

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

0 170 796
A2

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: **85105864.4**

51

Int. Cl.: **G 21 F 9/12**

22

Anmeldetag: **13.05.85**

30

Priorität: **04.08.84 DE 3428877**

71

Anmelder: **Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH,
Weberstrasse 5, D-7500 Karlsruhe 1 (DE)**

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung: **12.02.86**
Patentblatt 86/7

72

Erfinder: **Sameh, Abdel Hadi Ali, Dr., Zellmarkstrasse 7,
D-7505 Ettlingen (DE)**
Erfinder: **Haag, Jürgen,
August-Heinrich-Franke-Strasse 11,
D-6520 Worms 23 (DE)**

84

Benannte Vertragsstaaten: **BE FR GB NL**

64

Verfahren zur Trennung von grossen Mengen Uran von geringen Mengen von radioaktiven Spaltprodukten, die in wässrigen, basischen, karbonathaltigen Lösungen vorliegen.

67

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trennung von großen Mengen Uran von geringen Mengen von radioaktiven Spaltprodukten, die in wässrigen basischen, karbonathaltigen Lösungen vorliegen, unter Verwendung eines organischen, basischen Anionenaustauschers. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sollen in einer wässrigen, basischen karbonathaltigen Lösung vorliegende Uran-Werte einerseits von Spaltprodukten aus der Gruppe Ruthenium, Zirkonium, Niob und Lanthanoiden andererseits, voneinander mit verhältnismäßig hohem Dekontaminationsgrad getrennt werden können. Dies wird dadurch erreicht, daß

a) die wässrige Lösung auf ein Verhältnis der Uranylionen-Konzentration zu Karbonationen- bzw. $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^-$ -Konzentration von $1(\text{UO}_2^{++})$ zu $4,5(\text{CO}_3^{--}$ bzw. $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^-)$ oder darüber bei einer maximalen U-Konzentration von nicht mehr als 60 g/l eingestellt wird,

b) die eingestellte Lösung zur Adsorption der Spaltproduktionen bzw. der Spaltprodukte enthaltenden Ionen über einen basischen Anionenaustauscher aus einer mit zu einem überwiegenden Teil tertiären und zu einem geringen Teil quarternären Aminogruppen versehenen Polyalken-Matrix geleitet wird und der nicht adsorbierte Uranyl-karbonato-Komplex durch Abtrennen der uranhaltigen, verbleibenden Lösung vom Ionenaustauscher weitgehend spaltproduktfrei wiedergewonnen bzw. dekontaminiert wird und

c) der mit Spaltprodukten beladene Ionenaustauscher zur Spaltproduktgewinnung oder zur Abfall-Verfestigung geführt wird.

EP 0 170 796 A2

- 1 -

Verfahren zur Trennung von großen Mengen Uran von geringen Mengen von radioaktiven Spaltprodukten, die in wäßrigen basischen, karbonathaltigen Lösungen vorliegen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trennung von großen Mengen Uran von geringen Mengen von radioaktiven Spaltprodukten, die in wäßrigen basischen, karbonathaltigen Lösungen vorliegen, unter Verwendung eines organischen, basischen Anionenaustauschers.
- 10 Bisher wurden Kernreaktorbrennelemente zur Rezyklierung bestrahlter Kernbrennstoffe aus Verbindungen bzw. Legierungen von hochangereichertem Uran in Salpetersäure gelöst und das Uran durch Flüssig/Flüssig-Extraktion, wie z.B. im Purex-Prozeß oder bei der Aminextraktion oder bei säulenchromatographischen Trennoperationen, abgetrennt und in salpetersaurem Medium aufgearbeitet.
- 20 Die salpetersaure Rezyklierung von Kernbrennstoffen, vor allem der Purex-Prozeß, ist eine längst bekannte und bewährte Verfahrensweise; sie ist jedoch bei der Aufarbeitung kurz abgekühlter Targets (Kühlungsdauer beispielsweise 1 - 30 Tage) äußerst problematisch. Die
- 25 Nachteile sind folgende:
- Die Anwesenheit der kürzer lebigen Spaltprodukte, vor allem Jod-131 und Xenon-133, macht den Einsatz von Rückhalte- bzw. Verzögerungsstrecken zwingend
- 30 notwendig. Durch die Verwendung von Salpetersäure
- andere Säuren scheiden aufgrund ihrer Korrosivität

aus - und der damit verbundenen Möglichkeit einer NO_2 -Entwicklung darf das wirksamste und zugleich wirtschaftlichste Filtermaterial Aktivkohle nicht eingesetzt werden, da sonst im Falle einer NO_2 -Freisetzung akute Brandgefahr in den Abgasstrecken bestünde.

- Sämtliche Flüssig/Flüssig-Extraktionsprozesse sind für hochgradig mit J-131 und Xe-133 befrachteten Systeme (wie in diesem Fall) außerordentlich schwer beherrschbar, da neben der Xe-133-Emissionsgefahr die weitere, erheblich folgenschwerere Möglichkeit der HJ- und Jod-Emission aus dem sauren System besteht.

Ein weiterer Nachteil der Flüssig/Flüssig-Extraktion ist der notwendige erhöhte Aufwand, um die Brandgefahr zu vermeiden, verursacht durch den Extraktionsmittelverdünner. Der Einsatz von nicht brennbaren Verdünnern, wie Tetrachlorkohlenstoff, ist in diesem extrem hochaktiven System aufgrund der ausgeprägten Strahlenempfindlichkeit und der erhöhten Korrosionsgefahr durch die freiwerdende Salzsäure nicht empfehlenswert.

- Sämtliche bisher bekannten leistungsfähigen extraktionschromatografischen Verfahren erfolgen in sauren Systemen und beinhalten neben dem bereits angeführten Nachteil der HJ- bzw. J_2 -Freisetzung einen weiteren großen Nachteil und zwar die Fixierung des Urans, dem Hauptanteil im Prozeßstrom, bei verminderter Rückhaltung der Spaltprodukte. Der Nachteil dieser Vorgehensweise liegt auf der Hand: Hier müssen zur

Kernbrennstoffrückhaltung unvergleichbar größere
Kolonnenvolumina bereitgestellt werden.

Aufarbeitung von durch Spaltprodukte extrem verunrei-
5 nigtes Urandioxid bzw. Alkalidiuranatrückständen hoher
U-235-Anreicherung, wie sie nach dem alkalischen Auf-
schluß von Material-Test-Reaktor-Brennelementen an-
fallen: Die Elemente bestehen überwiegend aus mit
Aluminium umhüllter Uran/Aluminiumlegierung der unge-
10 fähren Zusammensetzung UAl_3 ; wegen des schwankenden
Al-Gehaltes in der Verbindung wird meistens die Be-
zeichnung UAl_x verwendet. Dieser Brennelementtyp wird
häufig als Ausgangstarget zur Produktion von Spalt-
produkt nukliden für die Nuklearmedizin und -technik
15 eingesetzt; dazu werden meist kleinere Elemente bei
thermischen Neutronenflüssen von ca. $1 \times 10^{14} \frac{n}{sec \cdot cm^2}$
5 bis 10 Tage bestrahlt. Um die Zerfallsverluste des
gewünschten Nuklids zu minimieren, werden die Targets
nach einer Mindestabkühlzeit von ca. 12 Stunden zu der
20 Aufarbeitungsanlage transportiert. Als erster chemi-
scher Schritt dient in der Regel ein alkalischer Auf-
schluß des Targets mit 3 - 6 molarer Natronlauge bzw.
Kalilauge; dabei gehen der Hauptbestandteil der Platte,
das Aluminium, und die in diesem Medium löslichen Spalt-
25 produkte, wie die Alkali- und Erdalkalikationen sowie
Antimon, Jod, Tellur, Zinn und Molybdän in Lösung, wäh-
rend die flüchtigen Spaltprodukte, vor allem das Xenon,
zusammen mit dem aus der Al-Auflösung gebildeten
Wasserstoff, den Auflöser am oberen Ende des Rückfluß-
30 kühlens verlassen. Der Wasserstoff kann über CuO zu
Wasser oxidiert werden, während das Xenon vorzugsweise
bei Normaltemperatur auf Aktivkohleverzögerungsstrecken
zurückgehalten wird. Als unlöslicher Rückstand verblei-

ben das nicht abgebrannte Uran, in der Regel ca. 99 %
der anfänglich bestrahlten Menge, als UO_2 bzw. Alkali-
diuranat gemeinsam mit den unlöslichen Spaltprodukt-
spezies, vor allem Ruthenium, Zirkonium, Niob und die
5 Lanthanoide in Form ihrer Oxide.

Dieser Rückstand wird in an sich bekannter Weise unter
Einwirkung von Luft oder eines Oxidationsmittels, wie
z.B. H_2O_2 oder Hypochlorit, mit einer wäßrigen, Karbo-
10 nat- und Hydrogenkarbonationen enthaltenden Lösung von
pH 5 bis pH 11 behandelt. Die Konzentration der Karbo-
nationen kann in dieser Lösung maximal 2,5 M/l, die
der Hydrogenkarbonationen maximal ca. 1,0 M/l betragen.
Während dieser Behandlung gehen die Oxide des Urans
15 und der genannten Spaltprodukt-Spezies als Karbonato-
Komplexe in Lösung.

Aus wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Aspek-
ten muß dieser kurz gekühlte, extrem kontaminierte
20 Kernbrennstoff rezykliert, erneut targetiert und dann
ausgelagert werden. Der übliche Weg mit der salpeter-
sauren Auflösung scheidet jedoch für eine im techni-
schen Maßstab durchführbare Aufarbeitung kurz abgekühl-
ter Brennelemente, wie bereits ausgeführt, aus, wegen
25 der auch nach dem Aufschluß erhöhten Jod-131-Kontami-
nation sowie der bekannten Brandgefahr der Aktivkohle in
Gegenwart von Stickoxiden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren
30 zu schaffen, mit welchem in einer wäßrigen, basischen,
karbonathaltigen Lösung vorliegende Uran-Werte einer-
seits von Spaltprodukten aus der Gruppe Ruthenium,

Zirkonium, Niob und Lanthanoiden andererseits, voneinander mit verhältnismäßig hohem Dekontaminationsgrad getrennt werden können. Insbesondere sollen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Uran oder die Spaltprodukte Ruthenium, Zirkonium, Niob und Lanthanoiden nach dem alkalischen Aufschluß eines Brennelementes eines Material-Test-Reaktors (MTR) weitgehend dekontaminiert erhalten werden können. Das Verfahren soll betriebssicher und abfallarm durchführbar sein und auf nur wenige Tage abgekühlte urandioxid- und alkalidioranathaltige Rückstände anwendbar sein.

Die Aufgabe wird in einfacher Weise erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß

15

- a) die wäßrige Lösung auf ein Verhältnis der Uranylionen-Konzentration zu Karbonationen- bzw. CO_3^{--} / HCO_3^- -Konzentration von $1(\text{UO}_2^{++})$ zu $4,5(\text{CO}_3^{--}$ bzw. $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^-)$ oder darüber bei einer maximalen U-Konzentration von nicht mehr als 60 g/l eingestellt wird,
- b) die eingestellte Lösung zur Adsorption der Spaltproduktionen bzw. der Spaltprodukte enthaltenden Ionen über einen basischen Anionenaustauscher aus einer mit zu einem überwiegenden Teil tertiären und zu einem geringen Teil quarternären Aminogruppen versehenen Polyalken-Matrix geleitet wird und der nicht adsorbierte Uranyl-karbonato-Komplex durch Abtrennen der uranhaltigen, verbleibenden Lösung vom Ionenaustauscher weitgehend spaltproduktfrei wiedergewonnen bzw. dekontaminiert wird und

25

30

c) der mit Spaltprodukten⁻⁶⁻ beladene Ionenaustauscher zur Spaltproduktgewinnung oder zur Abfall-Verfestigung geführt wird.

- 5 In einer besonderen Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die wäßrige Lösung auf ein Verhältnis der Uranylionen-Konzentration zu Karbonationen/Hydrogenkarbonationen-Konzentration von 1 : 5 bis 1 : 8 eingestellt. Vorteilhafterweise wird die wäßrige Lösung
 10 bei einer Uran-Konzentration von 60 g/l auf ein Verhältnis UO_2^{++} -Konzentration zu CO_3^{--} / HCO_3^- -Konzentration von 1 : 5 eingestellt.

Als basischer Anionenaustauscher wird ein solcher aus
 15 Polyalken-epoxypolyamin mit tertiären und quarternären Aminogruppen des chemischen Aufbaus $\text{R-N}^+(\text{CH}_3)_2\text{Cl}^-$ und $\text{R-N}^+(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})\text{Cl}^-$, wobei R das Molekül ohne Aminogruppen bedeutet, verwendet.

- 20 Vorteilhafterweise weist die wäßrige Lösung eine Hydrogenkarbonationen-Konzentration zwischen 0 und 1 Mol/l auf. Die CO_3^{--} -Konzentration in der wäßrigen Lösung beträgt maximal 2,5 M/l und der pH-Wert der wäßrigen Lösung liegt im Bereich von pH 7 bis pH 11.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch in Abwesenheit von HCO_3^- -Ionen durchführbar, doch sind die Verfahrensbedingungen leichter einstellbar, wenn in der wäßrigen Lösung HCO_3^- -Ionen vorhanden sind.

30

Der Einsatzbereich des Verfahrens umspannt einen großen Konzentrationsschwankungsbereich des zu dekontaminierenden Urans. Ist die Urankonzentration in der Lösung

gegenüber der Karbonatkonzentration sehr klein, so daß beispielsweise eine freie CO_3^{--} / HCO_3^- -Konzentration höher als 0,6 Mol/l vorliegt, so kann zur Optimierung der Spaltproduktrückhaltungen der zu große Karbonat-
5 überschuß entweder durch Zudosierung einer Mineralsäure, vorzugsweise HNO_3 , zerstört oder durch Zugabe von z.B. Ca(OH)_2 eine bestimmte Menge an Karbonationen weggefangen werden.

- 10 Im umgekehrten Fall jedoch, d.h. liegen höhere Urankonzentrationen vor, so muß durch Zugabe von ausreichenden Mengen an CO_3^{--} / HCO_3^- -Ionen der Uranverteilungskoeffizient so weit minimiert werden, daß die Spaltprodukt-Spezies nicht durch das Uran vom Ionen-
15 austauscher verdrängt werden. Die gewünschten Trennungen lassen sich noch bei Urankonzentrationen von ca. 60 g U/l durchführen. Die Begrenzung des Verfahrens zu höheren U-Konzentrationen hin ist durch die Uranlöslichkeit in Karbonat-Hydrogenkarbonat-Lösungen be-
20 gründet.

Zwar wurde ein Verfahren zur Abtrennung von Aktinoiden-
ionen aus wäßrigen, basischen, karbonathaltigen Lösungen aus der deutschen Offenlegungsschrift 31 44 974 bekannt,
25 bei welchem die Aktinoidenionen als Karbonato-Komplexe an basischen Ionenaustauschern adsorbiert und nach Abtrennen des beladenen Ionenaustauschers von der Ausgangslösung mit Hilfe einer wäßrigen Lösung wieder vom Ionenaustauscher desorbiert und weiterverarbeitet wer-
30 den, und bei welchem zur Adsorption der Aktinoidenionen ebenfalls ein basischer Anionenaustauscher aus einer

mit zu einem überwiegenden Teil tertiären und zu einem geringen Teil quarternären Aminogruppen versehenen Polyalken-Matrix verwendet wird, doch ist dieses Verfahren nur sinnvoll anwendbar auf wäßrige, karbonathaltige Abfall-Lösungen oder Waschlösungen etc. Für entsprechende Lösungen mit einem relativ hohen Gehalt an Uranyl-Ionen würde der apparative Aufwand zu groß werden und die genaue Einhaltung der Karbonationen-Konzentration im Bereich der Verhältnisse UO_2^{++} -Konzentration zu CO_3^{--} -Konzentration zwischen 1 : 3 und 1 : 4 nicht in jedem Falle problemlos sein. Außerdem wäre das Verfahren nach der DE-OS 31 44 974 für größere Uran-Konzentrationen in der Lösung zu umständlich, da die Uranylionen, im Gegensatz zum erfindungsgemäßen Verfahren, vom Anionenaustauscher adsorbiert werden, wobei die Spaltproduktionen mit der verbleibenden Lösung durch den Anionenaustauscher hindurch laufen, und das Uran vom Ionenaustauscher wieder eluiert werden muß. Dem gegenüber werden die Uranylionen im erfindungsgemäßen Verfahren an der gleichen Anionenaustauscherart nicht festgehalten, sondern nur die noch vorhandenen Spaltprodukt-Spezies.

Die wesentlichen Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen darin, daß die Dekontamination des Urans von den noch vorhandenen Spaltprodukten mit einer verhältnismäßig kleinen Menge des Anionenaustauschers, z.B. in einer verhältnismäßig kleinen Ionenaustauschersäule, durchgeführt werden kann, daß der mit den Spaltprodukten beladene Ionenaustauscher in dem Falle, daß nur die Uranwerte wiedergewonnen werden sollen, (mit oder ohne Säule) ohne Zwischenbehandlung direkt

zur Abfallbehandlung und -beseitigung gegeben werden kann und in dem Falle, daß die Spaltprodukt-Nuklide gewonnen werden sollen, zur Weiterverarbeitung der Spaltprodukt-Nuklide und Trennung voneinander geführt werden kann. Die Spaltprodukte können mit einer Alkali- oder Ammonium-Karbonatlösung höherer Molarität (ca. 1 bis 2 M/l) oder mit Salpetersäure aus der Ionenaustauschersäule eluiert werden. Durch ein- oder mehrmaliges Wiederholen des erfindungsgemäßen Verfahrens an weiteren kleinen Anionenaustauscherchargen erhält man einen hohen Reinheitsgrad des wiederzugewinnenden Urans.

Aufgrund der raschen Durchführbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens fällt für die Wiederaufarbeitung und Rückführung des Urans in den Kernbrennstoffkreislauf eine nachteilige Bildung von Degradationsprodukten (wie z.B. bei den Extraktionsverfahren eine solche des Extraktionsmittels oder des Verdünnungsmittels) weg. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine sehr sichere Prozeßführung aus. Beispielsweise muß der organische Anionenaustauscher in keiner Phase des Verfahrens mit korrosiven oder stark oxidierenden Medien in Kontakt gebracht werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet mit basischen Medien, die die höchstmögliche Sicherheit gegen Freisetzung flüchtiger Jodkomponenten bieten. Die im erfindungsgemäßen Verfahren verwendete Lösung, welche bis zu maximal 2,5 Mol/l Na_2CO_3 und bei geringerer CO_3^{--} -Konzentration bis zu ca. 1 Mol/l NaHCO_3 enthalten kann, ist chemisch denkbar einfach zu beherrschen und strahlenchemisch resistent. Korrosionsprobleme sind nicht vorhanden. Außerdem ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Aufwand an Chemikalien, Apparaturen und Arbeitszeit sehr niedrig.

Im folgenden wird die Erfindung anhand zweier beispielhafter Versuche näher erläutert.

In zwei dynamischen Kolonnendurchlaufexperimenten wurden bei verschiedenen Uran zu Karbonat-/Hydrogenkarbonat-Verhältnissen die Wirksamkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens untersucht.

Die durchschnittliche Spaltprodukt-Rückhaltung lag bei einem Kolonnendurchlauf unter den angegebenen Beladungsbedingungen bei $> 97 \%$ für Cer, Zirkonium und Niob; bei Ruthenium lag die Rückhaltung bei ca. 80% .

Nachfolgend sind die Ergebnisse im einzelnen angegeben:

15

Aufgabelösung

Volumen:	100 ml	
U-Gehalt:	1,19 g	
20 U: $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^-$:	1 : 7	bzw. 1 : 6
Na_2CO_3 :	3,24 g $\hat{=}$ 90 %	bzw. 2,78 g
NaHCO_3 :	0,28 g $\hat{=}$ 10 %	bzw. 0,24 g

Kolonne

25

Durchmesser:	15 mm
Höhe:	130 mm
Bettvolumen:	20 ml
30 Aufgabegeschwindigkeit:	$\sim 0,5 \text{ ml/cm}^2 \cdot \text{sec.}$
Nachwaschlsg.:	0,2 molare Na_2CO_3 -Lösung *)
Anzahl der Fraktionen:	4 x 20

35 *) anstelle einer Na_2CO_3 -Lösung kann auch eine entsprechende andere Alkali- oder Ammonium-Karbonatlösung eingesetzt werden.

Ionenaustauscher: - 11 -

- mäßig basischer Anionenaustauscher aus Polyalken-epoxy-
polyamin mit tertiären und quarternären Aminogruppen
5 mit der Handelsbezeichnung Bio-Rex 5 (der Firma Bio-
Rad Laboratories, USA).

Versuch 1 %-Anteile in den durchgelaufenen Lösungen

10		Uran	Cer	Ruthenium	Zirkonium	Niob
	100 ml D.L.	81,7	1,66	13,43	1,36	1,06
	20 ml W.1	14,8	0,32	4,06	0,26	0,19
	20 ml W.2	2,1	0,27	1,31	0,18	0,13
15	20 ml W.3	0,8	0,14	0,55	0,09	0,06
	20 ml W.4	0,4	0,10	0,29	0,07	0,05
Summe:		99,8	2,49	19,64	1,96	1,49

20 Versuch 2 %-Anteile in den durchgelaufenen Lösungen

	100 ml D.L.	80,5	1,84	13,51	1,38	1,31
	20 ml W.1	15,0	0,35	4,20	0,27	0,22
	20 ml W.2	2,6	0,25	1,20	0,24	0,16
25	20 ml W.3	1,0	0,15	0,43	0,08	0,06
	20 ml W.4	0,6	0,10	0,31	0,06	0,05
Summe:		99,7	2,69	19,65	2,03	1,80

D.L. = Durchlauf der Speiselösung (100 ml).

W. = Waschlösungen

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Trennung von großen Mengen Uran von
geringen Mengen von radioaktiven Spaltprodukten,
5 die in wäßrigen basischen, karbonathaltigen Lö-
sungen vorliegen, unter Verwendung eines organi-
schen, basischen Anionenaustauschers,
dadurch gekennzeichnet, daß
 - 10 a) die wäßrige Lösung auf ein Verhältnis der Uranyl-
ionen-Konzentration zu Karbonationen- bzw. CO_3^{--} /
 HCO_3^- -Konzentration von $1(\text{UO}_2^{++})$ zu $4,5(\text{CO}_3^{--}$
bzw. $\text{CO}_3^{--} / \text{HCO}_3^-)$ oder darüber bei einer maximalen
U-Konzentration von nicht mehr als 60 g/l einge-
15 stellt wird,
 - b) die eingestellte Lösung zur Adsorption der Spalt-
produktionen bzw. der Spaltprodukte enthalten-
den Ionen über einen basischen Anionenaustau-
20 scher aus einer mit zu einem überwiegenden Teil
tertiären und zu einem geringen Teil quater-
nären Aminogruppen versehenen Polyalken-Matrix
geleitet wird und der nicht adsorbierte Uranyl-
karbonato-Komplex durch Abtrennen der uranhalti-
25 gen, verbleibenden Lösung vom Ionenaustauscher
weitgehend spaltproduktfrei wiedergewonnen bzw.
dekontaminiert wird und
 - c) der mit Spaltprodukten beladene Ionenaustauscher
30 zur Spaltproduktgewinnung oder zur Abfall-Ver-
festigung geführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die wäßrige Lösung auf ein Verhältnis der Uranyl-
ionen-Konzentration zu Karbonationen/Hydrogenkarbo-
nationen -Konzentration von 1 : 5 bis 1 : 8 einge-
stellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die wäßrige Lösung bei einer U-Konzentration
von 60 g/l auf ein Verhältnis UO_2^{++} -Konzentration
zu $\text{CO}_3^{--}/\text{HCO}_3^-$ -Konzentration von 1 : 5 eingestellt
wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß als basischer Anionenaustauscher ein solcher
aus Polyalken-epoxypolyamin mit tertiären und
quarternären Aminogruppen des chemischen Aufbaus
 $\text{R-N}^+(\text{CH}_3)_2\text{Cl}^-$ und $\text{R-N}^+(\text{CH}_3)_2(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})\text{Cl}^-$, wobei R
das Molekül ohne Aminogruppen bedeutet, verwendet
wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die wäßrige Lösung eine Hydrogenkarbonationen-
Konzentration zwischen 0 und 1 Mol/l aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die CO_3^{--} -Konzentration in der wäßrigen Lösung
maximal 2,5 M/l beträgt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß der pH-Wert der wäßrigen Lösung im Bereich von
pH 7 bis pH 11 liegt.