Sedimentation eingesetzt werden können, sind zum Beispiel Eisen, Zinn und Zink. Geeignete Metallionen sind zum Beispiel Sn^{2+} -Ionen. Geeignete weitere Redoxsysteme zur Reduktion von Kupferionen sind zum Beispiel Nitrat- und/oder Nitrit-

Ionen in geeigneten Konzentrationsverhältnissen. Besonders bevorzugt ist Eisen.

5 Um die Kupferionen durch den Einsatz selektiver Ionenaustauscher zu entfernen, werden dem Fachmann bekannte, für Kupferionen selektive Ionenaustauscher eingesetzt. Geeignete Ionenaustauscher sind zum Beispiel solche, die Metall-
10 Ionen, beispielsweise Calcium-, Magnesium- oder Natrium-Ionen als Austausch-
ionen enthalten, sowie weiterhin auch chelatbildende und adsorptive Ionenaustauscher. Geeignete Ionenaustauscher sind zum Beispiel modifizierte sulfonierte
15 Polystyrolionenaustauscher, unterschiedlich substituierte Iminodiessigsäure-
ionenaustauscher sowie weitere polymer- und/oder silikatbasierte Ionenaustauscher.

15 Ionenaustauscher können im Sinne der vorliegenden Erfindung auch als Immobilisatoren der Mikroorganismen eingesetzt werden. Dabei werden die Mikroorganismen durch die Komplexierung der Kupferionen immobilisiert. Durch die Kupferkomplexierung wird eine inhibierende Wirkung auf die Distickstoffmonoxid-Reduktase erreicht.

20 Für das Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid geeignete irreversible und/oder reversible beziehungsweise nicht-kompetitive und/oder kompetitive Inhibitoren sind zum Beispiel Substanzen, die das aktive Zentrum der Distickstoffmonoxid-Reduktase deaktivieren beziehungsweise an Stelle von Distickstoffmonoxid an diesem Zentrum binden. In diesem Zusammenhang geeignete Stoffe
25 sind Substanzen, die zum Beispiel eine Strukturähnlichkeit mit Distickstoffmonoxid aufweisen, zum Beispiel N_2O -enthaltende Metallkomplexe.

30 Die Komplexbildner, beziehungsweise die zur Sedimentation eingesetzten Metalle, Metallionen, weiteren Redoxsysteme und Ionen oder Ionenaustauscher sowie geeignete irreversible und/oder reversible beziehungsweise nicht-kompetitive und/oder kompetitive Inhibitoren können zum Beispiel vor und/oder während der Denitrifikation in flüssiger, fester oder gasförmiger Form, Granulat- und/oder
35 Blechform der flüssigen Phase beigelegt werden.

Alternativ ist es jedoch zum Beispiel möglich, insbesondere bei Einsatz eines Ionenaustauschers zur Entfernung der Kupferionen, das Abwasser durch eine ge-

eignete Kolonne zu leiten, die den Ionenaustauscher enthält. Der Ionenaustauscher kann in diesem Fall als strukturierte oder ungeordnete Packung vorliegen. So ist es zum Beispiel möglich, dass der Ionenaustauscher in Form eines Gewebes oder Gestricks oder auch als Füllkörper in der Kolonne enthalten ist. Auch ist es möglich, in die Kolonne ein Ionentauschergranulat einzufüllen. Vorteil der Verwendung einer Kolonne ist, dass auf einfache Weise eine Regeneration des Ionentauschers möglich ist, zum Beispiel durch Austausch oder durch Umschalten auf eine zweite Kolonne, die ebenfalls einen Ionentauscher enthält. Der Ionentauscher in der nicht verwendeten Kolonne kann dann regeneriert werden.

Neben der Gewinnung des Distickstoffmonoxids aus der Reinigung von Abwässern ist es alternativ auch möglich, das Distickstoffmonoxid durch biologischen Abbau von Nitrat und/oder Nitrit aus beliebigen anderen Prozessen zu erhalten. So ist es zum Beispiel auch möglich, das Distickstoffmonoxid aus Nitrat und/oder Nitrite enthaltenden Flüssigkeiten zu gewinnen, die beispielsweise bei der Biogas-Gewinnung anfallen. Des Weiteren ist es auch möglich, neben Haushaltsabwässern Haushaltsabfälle, Abwässer, Abfälle sowie Abfallstoffe, die in der Industrie und in der Landwirtschaft anfallen, insbesondere Getreide und/oder Grasnchnittgut, zur Distickstoffmonoxid-Gewinnung zu nutzen. So lässt sich das Distickstoffmonoxid zum Beispiel auch aus Gülle oder Kompost gewinnen.

Die Abtrennung des Distickstoffmonoxids aus dem Biogas kann dabei nach den oben beschriebenen Verfahren erfolgen.

Das durch das erfindungsgemäße Verfahren gewonnene Distickstoffmonoxid kann zum Beispiel einer Oxidationsreaktion als Sauerstoffträger zugeführt werden. Durch die Verwendung von Distickstoffmonoxid als Sauerstoffträger lässt sich die Energieeffizienz von Verbrennungsprozessen deutlich gegenüber Sauerstoff als eingesetztem Sauerstoffträger verbessern.

So kann das Distickstoffmonoxid beispielsweise zur Verbrennung von Kohle, Erdgas und Kraftstoffen in Verbrennungskraftmaschinen oder in Brennstoffzellen genutzt werden. Wie zuvor bereits beschrieben, lässt sich durch die Verwendung des Distickstoffmonoxids die Energieeffizienz der Verbrennungskraftmaschine oder der Brennstoffzelle deutlich verbessern. Dadurch werden auch die energie-spezifischen Kohlendioxid-Emissionen deutlich reduziert.

Weitere geeignete Anwendungen des Distickstoffmonoxids sind auch die Verwendung als Brennstoff und/oder Oxidationsmittel in einer Verbrennungsanlage oder auch der Einsatz als Edukt einer Umsetzungsreaktion bzw. weiterführenden Synthese.

5 Ansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Distickstoffmonoxid durch stufenweise Reduktion von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen, wobei die Reduktionsreaktion nach der Stufe abgebrochen oder eingeschränkt wird, in der das Distickstoffmonoxid gebildet wird und bei der Reduktionsreaktion entstehendes Distickstoffmonoxid abtrennt, aufzufangen und/oder gesammelt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die stufenweise Reduktion von Nitraten und/oder Nitriten ein biologischer Abbau von Nitraten und/oder Nitriten aus Nitrat und/oder Nitrit enthaltenden Substanzen ist, wobei Nitrat zunächst zu Nitrit reduziert wird, dieses weiter zu Stickstoffmonoxid reduziert wird und das Stickstoffmonoxid zu Distickstoffmonoxid.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur stufenweisen Reduktion der Nitrate und/oder Nitrite und/oder Stickoxide jeweils geeignete Reduktasen eingesetzt werden.
4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Distickstoffmonoxid aus der flüssigen Phase und/oder dem Abgas abgetrennt wird.
5. Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Distickstoffmonoxid durch selektive Membranprozesse aus dem Abgas abgetrennt beziehungsweise aufgereinigt wird.
6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass vor und/oder während der Denitrifikation Kupferionen reduziert, komplexiert, abgetrennt oder ausgetauscht werden.

- 5 7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität der Distickstoffmonoxid-Reduktase durch geeignete irreversible und/oder reversible beziehungsweise nicht-kompetitive und/oder kompetitive Inhibitoren und/oder Substrat- beziehungsweise Produkthemung eingeschränkt oder ausgesetzt wird.
- 10 8. Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupferionen durch Komplexbildner, durch Reduktion mittels geeigneter Metalle beziehungsweise Metallionen und weiterer Redoxsysteme sowie geeigneter Ionen, durch Verwendung selektiver Ionenaustauscher und/oder durch elektrochemische Reaktion komplexiert, reduziert und/oder entfernt werden.
- 15 9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nitrat und/oder Nitrit enthaltende Substanz Haushaltsabwasser, Haushaltsabfälle und/oder Abwasser, Abfälle und/oder Abfallstoffe, die in der Industrie und/oder Landwirtschaft anfallen, enthält.
- 20 10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Nitrat und/oder Nitrit enthaltende Substanz bei der Herstellung von Biogas anfällt.
- 25 11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Distickstoffmonoxid einer Oxidationsreaktion als Sauerstoffträger zugeführt wird.
- 30 12. Verfahren gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Oxidationsreaktion eine Verbrennung von Kohle, Erdgas oder Kraftstoff in einer Verbrennungskraftmaschine oder eine Oxidationsreaktion in einer Brennstoffzelle ist.
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Distickstoffmonoxid als Brennstoff und/oder Oxidationsmittel einer Verbrennungsanlage zugeführt wird.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Distickstoffmonoxid als Edukt einer Umsetzungsreaktion beziehungsweise weiterführenden Synthese zugeführt wird.