



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

<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>A61L</b></p>	<p><b>A2</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/48851</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. November 1998 (05.11.98)</p>																		
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/02527  (22) Internationales Anmeldedatum: 29. April 1998 (29.04.98)  (30) Prioritätsdaten:  <table border="0"> <tr><td>197 18 342.5</td><td>30. April 1997 (30.04.97)</td><td>DE</td></tr> <tr><td>197 18 341.7</td><td>30. April 1997 (30.04.97)</td><td>DE</td></tr> <tr><td>197 18 340.9</td><td>30. April 1997 (30.04.97)</td><td>DE</td></tr> <tr><td>197 24 223.5</td><td>3. Juni 1997 (03.06.97)</td><td>DE</td></tr> <tr><td>197 24 229.4</td><td>3. Juni 1997 (03.06.97)</td><td>DE</td></tr> <tr><td>197 24 230.8</td><td>3. Juni 1997 (03.06.97)</td><td>DE</td></tr> </table>  (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SCHERING AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Müllerstrasse 178, D-13353 Berlin (DE).  (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DINKELBORG, Ludger [DE/DE]; Ortwinstrasse 7, D-13465 Berlin (DE). BLUME, Friedhelm [DE/DE]; Nusshäherstrasse 47 t, D-13404 Berlin (DE). HILGER, Christoph-Stephan [DE/DE]; Ostendener Strasse 3a, D-13353 Berlin (DE). HELDMANN, Dieter [DE/DE]; Krefelder Strasse 31, D-10555 Berlin (DE). PLATZEK, Johannes [DE/DE]; Grottkauer Strasse 55, D-12621 Berlin (DE). NIEDBALLA, Ulrich [DE/DE]; Gosslerstrasse 28A, D-14195 Berlin (DE). MIKLAUTZ,</p>		197 18 342.5	30. April 1997 (30.04.97)	DE	197 18 341.7	30. April 1997 (30.04.97)	DE	197 18 340.9	30. April 1997 (30.04.97)	DE	197 24 223.5	3. Juni 1997 (03.06.97)	DE	197 24 229.4	3. Juni 1997 (03.06.97)	DE	197 24 230.8	3. Juni 1997 (03.06.97)	DE	<p>Heribert [DE/DE]; Undinestrasse 38, D-12203 Berlin (DE). SPECK, Ulrich [DE/DE]; Fürstendamm 20, D-13465 Berlin (DE). DUDA, Stephan [DE/DE]; Weilerhalde 32, D-72070 Tübingen (DE). TEPE, Gunnar [DE/DE]; Im Heckenwert 5, D-72127 Wankheim (DE). NOLL, Bernhard [DE/DE]; Dresdener Strasse 104, D-01705 Freital (DE). GÖRNER, Heidemarie [DE/DE]; Warthaer Strasse 62, D-01157 Dresden (DE).  (81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CU, CZ, EE, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SD, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>
197 18 342.5	30. April 1997 (30.04.97)	DE																		
197 18 341.7	30. April 1997 (30.04.97)	DE																		
197 18 340.9	30. April 1997 (30.04.97)	DE																		
197 24 223.5	3. Juni 1997 (03.06.97)	DE																		
197 24 229.4	3. Juni 1997 (03.06.97)	DE																		
197 24 230.8	3. Juni 1997 (03.06.97)	DE																		
<p>(54) <b>Title:</b> STENTS WITH A RADIOACTIVE SURFACE COATING, PROCESSES FOR PRODUCING THE SAME AND THEIR USE FOR RESTENOSIS PREVENTION  (54) <b>Bezeichnung:</b> OBERFLÄCHLICH RADIOAKTIV BESCHICHTETE STENTS, VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG UND IHRE VERWENDUNG ZUR RESTENOSEPROPHYLAXE  (57) <b>Abstract</b>  Radioactive stents are characterised in that the surface of the stent is coated with a radioactive isotope. Also disclosed are processes for producing the same.  (57) <b>Zusammenfassung</b>  Die Erfindung betrifft radioaktive Stents, dadurch gekennzeichnet, daß der Stent oberflächlich mit dem radioaktiven Isotop beschichtet ist, sowie Verfahren zu ihrer Herstellung.</p>																				

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Letland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbajdschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Oberflächlich radioaktiv beschichtete Stents, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung zur Restenoseprophylaxe

- 5 Die Erfindung betrifft oberflächlich radioaktiv beschichtete Stents, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung zur Restenoseprophylaxe.

### Stand der Technik

- Radioaktive Stents sind Stand der Technik (EP 0433011, WO 94/26205, US 5176617).  
10 Stents sind Endoprothesen, die die Offenhaltung gangartiger Strukturen in Körpern von Menschen oder Tieren ermöglichen (z.B. Gefäß-, Ösophagus-, Trachea-, Gallengangstent). Sie werden als palliative Maßnahme bei Verengungen durch Verschluß (z.B.: Atherosklerose) oder Druck von außen (z.B. bei Tumoren) verwendet. Radioaktive Stents werden beispielsweise nach gefäßchirurgischen Eingriffen oder interventionell  
15 radiologischen Eingriffen (z.B. Ballonangioplastie) zur Restenoseprophylaxe eingesetzt. Derartige radioaktive Stents können beispielsweise durch Aktivierung eines nichtradioaktiven Stents mittels Bestrahlung mit Protonen oder Deuteronen aus einem Zyklotron hergestellt werden (WO 94/26205). Dieses Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents wird Ionenimplantation genannt.  
20 Es besteht nun das Problem, daß einerseits am Ort der Anwendung der Stents in der Regel kein Zyklotron verfügbar ist, um eine Aktivierung der Stents vorzunehmen, und andererseits der aktivierte Stent aufgrund der z.T. kurzen Halbwertszeit der aktivierten Isotope und aus Strahlenschutzgründen nicht beliebig lager- und transportierbar ist.  
25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, Stents und neue Verfahren zu deren Herstellung zur Verfügung zu stellen, die unabhängig von einem Zyklotron aktiviert werden können. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, Stents zur Verfügung zu stellen, die unabhängig von einem Zyklotron mit einem vorher ausgewählten radioaktiven Isotop beschichtet werden können.  
30 Diese Aufgabe wird durch die nachfolgend beschriebenen Stents und die Verfahren zu deren Herstellung gelöst, wie sie in den Patentansprüchen gekennzeichnet sind.

### Beschreibung der Erfindung

- 35 Die oben beschriebene Aufgabe wird durch die nachfolgend beschriebenen Herstellungsverfahren für radioaktive Stents gelöst. Im Gegensatz zur Ionenimplantation beruhen die erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents auf chemischen bzw. elektrochemischen Methoden.  
Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung sollen für radioaktive Isotope die Schreibweisen  
40  ${}^{nn}\text{X}$  und  $\text{X-}nn$  (X: Elementsymbol, nn: Massenzahl) als synonym gelten (Beispiel:  ${}^{110}\text{Ag}$  entspricht Ag-110).

- Die oben geschilderte Aufgabe wird in einer **ersten Variante** durch ein Verfahren zur Herstellung eines radioaktiven Stents gelöst, bei dem eine chemische Abscheidung des  
45 radioaktiven Isotops auf dem Stent erfolgt.

Hierzu wird der ausgewählte Stent in eine Lösung getaucht, die das radioaktive Isotop enthält. Das radioaktive Isotop wird dann chemisch auf dem Stent abgeschieden. In Abhängigkeit von den ausgewählten Materialien des Stents einerseits und des abzuschneidenden radioaktiven Isotops andererseits kommen zwei Möglichkeiten der Abscheidung in Betracht:

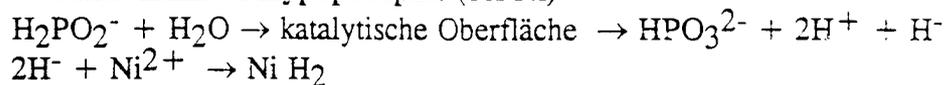
### 1) Chemische Reduktion

Bei der chemischen Reduktion wird der Lösung, die das radioaktive Isotop in gelöster Form sowie den Stent enthält, ein Reduktionsmittel (z.B.  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{KBH}_4$ , Dimethylboran, Formaldehyd, Natriumhypophosphit) zugesetzt.

#### Übersicht:

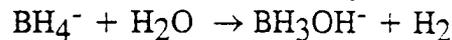
$\text{M}^{2+} + 2\text{e}^-$  (vom Reduktionsmittel)  $\rightarrow$  katalytische Oberfläche  $\rightarrow \text{M}^0$

#### Reduktionsmittel Hypophosphit (bei Ni)

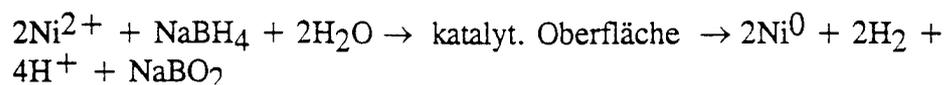


Zusatz von Citrat, Acetat, Fluorid, Succinat, Lactat, Propionat  
pH = 4 - 11

#### Reduktionsmittel $\text{NaBH}_4$ (bei Au, Ni)



$\text{BH}_3\text{OH}^- + 3\text{Au}(\text{CN})_2^- + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{katalyt. Oberfläche} \rightarrow \text{BO}_2^- + 1.5\text{H}_2 + 3\text{Au}^0 + 6\text{CN}^- + 2\text{H}_2\text{O}$



Zusätze von Dimethylammoniumboran, Borsäure, Citronensäure, Malonsäure, Glycin, Pyrophosphat, Apfelsäure, pH = 4 - 10

#### Reduktionsmittel Formaldehyd: (bei Cu)

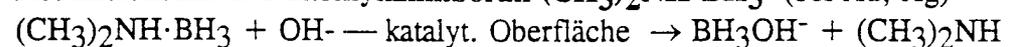
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{HCOH} + 4\text{OH}^- \rightarrow \text{katalyt. Oberfläche} \rightarrow \text{Cu}^0 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCOO}^-$

unter Zusatz von NaKTartrat, NaOH

#### Reduktionsmittel Hydrazin: (bei Pd, Pt)

Pd, Pt unter Zusatz von  $\text{NH}_4\text{OH}$ , EDTA,

#### Reduktionsmittel Dimethylaminboran $(\text{CH}_3)_2\text{NH}\cdot\text{BH}_3$ (bei Au, Ag)



Au und Ag aus cyanidischen Bädern

Nach 1 Minute bis 10 Stunden wird der Stent aus der jeweiligen Lösung genommen und gewaschen. Der Stent ist oberflächlich mit dem radioaktiven Isotop beschichtet.

Auf diese Weise können zum Beispiel Radioisotope der Elemente Ag, Au, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, P, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y auf metallischen Stents (z.B. Stahl, Nitinol) abgeschieden werden.

## 2) Chemische Fällung

Bei der chemischen Fällung wird der Lösung, die das radioaktive Isotop in gelöster Form sowie den Stent enthält, ein Fällungsmittel (z.B. Oxalsäure, Phosphorsäure oder deren Salze oder  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) zugesetzt.

Auf diese Weise können zum Beispiel Radioisotope der Elemente Ag, Au, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y auf metallischen Stents (z.B. Stahl, Nitinol) abgeschieden werden.

Die oben geschilderte Aufgabe wird in einer **zweiten Variante** dadurch gelöst, daß das radioaktive Isotop mittels eines Haftvermittlers auf der Oberfläche des Stents fixiert ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht somit aus dem metallischen Grundkörper des Stents, aus einem Haftvermittler auf der Oberfläche des Stents und einem daran haftenden radioaktiven Isotop.

Als Grundkörper können die handelsüblichen Gefäßimplantante verwendet werden, z.B. ein Wiktor-Stent, ein Strecker-Stent oder ein Palmaz-Schatz Stent.

Als Haftvermittler kommen Peptide, Fette oder Gold in Kombination mit einem thiolgruppenhaltigen Komplexbildner zum Einsatz.

So ist es beispielsweise möglich, modifizierte Polyurethane zu verwenden, die ihrerseits Komplexbildner enthalten.

Als Haftvermittler können aber auch Peptide verwendet werden, die einerseits einen Komplexbildner tragen und andererseits spezifisch an das Metall des Stents binden. Beispiele für diese Verbindungen sind markierte Endothelinderivate, wie sie z.B. in EP 606683, DE 4425778, DE 43 37 600, DE 4337599 und DE 19652374 beschrieben sind (z.B. Tc-99m-Asp-Gly-Gly-Cys-Gly-Cys-Phe-(Dr-Trp)-Leu-Asp-Ile-Ile-Trp).

Als Haftvermittler können auch Fette verwendet werden, die einen Komplexbildner tragen. Beispiele hierfür sind die lipophile Reste tragenden Komplexbildner, die in DE 43 40 809, EP 450742, EP 438206, EP 413405 oder WO 96/26182 genannt sind.

Darüber hinaus kann als Haftvermittler auch Gold in Kombination mit einem thiolgruppenhaltigen Komplexbildner verwendet werden. Es ist bekannt, daß thiolgruppenhaltige Verbindungen eine erhöhte Affinität zu goldbeschichteten Oberflächen zeigen (H. Schönherr et al. J.Am.Chem.Soc. 118 (1996), 13051-13057). Überraschenderweise ist auf der Oberfläche des Stents befindliches elementares Gold in der Lage, auch spezifisch Komplexbildner zu fixieren, sofern sie Thiolgruppen aufweisen. Die Komplexbildner fixieren ihrerseits die radioaktiven Isotope.

Komplexbildner im Sinne dieses Dokumentes sind z.B. DTPA, DOTA, DO3A, EDTA, TTHA, MAG<sub>2</sub>-Amide, MAG<sub>3</sub>-Amide und deren Derivate.

- 5 Als radioaktive Isotope können die radioaktiven Isotope der Elemente Ag, Au, Ba, Bi, C, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, P, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y verwendet werden.

Die Erfindung betrifft daher radioaktive Stents, dadurch gekennzeichnet, daß das  
10 radioaktive Isotop mittels eines Haftvermittlers auf der Oberfläche des Stents fixiert ist.

Die erfindungsgemäßen Stents können beispielhaft folgendermaßen hergestellt werden:

#### A. Peptid als Haftvermittler

15

A.1 Zunächst wird ein Peptid ausgewählt, das seinerseits in der Lage ist, Schwermetallionen zu komplexieren. Dieses wird durch Umsetzung mit dem radioaktiven Isotop (z.B. <sup>186</sup>Re oder <sup>188</sup>Re) gegebenenfalls zusammen mit einem Reduktionsmittel aktiviert.

20

Das radioaktiv markierte Peptid wird in einem Lösemittel (z.B. Wasser, Phosphatpuffer) gelöst und der Stent in die Peptidlösung eingetaucht. Nach Entnahme des Stents aus der Peptidlösung wird er in einer Trockenkammer bei Raumtemperatur getrocknet. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

25

A.2 In einer Variante des Verfahrens wird der unbeschichtete Stent zunächst mit dem nichtaktivierten Peptid beschichtet. Der so beschichtete Stent wird dann in eine Lösung getaucht, die das radioaktive Metall (z.B. <sup>186</sup>Re oder <sup>188</sup>Re) gegebenenfalls zusammen mit einem Reduktionsmittel (z.B. SnCl<sub>2</sub>) enthält und somit mit diesem Isotop beladen. Nach Waschen des Stents ist dieser  
30 gebrauchsfertig.

30

#### B. Fett als Haftvermittler

35

B.1 Ein unbeschichteter Stent wird zunächst mit einer lipophilen Verbindung (z.B. 3,9-Bis(carboxymethyl)-6-bis(octadecyl)-aminocarbonylmethyl-3,6,9-triazaundecandisäure, WO 96/26182) als Haftvermittler beschichtet. Diese lipophile Verbindung trägt einen DTPA-Rest als Komplexbildner. Der Stent kann direkt in die Verbindung oder eine Lösung davon getaucht werden. Nach Beschichtung des Stents mit der Verbindung wird er mit einer Lösung des radioaktiven Metalls (z.B. <sup>90</sup>YCl<sub>3</sub>) versetzt. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

40

45

B.2 In einer Variante dieses Verfahrens erfolgt die Beschichtung des Stents zweistufig. Dazu wird zunächst der Stent mit einer lipophilen Verbindung behandelt, welche Aminogruppen trägt. Anschließend werden die Aminogruppen mit DTPA-Monoanhydrid umgesetzt, wie es in der Literatur beschrieben ist. Der Stent weist nun eine Beschichtung auf, die Komplexbildner (hier: DTPA) trägt. Der derartig beschichtete Stent wird anschließend mit einer

Lösung des radioaktiven Metalls (z.B.  $^{90}\text{YCl}_3$ ) versetzt. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

### C. Gold / thiolgruppenhaltiger Komplexbildner als Haftvermittler

5

C.1 Ein unbeschichteter Stent wird zunächst elektrochemisch (durch innere Elektrolyse, Zementation) mit elementarem Gold beschichtet. Der goldbeschichtete Stent wird dann in eine wäßrige Lösung eines thiolgruppenhaltigen Komplexbildners (z.B. N,N-dimethyl-2-(3,3,5,11,13,13-hexamethyl-1,2-dithia-5,8,11-triazacyclotridecan-8-yl)-ethylamin oder das Kopplungsprodukt von 11-Amino-undecyl-1-thiol mit DTPA-Bis-Anhydrid) getaucht. Der thiolgruppenhaltige Komplexbildner haftet an dem goldbeschichteten Stent. Der derartig vorbereitete Stent wird nun mit einer Lösung des radioaktiven Metalls (z.B.  $^{67}\text{CuSO}_4$ ) versetzt. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

10

15

20

Der Komplexbildner kann auf der Oberfläche des Stents synthetisiert werden. Es ist möglich zunächst nur einen Baustein des Komplexbildners auf den goldbeschichteten Stent aufzutragen und diesen Baustein dann mit weiteren Teileinheiten zu koppeln. Diese Vorgehensweise ist detailliert in den Beispielen beschrieben.

25

C.2 In einer Variante dieses Verfahrens wird der goldbeschichtete Stent mit einer Lösung des thiolgruppenhaltigen Komplexbildners versetzt, der seinerseits bereits ein radioaktives Isotop komplexiert. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

30

C.3 In einer Variante dieses Verfahrens wird der goldbeschichtete Stent mit einer Lösung des thiolgruppenhaltigen Verbindung versetzt, die ihrerseits  $^{35}\text{S}$  enthält. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

35

C.4 In einer weiteren Variante dieses Verfahrens wird der goldbeschichtete Stent mit einer Lösung des thiolgruppenhaltigen Komplexbildners versetzt, wobei die Thiolgruppe mit  $^{35}\text{S}$  markiert ist und der Komplexbildner bereits ein radioaktives Isotop (z.B.  $^{67}\text{Cu}$ ) komplexiert. Nach Waschen des Stents ist dieser gebrauchsfertig.

40

Die oben beschriebenen Verfahren werden im allgemeinen bei Temperaturen von 0-100°C durchgeführt. Bei der Beschichtung des Stents mit dem Haftvermittler können in Abhängigkeit von dem jeweiligen Haftvermittler Lösemittel eingesetzt werden. Bei Einsatz eines nichtwäßrigen Lösemittels soll dieses vor der Implantation entfernt werden.

45

Die Stents können auch mit zwei oder mehr verschiedenen Isotopen beschichtet werden. Insbesondere ist es möglich, kurz- und langlebige Isotope gemeinsam auf einem Stent aufzutragen (beispielsweise  $^{55}\text{Co}$  mit  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{35}\text{S}$  mit  $^{67}\text{Cu}$  oder  $^{99}\text{Mo}$  mit  $^{57}\text{Co}$ ).

Die nötigen Arbeitsgänge zur Durchführung der oben prinzipiell beschriebenen Verfahren

6

sind dem Fachmann bekannt. Spezielle Ausführungsformen sind detailliert in den Beispielen beschrieben.

- 5 Die Erfindung betrifft weiterhin in einer **dritten Variante** ein Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents, das dadurch gekennzeichnet ist, daß ein nichtradioaktiver Stent in eine Lösung, die mindestens ein radioaktives Isotop in ionischer Form enthält, getaucht wird und das Isotop dann chemisch auf dem Stent abgeschieden wird.  
Die oben geschilderte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine elektrochemische
- 10 Abscheidung des radioaktiven Metallisotops auf dem Stent gelöst.  
Hierzu wird der ausgewählte Stent in eine Lösung getaucht, die das radioaktive Metallisotop enthält. Das radioaktive Isotop wird dann elektrochemisch abgeschieden. In Abhängigkeit von den ausgewählten Materialien des Stents einerseits und des abzuscheidenden radioaktiven Isotops andererseits kommen zwei Möglichkeiten der
- 15 Abscheidung in Betracht:
- I) Galvanisierung (äußere Elektrolyse)  
Bei der Galvanisierung wird das gelöste radioaktive Isotop reduktiv durch Anlegen von elektrischem Gleichstrom auf dem als Kathode geschalteten Stent
- 20 abgeschieden.  
Auf diese Weise kann zum Beispiel Kupfer, Technetium, Rhenium, Silber oder Indium auf elektrisch leitenden Stents (z.B. Stahl, Nitinol) abgeschieden werden.
- 25 II) Zementation (innere Elektrolyse)  
Bei der Zementation wird das gelöste edlere radioaktive Isotop auf dem unedleren Stentmaterial ohne Anlegen von elektrischem Strom aufgrund der Stellung der Materialien in der Spannungsreihe der Metalle abgeschieden.  
Auf diese Weise kann zum Beispiel Gold, Silber oder Kupfer auf metallischen
- 30 Stents (z.B. Stahl, Nitinol) abgeschieden werden.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

- 35 Für die Beschichtung metallischer Stents erweisen sich zwei elektrochemische Prozesse als besonders geeignet: die Galvanisierung (elektrolytische Beschichtung) und die Zementation (innere Elektrolyse). Das Verfahren mit der größeren Anwendungsbreite ist die Galvanisierung, denn sie ermöglicht auch die Beschichtung mit einem elektrochemisch negativeren Material als es das des Stents ist. Die Beschichtung ermöglicht auch chemische Reaktionen - beispielsweise reduktive Prozesse.
- 40 Von der Anwenderfreundlichkeit her gesehen, ist die Zementation das bessere Verfahren: der Stent wird in die Lösung eines elektrochemisch positiveren Elementes gegeben und ohne Fremdstrom erfolgt die Beschichtung.  
Durch geeignete Zellenform kann der Überschuß an Beschichtungsmaterial klein gehalten werden. Die erforderliche Rührung kann durch einen Magnetrührer oder durch Bewegen
- 45 des Stents mit der Hand bewirkt werden. Da bei diesen Verfahren nur geringe Stoffmengen aufgebracht werden, ist das Rühren mit der Hand vertretbar. Das gleiche gilt auch für Reaktionen bei erhöhter Temperatur: bei der Kürze der Zeit ist eine Thermostatierung nicht zwingend, sondern es reicht das Vorwärmen.

Die Beschickung der Zellen (Abb. 1,2) kann mit Injektionsspritzen oder - bei größeren Stents - mit Hilfe von Dosierpumpen erfolgen. Bei diesen größeren Zellen ist es sinnvoll, gebrauchte Elektrolytlösung (aktiv) und Waschflüssigkeit (inaktiv) zu trennen, um so das Volumen an aktiver Flüssigkeit klein zu halten.

- 5 Bei den in Abb. 1,2 beschriebenen Zellen wird der Stent mit seinem Träger in das Gefäß gestellt, wobei eine erhöhte Stelle mit einer Mulde für die Positionierung sorgt. Diese Mulde enthält im Falle einer Galvanierzelle ein Pt-Blech als Kontakt für den als Kathode geschalteten Stent. An der Zellenwand befindet sich ein Pt-Netz als Anode. Durch
- 10 Einsatz eines mit der Anode elektrisch leitend verbundenen ringförmigen Bleches aus einem anderen Metall kann so auch mit einer Zinn-, Zink- oder Kupferanode gearbeitet werden.

Der Einsatz des Stents mit seinem Träger hat den Vorteil, daß die Innenseite des Stents abgeschirmt ist und so dort keine Beschichtung erfolgt. Die Beschichtung erfolgt nur an den Stellen, die gegen das Gefäß gerichtet sind.

- 15 Da durch die Beschichtung eine Restenose unterdrückt wird, kann - besonders bei Edelstahl - ein Elektropolieren des Rohstents unterbleiben.

### Möglichkeiten der elektrochemischen Markierung von Stents:

#### Galvanostatische Abscheidung

- 20 Hierzu genügt eine Batterie (1,5 - 12 V) welche mit einem veränderbaren Widerstand und 2 Elektrodenklemmen verbunden ist. Das zu beschichtende Metall wird als Kathode geschaltet. Als Anode sollte ein Edelmetall, vorzugsweise Platin verwendet werden. Die Elektrolysedauer beträgt 20 Sekunden bis 30 Minuten. Es wird bei Temperaturen von 0° - 80 °C, bevorzugt jedoch bei Raumtemperatur, gearbeitet.

25

Cu: (z.B. Cu-67,  $\beta$  und  $\gamma$  Str.,  $t_{1/2} = 61,9$  h)

aus Pyrophosphatbädern der nachstehenden Zusammensetzung:

- 30  $\text{Cu}^{2+}$  : 20 - 40 g  
 $(\text{P}_2\text{O}_7)^{4-}$  : 15 - 250 g  
 $\text{NO}_3^-$  : 5 - 10 g  
 $\text{NH}_3$  : 1 - 3 g  
 $(\text{HPO}_4)^{2-}$  : < 110 g  
pH : 8 - 9  
I : 1 - 8 A/dm<sup>2</sup>

35

aus alkalischen CuCN Bädern bei pH 12.2 - 12.8

aus sauren Bädern von

- Sulfat-Oxalat-Borsäure
  - CuCl / NaThiosulfat
  - Fluorborat, Fluorsilikat, Formiat
  - 40 • Cu<sup>II</sup>/Glukonat, Lactat, Maleat, Tartrat
- I = 1 - 2.5 A/dm<sup>2</sup>  
U = 0.2 - 6 V  
pH = 1.2

8

- Au: (Au-199,  $t_{1/2} = 3$  d,  $\beta$  und  $\gamma$  Str.)  
aus cyanidischen Bädern unter Zusatz von Phosphat und Citrat bei pH 5 - 12,  
aus Bädern von  $\text{NH}_4\text{ClKAuCN}_2$  unter Zusatz von Thioharnstoff bei pH 6.5 - 7  
 $I = 0.1 - 0.6 \text{ A/dm}^2$
- 5 In: aus cyanidischen Bädern bei pH = 0 - 1  
aus Fluorborat Bädern unter Zusatz von Weinsäure bei pH 1  
 $\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$  pH 2-3 / oder Sulfamat und Tartrat
- 10 Re: aus Perrhenat Re-186  
Citrat +  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , pH 1-5  
 $I = 1 - 15 \text{ A/dm}^2$
- 15 Ni: aus  $\text{NiSO}_4$ /Borsäure oder aus Acetat-, Fluorborat- oder Sulfamatbädern,  
pH = 1 - 5  
 $I = 2 - 30 \text{ A/dm}^2$
- Pt, Rh, Pd, Ru:  
(Pt-197,  $t_{1/2} = \beta$  Str.)  
20  $I = 1 - 4 \text{ A/dm}^2$   
Ru aus  $(\text{NH}_3)_4(\text{Ru}_2\text{NC}_{18}(\text{H}_2\text{O})_2)$  oder Sulfamat  
Rh aus dem Sulfat oder Phosphat unter Zusatz von  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
pH = 1 - 2  
Pd aus  $\text{Pd}(\text{NH}_3)_4\text{Br}_2$ , ETDA,  
25 Pt aus  $\text{H}_2\text{Pt}(\text{NO}_2)_2\text{SO}_4$  unter Zusatz von  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$   
Sulfamat  
 $\text{H}_2\text{Pt}(\text{NO}_2)_2\text{SO}_4$  unter Zusatz von  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\text{K}_2\text{Pt}(\text{OH})_6$  unter Zusatz von KOH und/oder Ethylamin  
 $\text{H}_2\text{PtCl}_6$  in sauren Bädern unter Zusatz von HCl
- 30 Ag: (Ag-110,  $t_{1/2} = 250$ d)  
aus cyanidischen Bädern unter Zusatz von KOH

### 35 Elektrochemische Abscheidung

Die Markierung des Stents erfolgt durch elektrochemische Abscheidung des radioaktiven Metalls entsprechend seines elektrochemischen Potentials in Bezug zum Potential des Stentmetalles. Die Abscheidung wird in einem geeigneten Elektrolyten und ausgewählten Reaktionsbedingungen durchgeführt. Ein besonders geeigneter

40 Elektrolyt ist Salzsäure in den Konzentrationen 0,75 N und 1 N. Auf diese Weise können alle Radioisotope von Metallen, deren elektrochemisches Potential positiver als das des Stentmetalls ist, abgeschieden werden.

45 Es hat sich gezeigt, daß nach der elektrochemischen Abscheidung des radioaktiven Metalls teilweise noch unspezifisch gebundene Aktivität auf dem Stent haftet. Um

9

diese zu entfernen, wird der Stent mit einer Lösung behandelt, die einen Elektrolyten (z.B. NaCl), ein Reduktionsmittel und eine Hydroxycarbonsäure (z.B. SnCl<sub>2</sub> und Gentsinsäure) oder einen Alkohol und lipophile Kationen (z.B. alkoholische Tetrabutylammoniumbromid-Lösung) enthält.

5

Anschließend kann der so hergestellte Stent noch mit einem Polymer versiegelt werden. Als Polymer geeignet ist z.B. ein Polyacrylat.

Alle Stents können auch mit zwei oder mehr verschiedenen Isotopen beschichtet werden. Insbesondere ist es möglich, kurz- und langlebige Isotope gemeinsam auf einem Stent aufzutragen (beispielsweise <sup>55</sup>Co mit <sup>55</sup>Fe oder <sup>99</sup>Mo mit <sup>57</sup>Co).

10

Mit den beschriebenen Verfahren ist es möglich, radioaktive Stents herzustellen, die oberflächlich mindestens ein Radioisotop der Elemente Ag, Au, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y enthalten.

15

Die Erfindung betrifft daher derartige Stents, sowie die Verfahren zu ihrer Herstellung. Die nötigen Arbeitsgänge zur Durchführung der oben prinzipiell beschriebener Verfahren sind dem Fachmann bekannt. Spezielle Ausführungsformen sind detailliert in den Beispielen beschrieben.

20

Die erfindungsgemäßen Stents lösen die eingangs beschriebene Aufgabe. Stents können durch die offenbarten Verfahren problemlos und exakt dosiert radioaktiv markiert werden. Die erfindungsgemäßen Stents sind physiologisch gut verträglich. Wie im Tiermodell gezeigt werden konnte wird die Restenose nach Ballondenudation durch Implantation der erfindungsgemäßen Stents signifikant inhibiert.

25

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Stents ist, daß der Mediziner vor Ort einen (nichtradioaktiven) Stent nach seinen Bedürfnissen auswählen und den ausgewählten Stent dann durch das beschriebene Verfahren aktivieren kann. Die wenigen dazu nötigen Stoffe und Lösungen können entsprechend vorbereitet angeliefert werden, so daß der entsprechende Mediziner nur noch den unbeschichteten Stent in der vorgegebenen Reihenfolge in die einzelnen Lösungen tauchen muß. Die Erfindung betrifft somit auch solche für die erfindungsgemäßen Verfahren vorbereiteten Stoffe, Lösungen und Zubereitungen (Kits).

30  
35

**Ausführungsbeispiele:**

Die folgenden Beispiele sollen den Erfindungsgegenstand erläutern, ohne ihn auf diesen beschränken zu wollen.

5

**Beispiel 1**

Y-90-Direktmarkierung eines Wiktor-Stents

- 10 Ein Wiktor-Stent (22.85mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit 2ml gesättigter Natriumoxalat-Lösung überschichtet. Man setzt 37MBq Yttrium-90-trichlorid-Lösung hinzu und erhitzt für 30min auf 60°C. Anschließend wird der Stent entnommen und 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 0.88MBq Y-90.

15

**Beispiel 2**

Tc-99m-Beschichtung von Strecker-Stents

- 20 Ein Strecker-Stent (6,51 mg, SS/5-4, Boston Scientific) wird mit 726 µl Natriumpertechneat-Lösung (231,9 MBq) überschichtet. Man gibt 100 µl Zinn-(II)-chlorid-dihydratlösung (5 mg SnCl · 2H<sub>2</sub>O/1 ml 0,01 M HCl) hinzu, stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad und inkubiert abschließend 25 min bei Raumtemperatur. Der Stent wird getrocknet und 3 x für 15 min mit 726 µl 0,9 %iger Natriumchlorid-
- 25 Lösung gewaschen. Abschließend überschichtet man erneut mit 726 µl 0,9 % iger Natriumchlorid-Lösung und stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad. Der getrocknete Strecker-Stent trägt eine Aktivität von 1,1 MBq-Tc-99m/6,51 mg ( $\cong$  29,7 µCi/6,51 mg  $\cong$  4,6 µCi/1 mg).

30

**Beispiel 3**

Re-186-Beschichtung von Strecker-Stents

- 35 Ein Strecker-Stent (6,60 mg, SS/5-4, Boston Scientific) wird mit 736 µl Natriumperrhenat-Lösung (240,2 MBq) überschichtet. Man gibt 100 µl Zinn-(II)-chlorid-dihydrat-Lösung (5 mg SnCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O/1 ml 0,01 M HCl) hinzu, stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad und inkubiert abschließend 25 min bei Raumtemperatur. Der Stent wird getrocknet und 3 x für 15 min mit 736 µl 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Abschließend überschichtet man erneut mit 736 µl 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad.
- 40 Der getrocknete Strecker-Stent trägt eine Aktivität von 1,0 MBq-Re-186/6,6 mg ( $\cong$  27 µCi/6,6 mg  $\cong$  4,1 µCi/1 mg).

45

**Beispiel 4**

Tc-99m-Beschichtung von Strecker-Stents

Ein Wiktor-Stent (22,92 mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit 2,56 ml Natriumpertechneat-Lösung (911,5MBq) überschichtet. Man gibt 256 µl Zinn-(II)-chlorid-

II

dihydrat-Lösung (5 mg  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /1 ml 0,01 M HCl) hinzu, stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad und inkubiert abschließend 25 min bei Raumtemperatur. Der Stent wird getrocknet und 3 x für 15 min mit 2,56 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Abschließend überschichtet man erneut mit 2,56 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad. Der getrocknete Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 5,9 MBq-Tc-99m/22,92 mg ( $\cong 159,5 \mu\text{Ci}/22,92\text{mg} \cong 6,9 \mu\text{Ci}/1 \text{ mg}$ ).

### Beispiel 5

10

#### Re-186-Beschichtung von Wiktor-Stents

Ein Wiktor-Stent (22,31 mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit 2,5 ml Natriumperrhenat-Lösung (884,1 MBq) überschichtet. Man gibt 249  $\mu\text{l}$  Zinn-(II)-chlorid-dihydrat-Lösung (5 mg  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /1 ml 0,01 M HCl) hinzu, stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad und inkubiert abschließend 25 min bei Raumtemperatur. Der Stent wird getrocknet und 3 x für 15 min mit 2,5 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Abschließend überschichtet man erneut mit 2,5 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad. Der getrocknete Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 5,2 MBq-Re-186/22,31 mg ( $\cong 140,5 \mu\text{Ci}/22,31 \text{ mg} \cong 6,3 \mu\text{Ci}/1 \text{ mg}$ ).

### Beispiel 6

25

Applikation eines mit Tc-99m beschichteten Wiktor-Stents in der abdominalen Aorta von Kaninchen

Der Wiktor-Stent (Modell 6570, Medtronic) wurde wie in Beispiel 4 beschrieben, mit Tc-99m beschichtet. Einem narkotisierten (Rompun/Ketavet 1:2) weißen Neuseeländer Kaninchen (3,2 kg Körpergewicht) wurde die A-femoralis freigelegt. Über eine 5 F-Schleuse wurde der markierte Wiktor-Stent in das Gefäß eingeführt und durch Inflation des Ballonkatheters in der infrarenalen Aorta fixiert. Anschließend wurde der Katheter entfernt und sowohl die A. femoralis als auch die Wunde vernäht. Über einen Zeitraum von 8 h nach Applikation des Stents wurden Ganzkörperszintigramme mit Hilfe einer handelsüblichen Gammakamera angefertigt. 5 h nach Applikation des Stents wurde ein Szintigramm angefertigt. Aktivität konnte nur im Bereich des sich in der infrarenalen Aorta des Tieres befindlichen Stents lokalisiert werden. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurde keine detektierbare Aktivität vom Stent abgespült. Nach 8 h wurde das Kaninchen getötet, der Stent entnommen und die Aktivität im Gammazähler gemessen. Die am Stent haftende Aktivität war, unter Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls von  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  in  $^{99}\text{Tc}$ , genauso hoch wie zu Versuchsbeginn.

**Beispiel 7**

12

Markierung eines Strecker-Stents mit Cu-67

- 5 In eine Zementationszelle (Abb. 2a) wird ein Strecker-Stent (1993 mg) in eine alkalische Kupfersulfat/Kalium-Natriumtartratlösung mit einer Aktivität von 47,3 MBq gegeben. Nach Zusatz von Formaldehydlösung erfolgt die Abscheidung von elementarem Kupfer. Die aktive Lösung wird entfernt und der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Er zeigt eine Aktivität von 1,63 MBq.

10	Cu SO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	500 mg/100 ml
	KNaC <sub>4</sub> H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> ·4H <sub>2</sub> O	2500 mg/100 ml
	NaOH	700 mg/100 ml
	HCOH (37 %)	1 ml/100 ml
	T	20°C

15

**Beispiel 8**

Markierung eines Nitinol-Stents mit Au-199

- 20 In eine Zementationszelle (Abb. 2b) wird ein Nitinol-Stent (496 mg) in eine Lösung bestehend aus Kalium-Goldcyanid (K [<sup>199</sup>Au(CN)<sub>4</sub>]) mit einer Aktivität von 137,8 MBq, Kaliumcyanid und Kaliumhydroxid gegeben. Nach Erwärmung auf 75°C, wird Kaliumborhydrid zugegeben und 3 Minuten gerührt. Nach 4 Minuten wird die Lösung abgelassen und der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen.
- 25 Seine Aktivität beträgt 1,31 MBq.

	K [Au (CN) <sub>2</sub> ]	580 mg/100 ml
	K CN	1300 mg/100 ml
	K OH	1120 mg/100 ml
	K BH <sub>4</sub>	2160 mg/100 ml

30

**Beispiel 9**

Markierung eines Strecker-Stents mit Ag-110

- 35 In eine Zementationszelle wird ein Strecker-Stent (997 mg) in eine Lösung bestehend aus Natrium-Silbercyanid (Na Ag (CN)<sub>2</sub>) mit einer Aktivität von 40 MBq/mg Stent, Natriumcyanid, Natriumhydroxid sowie gegeben. Nach Erwärmen auf 55°C wird Dimethylboran zugegeben. Man rührt 4 Minuten bei 55°C, läßt dann die Lösung ab, wäscht 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung den Stent und bestimmt die Aktivität. Sie beträgt 1,34
- 40 MBq.

	Na [Ag (CN) <sub>2</sub> ]	183 mg/100 ml
	Na CN	100 mg/100 ml
	Na OH	75 mg/100 ml
	K BH <sub>4</sub>	200 mg/100 ml

45

Na [Ag(CN)<sub>2</sub>]: 134 mg AgCN + 49 mg NaCN

**Beispiel 10**

13

## Markierung eines Strecker-Stents mit Pd/P-32

- 5 In eine Zementationszelle (Abb. 2a) wird ein Strecker-Stent (1996 mg) in eine Lösung aus Palladiumchlorid, Salzsäure, Ammoniak und Ammonchlorid gegeben. Die Lösung hat eine Temperatur von 55°C und wird gerührt. In die Lösung werden 9 mg Natriumhypophosphit-Monohydrat, das eine Aktivität von 36,4 MBq hat, eingerührt. Auf dem Stent scheidet sich eine Palladium-Phosphor-Legierung ab, die eine Aktivität von
- 10 1,31 MBq hat.

	Pd Cl <sub>2</sub>	200 mg/100 ml
	HCl (38 %)	0,4 ml/100 ml
	NH <sub>4</sub> OH (28 %)	16 ml/100 ml
	NH <sub>4</sub> Cl	2,7 g/100 ml
15	NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	1 g/100 ml
	T	55°C

3 g Hypophosphit ergeben 1 g Pd-Legierung mit 1,5 % P

**Beispiel 11**

- 20 Markierung eines Edelstahl-Stents mit Pd/P-32

- In eine Zementationszelle (Abb. 2b) wird ein Edelstahl-Stent (498 mg) in eine Lösung aus Palladiumchlorid, Salzsäure, Ammoniak und Ammonchlorid gegeben. Die Lösung hat eine Temperatur von 55°C und wird gerührt. In die Lösung werden 6 mg
- 25 Natriumhypophosphit-Monohydrat, das eine Aktivität von 37,8 MBq hat, eingerührt. Auf dem Stent scheidet sich eine Palladium-Phosphorlegierung ab, die eine Aktivität von 1,16 MBq hat.

	Pd Cl <sub>2</sub>	200 mg/100 ml
	HCl (38 %)	0,4 ml/100 ml
30	NH <sub>4</sub> OH (28 %)	16 ml/100 ml
	NH <sub>4</sub> Cl	2,7 g/100 ml
	NaH <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	1 g/100 ml
	T	55°C

3 g Hypophosphit ergeben 1 g Pd-Legierung mit 1,5 % P

**Beispiel 12**

## Markierung eines Nitinol-Stents mit Pd/P-32

- 40 In eine Zementationszelle (Abb. 2b) wird ein Nitinol-Stent (96 mg) in eine Lösung aus Palladiumchlorid, Salzsäure, Ammoniak und Ammonchlorid gebracht. Die Lösung hat eine Temperatur von 55°C und wird gerührt. In die Lösung werden 3 mg Natriumhypophosphit-Monohydrat, das eine Aktivität von 39,4 MBq hat, eingerührt. Auf dem Stent scheidet sich eine Palladium-Phosphorlegierung ab, die eine Aktivität von 1,37 MBq hat.

45	Pd Cl <sub>2</sub>	200 mg/100 ml
	HCl (38 %)	0,4 ml/100 ml
	NH <sub>4</sub> OH (28 %)	16 ml/100 ml

$\text{NH}_4\text{Cl}$  2,7 g/100 ml <sup>14</sup>  
 $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  1 g/100 ml  
 T 55°C  
 3 g Hypophosphit ergeben 1 g Pd-Legierung mit 1,5 % P

### 5 Beispiel 13

Markierung eines Edelstahl-Stents mit P-32

10 In einer Galvanisierungszelle (Abb. 1) wird ein Edelstahl-Stent (1992 mg) in eine auf 50°C erwärmte Lösung von Phosphorsäure mit einer <sup>32</sup>P-Aktivität von 41,4 MBq gebracht. Man schaltet den Stent als Anode und elektrolysiert 2 min bei 2 V. Dann läßt man die Lösung ab, spült den Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung und mißt die Aktivität des Stents. Sie beträgt 0,93 MBq.

### 15 Beispiel 14a

Beschichtung eines Wiktor-Stents mit 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

20 50mg 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan (hergestellt nach DE 43 40 809.5) werden in 1ml Ethanol gelöst. Der Wiktor-Stent (22.82mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit der so hergestellten Lösung überschichtet. Anschließend gibt man 2ml Wasser hinzu und inkubiert 15min im Ultraschallbad. Der Wiktor-Stent wird  
25 entnommen und getrocknet.

### Beispiel 14b

30 In-111-Markierung eines mit 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclo-dodecan beschichteten Wiktor-Stents

35 Ein wie unter Beispiel 14a mit 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan (hergestellt nach DE 43 40 809.5) beschichteter Wiktor-Stent wird mit 2ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung überschichtet. Nach Zugabe von 37MBq Indium-trichlorid-Lösung wird das Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Man entnimmt den Stent, wäscht diesen 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung und trocknet. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 1.49MBq In-111.

### 40 Beispiel 14c

Y-90-Markierung eines mit 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclo-dodecan beschichteten Wiktor-Stents

45 Ein wie unter Beispiel 14a mit 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan

15

(hergestellt nach DE 43 40 809.5) beschichteter Wiktor-Stent wird mit 2ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung überschichtet. Nach Zugabe von 37MBq Yttrium-90-trichlorid-Lösung wird das Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Man entnimmt den Stent, wäscht diesen 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung und trocknet. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 1.12MBq Y-90.

**Beispiel 15a**

1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan, Y-90-Komplex

10

50mg 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan (hergestellt nach DE 4340809.5) werden in 1ml Ethanol gelöst. Nach Zugabe von 37MBq Yttrium-90-trichlorid-Lösung erhitzt man das Reaktionsgemisch für 10min unter Rückfluß. Die so präparierte Y-90-Komplex-Lösung kann ohne weitere Reinigung zur Beschichtung eines Wiktor-Stents verwendet werden.

15

**Beispiel 15b**

Y-90-Markierung eines Wiktor-Stents mit dem Y-90-Komplex des 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclo-dodecans

20

In 900µl der unter Beispiel 15a hergestellten Lösung des 1-{3-[N-(2-Methoxyethyl)-octadecylsulfamoyl]-2-hydroxypropyl}-4,7,10-tris-(hydroxycarbonylmethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan-Y-90-Komplexes wird ein Wiktor-Stent (22.89mg, Modell 6570, Medtronic) gegeben. Nach Zugabe von 2ml Wasser wird das Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Anschließend wird der Wiktor-Stent entnommen und 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 0.98MBq Y-90.

25

**Beispiel 16a**

N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid

3.57g (10mmol) Diethylen-triamin-pentaessigsäure-bisanhydrid werden zusammen mit 4.05g (40mmol) Triethylamin in 100ml absolutem Dimethylformamid suspendiert. Anschließend tropft man bei Raumtemperatur eine Lösung von 3.42g (20mmol) Undecylamin, gelöst in 50ml absolutem Dichlormethan, zum Reaktionsgemisch. Der Reaktionsansatz wird 6h bei Raumtemperatur gerührt, filtriert und im Feinvakuum eingedampft. Der Rückstand wird dreimal in 100ml Dimethylformamid gelöst und jeweils im Feinvakuum eingedampft. Das schaumige Reaktionsprodukt wird mit 50ml absolutem Diethylether übergossen und über Nacht verrührt. Man filtriert und trocknet im Feinvakuum.

35

40

Ausbeute: 6.3g (90%), weißes Pulver.

Elementaranalyse:	Ber.:	C 61.77	H 9.94	N 10.01	O 18.86
	Gef.:	C 61.52	H 9.63	N 9.91	O

45

**Beispiel 16b**

16

Beschichtung eines Wiktor-Stents mit N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid

5

50mg N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid (hergestellt nach Beispiel 16a) werden in 1ml Ethanol gelöst. Der Wiktor-Stent (22.93mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit der so hergestellten Lösung überschichtet. Anschließend gibt man 2ml Wasser hinzu und inkubiert 15min im Ultraschallbad. Der Wiktor-Stent wird entnommen und getrocknet.

10

**Beispiel 16c**

In-111-Markierung eines mit N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid beschichteten Wiktor-Stents

15

Ein wie unter Beispiel 16b mit N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid beschichteter Wiktor-Stent wird mit 2ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung überschichtet. Nach Zugabe von 37MBq Indium-trichlorid-Lösung wird das Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Man entnimmt den Stent, wäscht diesen 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung und trocknet. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 1.34MBq In-111.

20

**Beispiel 16d**

Y-90-Markierung eines mit N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid beschichteten Wiktor-Stents

25

Ein wie unter unter Beispiel 16b mit N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid beschichteter Wiktor-Stent wird mit 2ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung überschichtet. Nach Zugabe von 37MBq Yttrium-trichlorid-Lösung wird das Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Man entnimmt den Stent, wäscht diesen 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung und trocknet. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 1.11MBq Y-90.

30

**Beispiel 17a**

N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid, Y-90-Komplex

35

50mg N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamid (Beispiel 4a) werden in 1ml Ethanol gelöst. Nach Zugabe von 37MBq Yttrium-90-trichlorid-Lösung erhitzt man das Reaktionsgemisch für 10min auf 60°C. Die so präparierte Y-90-Komplex-Lösung kann ohne weitere Reinigung zur Beschichtung eines Wiktor-Stents verwendet werden.

40

**Beispiel 17b**

Y-90-Markierung eines Wiktor-Stents mit dem Y-90-Komplex des N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamids

45

17

In 900µl der unter Beispiel 17a hergestellten Lösung des Y-90-Komplex des N,N'-Bisundecyl-diethylen-triamin-pentaessigsäure-diamids wird ein Wiktor-Stent (22.87mg, Modell 6570, Medtronic) gegeben. Nach Zugabe von 2ml Wasser wird das  
 5 Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Anschließend wird der Wiktor-Stent entnommen und 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 0.99MBq Y-90.

**Beispiel 18a**

10 N-Benzyloxycarbonyl-glycyl-N'-undecyl-glycinamid

3.63g (10mmol) N-Benzyloxycarbonyl-glycyl-glycin-N-hydroxysuccinimidester und 1.71g (10mmol) Undecylamin werden in 100ml absolutem Dichlormethan gelöst. Man rührt das Reaktionsgemisch 6h bei Raumtemperatur. Anschließend wird mit 100ml  
 15 Dichlormethan verdünnt, die organische Phase 2x mit 50ml gesättigter Natriumhydrogencarbonat-Lösung und 1x mit 50ml Wasser gewaschen. Man trocknet über Magnesiumsulfat und verdampft das Lösungsmittel im Vakuum. Das Rohprodukt wird durch Chromatographie an Kieselgel (Eluens: Dichlormethan/Methanol 95:5) gereinigt.

20 Ausbeute: 3.8g (90.6%), weißes Pulver.  
 Elementaranalyse: Ber.: C 65.84 H 8.89 N 10.01 O 15.25  
 Gef.: C 65.71 H 9.02 N 10.10 O

**Beispiel 18b**

25 Glycyl-N'-undecyl-glycinamid

3g (7.15mmol) N-Benzyloxycarbonyl-glycyl-N'-undecyl-glycinamid (Beispiel 18a) werden in 100ml absolutem Ethanol gelöst. Nach Zugabe von 300mg Palladium auf  
 30 Kohle (10%-ig) hydriert man 2h bei Raumtemperatur (1atm Wasserstoff). Es wird filtriert und im Vakuum eingedampft. Das resultierende Amin wird ohne weitere Reinigung für die Folgereaktion eingesetzt.

Ausbeute: 1.92g (94.1%), weißer Schaum.  
 35 Elementaranalyse: Ber.: C 63.12 H 10.95 N 14.72 O 11.21  
 Gef.: C 63.03 H 11.04 N 14.57 O

**Beispiel 18c**

40 N-(S-Acetyl-mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid

285.4mg (1mmol) Glycyl-N'-undecyl-glycinamid (Beispiel 18b) und 231.2mg (1mmol) S-Acetyl-mercapto-essigsäure-N-hydroxy-succinimidester werden zusammen in 20ml absolutem Dichlormethan gelöst. Man rührt das Reaktionsgemisch 6h bei  
 Raumtemperatur. Anschließend wird mit 20ml Dichlormethan verdünnt, die organische  
 45 Phase 2x mit 5ml halbgesättigter Natriumhydrogencarbonat-Lösung und 1x mit 5ml Wasser gewaschen. Man trocknet über Magnesiumsulfat und verdampft das

18

Lösungsmittel im Vakuum. Das Rohprodukt wird durch Chromatographie an Kieselgel (Eluens: Dichlormethan/Methanol 93:7) gereinigt.

Ausbeute: 362mg (90.1%), weißes Pulver.

EA:	Ber.:	C 56.83	H 8.79	N 10.46	O 15.94	S 7.98
5	Gef.:	C 56.67	H 8.93	N 10.18	O	S 7.72

### Beispiel 18d

N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid

10

201mg (0.5mmol) N-(S-Acetyl-mercaptoacetyl-glycyl-N'-undecyl-glycinamid (Beispiel 18c) werden in 15ml absolutem Ethanol gelöst. Man sättigt mit Argon und leitet für 30min einen Ammoniak-Strom durch die Lösung. Anschließend wird eingedampft und der Rückstand in 20ml Dichlormethan aufgenommen. Die organische Phase wird 1x mit 15 2%-iger wäßriger Citronensäure geschüttelt und über Natriumsulfat getrocknet. Man verdampft das Lösungsmittel im Vakuum und chromatographiert den Rückstand an Kieselgel (Eluens: Dichlormethan/Methanol 9:1).

Ausbeute: 153mg (85.1%), weißes Pulver.

EA:	Ber.:	C 56.79	H 9.25	N 11.69	O 13.35	S 8.92
20	Gef.:	C 56.67	H 9.43	N 11.48	O	S 8.71

### Beispiel 18e

Beschichtung eines Wiktor-Stents mit N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid

25

50mg N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid (Beispiel 18d) werden in 1ml Ethanol gelöst. Der Wiktor-Stent (22.89mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit der so hergestellten Lösung überschichtet. Anschließend gibt man 2ml Wasser hinzu und inkubiert 15min im Ultraschallbad. Der Wiktor-Stent wird entnommen und getrocknet.

### 30 Beispiel 18f

Re-186-Markierung eines mit N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid beschichteten Wiktor-Stents

35 Ein wie unter Beispiel 18e mit N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid beschichteter Wiktor-Stent wird mit 2ml Dinatriumhydrogenphosphat-Puffer (0.1M, pH = 8.5) überschichtet. Nach Zugabe von 37MBq Perrhenat-Lösung gibt man 100µl Zinndichlorid-dihydrat-Lösung (5mg SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O/1ml 0.1M HCl) zum Reaktionsansatz. Das Reaktionsgemisch wird für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Man entnimmt den 40 Stent, wäscht diesen 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung und trocknet. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 1.31MBq Re-186.

### Beispiel 18g

N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid, Re-186-Komplex

45

14

5mg N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid (Beispiel 18d) werden in 800µl Ethanol gelöst. Nach Zugabe von 5mg Dinatrium-L-Tartrat, 50µl 0.1M Natriumhydrogenphosphat-Puffer (pH = 8.5) werden 37MBq Perrhenat und 100µl Zinndichlorid-dihydrat-Lösung (5mg SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O/1ml 0.1M HCl) hinzugefügt. Man erhitzt das Reaktionsgemisch für 5min auf 60°C. Die so präparierte Lösung des Re-186-Komplexes des N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamids kann direkt zur Markierung eines Wiktor-Stents verwendet werden.

**Beispiel 18h**

10 Markierung eines Wiktor-Stents mit dem Re-186-Komplex des N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamid

In 900µl der unter Beispiel 18g hergestellten Lösung des Re-186-Komplexes des N-(Mercaptoacetyl)-glycyl-N'-undecyl-glycinamids wird ein Wiktor-Stent (22.99mg, Modell 6570, Medtronic) gegeben. Nach Zugabe von 2ml Wasser wird das Reaktionsgemisch für 15min in ein Ultraschallbad gestellt. Anschließend wird der Wiktor-Stent entnommen und 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 1.13MBq Re-186.

**Beispiel 19**

20 Y-90-Direktmarkierung eines Wiktor-Stents

Ein Wiktor-Stent (22.85mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit 2ml gesättigter Natriumoxalat-Lösung überschichtet. Man setzt 37MBq Yttrium-90-trichlorid-Lösung hinzu und erhitzt für 30min auf 60°C. Anschließend wird der Stent entnommen und 3x mit 5ml 0.9%-iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Der so markierte Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 0.88MBq Y-90.

**Beispiel 20**

30 Anwendung von Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat zur Beschichtung von Stents

**Beispiel 20a**

Herstellung von Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat:

35 17,5 g Decansäuremethylester wird in 1 l absolutem Ethanol gelöst und mit 350 ml Hydrazinhydrat versetzt. 3 h wird am Rückfluß erhitzt und dann über Nacht bei Raumtemperatur gerührt. Die Lösung wird auf ca. 300 ml eingeeengt und stehen gelassen, bis das Produkt auskristallisiert ist. Nach Abfiltration und Trocknung erhält man 16,6 g (= 94% d. Th.) Decansäurehydrazid.

40	Elementaranalyse:	C	H	N	O
	berechnet:	64,5%	11,9%	15,0%	8,6%
	gefunden:	65,4%	11,9%	14,5%	

45 3,6 g Diethylentriamin-pentaessigsäure-bisanhydrid werden in 500 ml DMF gelöst und unter Stickstoffatmosphäre mit 4,2 ml Triethylamin und 3,7 g Decansäurehydrazid versetzt. 24 h wird bei Raumtemperatur gerührt und anschließend ungelöste Bestandteile

abfiltriert. Die Lösung wird eingeeengt und der ölige Rückstand in 500 ml Ether aufgenommen. Nach Zusetzen von 500 ml Hexan und Nachrührens fällt das Produkt kristallin aus. Man erhält nach Trocknung 7,2 g (= 95% d. Th.) Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat.

#### 5 **Beispiel 20b**

Beschichtung von Strecker-Stents mit Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat

2 mg Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat werden in 1 ml Methanol gelöst und unter Zusatz von 2 ml Hexan gefällt. In diese Suspension wird ein 0,5 cm langer Strecker-Stent (SS/5-4, Boston Scientific) getaucht und 15 Minuten mittels Ultraschall inkubiert. Anschließend wurde der Stent herausgenommen und getrocknet. Dieser Vorgang wurde 5 mal wiederholt und abschließend überschüssiges Beschichtungsmaterial durch Waschen mit physiologischer Kochsalzlösung im Ultraschallbad entfernt.

#### 15 **Beispiel 20c**

Markierung von mit Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat beschichteten Strecker-Stents

20 Der so behandelte Stent wurde zur Markierung in eine kommerziell erworbene Lösung des radioaktiven Metallisotops (In-111, Y-90, je 74 MBq) getaucht und 15 Minuten im Ultraschallbad inkubiert. Abschließend wurde in physiologischer Saline 20 Minuten im Ultraschallbad gewaschen. Es verblieben 0,3 MBq Restaktivität auf dem Stent.

#### 25 **Beispiel 20d**

Beschichtung von Strecker-Stents mit markierten Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat

2 mg Bisdecyloylhydrazino-diethylentriamin-pentaacetat werden in 1 ml Methanol gelöst und mit einer kommerziell erworbenen Lösung des radioaktiven Metallisotops (In-111, Y-90, je 74 MBq) markiert. In diese Lösung wird ein ein 0,5 cm langer Strecker-Stent (SS/5-4, Boston Scientific) getaucht und 15 Minuten mittels Ultraschall inkubiert. Anschließend wurde der Stent herausgenommen und getrocknet. Dieser Vorgang wurde 5 mal wiederholt und abschließend lösliche Aktivität durch Waschen mit physiologischer Kochsalzlösung im Ultraschallbad entfernt. Es verblieben 0,1 MBq Restaktivität auf dem Stent.

#### **Beispiel 21a**

40 Anwendung von Thioacetyl-Gly-Gly-amidoethyl-PEG-methylether zur Beschichtung von Stents

Herstellung von Thioacetyl-Gly-Gly-amidoethyl-PEG-methylether:  
50 g Aminoethyl-polyethylenglykol-methylether mit einem Molekulargewicht von ca. 5000 wird mit 3,6 g N-Benzoyloxycarbonyl-glycylglycin-N-hydroxysuccinimidester (Z-Gly-Gly-OSu) in 100 ml DMF 24 h bei Raumtemperatur gerührt. Die Lösung wird eingeeengt und der Rückstand ohne weitere Reinigung weiter umgesetzt.

- Der Rückstand wird in einer Mischung aus Methanol/Wasser 1:1 gelöst, mit 2 g Palladium auf Aktivkohle versetzt und unter Wasserstoffatmosphäre (Druck 1 bar) hydriert, bis ca. 230 ml Wasserstoff aufgenommen wurden. Anschließend wird der Katalysator abfiltriert und die verbleibende Mischung nach Einengung über eine Gelfiltration gereinigt. Man erhält nach Trocknung 49 g (= 96% d. Th.) Glycyl-glycyl-amidoethyl-PEG-methylether.
- Dieses Produkt wird in 100 ml DMF gelöst und mit 2,2 g S-Acetyl-thioglykolsäure-N-hydroxysuccinimidester über 24 h bei Raumtemperatur verrührt. Anschließend wird die Mischung mit 20 ml wässriger Ammoniaklösung versetzt und 2 Stunden nachgerührt. Das Produkt wird mit wässriger 6 n Salzsäure auf pH 4 angesäuert und eingengt. Die Reinigung erfolgt über eine Gelfiltrationssäule. Man erhält 42 g (= 85% d. Th.) Thioacetyl-glycyl-glycyl-amidoethyl-polyethylenglykol-methylester.

### Beispiel 21b

- 15 Beschichtung von Strecker-Stents mit Thioacetyl-Gly-Gly-amidoethyl-PEG-methylether und anschließende radioaktive Markierung

2 mg Thioacetyl-Gly-Gly-amidoethyl-PEG-methylether mit einem Molekulargewicht von ca. 5300 wurden in 2 ml Methanol gelöst, unter Zusatz von 1 ml Hexan ausgefällt, in diese Suspension ein 0,5 cm langer Strecker-Stent (SS/5-4, Boston Scientific) getaucht und 15 Minuten mittels Ultraschall inkubiert. Anschließend wurde der Stent herausgenommen und getrocknet. Dieser Vorgang wurde 5 mal wiederholt und abschließend überschüssiges Beschichtungsmaterial durch Waschen mit physiologischer Kochsalzlösung im Ultraschallbad entfernt.

- 25 Der so behandelte Stent wurde zur Markierung in eine Lösung des radioaktiven Metallisotops (Tc-99m, Re-186) bestehend aus 5 ml der Lösung (Tc-99m aus dem Generator, Re-186 käuflich erworben, enthielt ca. 3 MBq Aktivität), 200 µl Phosphatpuffer ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0,5 mol/l, pH 8,5), 50 µl einer 0,15 molaren Dinatriumtartratlösung sowie 2,5 µl einer 0,2 molaren  $\text{SnCl}_2$ -Lösung getaucht und 15 Minuten im Ultraschallbad inkubiert. Abschließend wurde in physiologischer Saline 20 Minuten im Ultraschallbad gewaschen. Es verblieben 0,1 MBq Restaktivität auf dem Stent.

### Beispiel 21c

- 35 Beschichtung von Strecker-Stents mit radioaktiv markierten Thioacetyl-Gly-Gly-amidoethyl-PEG-methylether

0,5 mg Thioacetyl-Gly-Gly-amidoethyl-PEG-methylether mit einem Molekulargewicht von ca. 5300 wurden in 300 µl Phosphatpuffer ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0,5 mol/l, pH 8,5) gelöst und 50 µl einer 0,15 molaren Dinatriumtartratlösung sowie 2,5 µl einer 0,2 molaren  $\text{SnCl}_2$ -Lösung zugegeben. Die Mischung wurde mit einer Pertechnetat-Lösung (2 MBq) aus einem Tc-99m-Generator versetzt und 15 min bei 60 °C inkubiert. Analog konnte eine Lösung von mit Re-186 markierten Polyethylenglykolen hergestellt werden.

- 45 Ein 0,5 cm langer Strecker-Stent (SS/5-4, Boston Scientific) wurde in diese Lösung getaucht und 15 Minuten mittels Ultraschall inkubiert. Anschließend wurde der Stent herausgenommen und getrocknet. Dieser Vorgang wurde mehrmals nacheinander wiederholt, bis die anhaftende Aktivität 0,3 MBq erreicht hatte. Danach wurde 2 mal für

60 Minuten in physiologischer Saline gewaschen. Es verblieb eine Restaktivität von 100 KBq.

### Beispiel 22

- 5 Beschichtung von Strecker-Stents mit Tc-99m-Asp-Gly-Gly-Cys-Gly-Cys-Phe-(D-Trp)-Leu-Asp-Ile-Ile-Trp

0,5 mg des in analog zu Barany und Marrifield, The Peptides; Analysis, Biology, Academic Press, New York, 1990; Stewart and Young, Solid-Phase Peptide Synthesis, 10 2<sup>nd</sup> ed., Pierce Chemical Co. Rockford, IL, 1984 hergestellten Asp-Gly-Gly-Cys-Gly-Cys-Phe-(D-Trp)-Leu-Asp-Ile-Ile-Trp werden in 300 ml Phosphatpuffer ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0,5 mol/l, pH 8,5) gelöst und mit 50  $\mu\text{l}$  einer 0,15 molaren Dinatrium-L-Tartrat-Lösung, 2,5  $\mu\text{l}$ , einer 0,2 molaren Zinn(II) chlorid-Dihydrat-Lösung versetzt. Das Reaktionsgemisch wird mit einer Per technetatlösung (50 mCi = 1,85 GBq) aus einem Mo-99/Tc-99m- 15 Generator versetzt und für 10 min bei Raumtemperatur inkubiert.

Ein 0,5 cm langer Strecker-Stent (SS/5-4, Boston Scientific) wurde fünfmal nacheinander für je 15 min in der Tc-99m-Peptidlösung inkubiert. Nach jeder Inkubation wurde die am Stent haftende Aktivität mit Hilfe eines handelsüblichen Gammazählers bestimmt. Wie die Abbildung zeigt, verblieb bereits nach einmaliger Inkubation eine Aktivität von 230  $\mu\text{Ci}$  20 auf dem Strecker-Stent.

Die Wiederholungen dieser Inkubation führt zu keiner wesentlich höheren auf den Stent verbleibenden Aktivität. Anschließend wurde der mit den Tc-99m-Peptidlösung beschichtete Stent viermal für je eine Minute und zweimal für 60 min in physiologischer Saline gewaschen. Nach der ersten Spülung verblieben noch 81  $\mu\text{Ci}$  auf dem Stent. Die 25 weiteren Spülvorgänge führten zu keiner signifikanten Verringerung der auf dem Stent gebundene Aktivität.

### Beispiel 23

- 30 Tc-99m-Beschichtung von Strecker-Stents

Ein Wiktor-Stent (22,92 mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit 2,56 ml Natriumpertechnetat-Lösung (911,5 MBq) überschichtet. Man gibt 256  $\mu\text{l}$  Zinn-(II)-chlorid-dihydrat-Lösung (5 mg  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /1 ml 0,01 M HCl) hinzu, stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad und inkubiert abschließend 25 min bei Raum- 35 temperatur. Der Stent wird getrocknet und 3 x für 15 min mit 2,56 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Abschließend überschichtet man erneut mit 2,56 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad. Der getrocknete Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 5,9 MBq-Tc-99m/22,92 mg

40 ( $\cong 159,5 \mu\text{Ci}/22,92\text{mg} \cong 6,9 \mu\text{Ci}/1 \text{ mg}$ ).

### Beispiel 24

Re-186-Beschichtung von Wiktor-Stents

- 45 Ein Wiktor-Stent (22,31 mg, Modell 6570, Medtronic) wird mit 2,5 ml Natriumpertechnetat-Lösung (884,1 MBq) überschichtet. Man gibt 249  $\mu\text{l}$  Zinn-(II)-chlorid-dihydrat-Lösung (5 mg  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /1 ml 0,01 M HCl) hinzu, stellt das Reaktionsge-

23

- misch für 5 min in ein Ultraschall-Bad und inkubiert abschließend 25 min bei Raumtemperatur. Der Stent wird getrocknet und 3 x für 15 min mit 2,5 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung gewaschen. Abschließend überschichtet man erneut mit 2,5 ml 0,9 %iger Natriumchlorid-Lösung und stellt das Reaktionsgemisch für 5 min in ein Ultraschall-Bad.
- 5 Der getrocknete Wiktor-Stent trägt eine Aktivität von 5,2 MBq-Re-186/22,31 mg ( $\cong 140,5 \mu\text{Ci}/22,31 \text{ mg} \cong 6,3 \mu\text{Ci}/1 \text{ mg}$ ).

### Beispiel 25

- 10 Applikation eines mit Tc-99m beschichteten Wiktor-Stents in der abdominalen Aorta von Kaninchen

- Der Wiktor-Stent (Modell 6570, Medtronic) wurde wie in Beispiel 10 beschrieben, mit Tc-99m beschichtet. Einem narkotisierten (Rompun/Ketavet 1:2) weißen Neuseeländer Kaninchen (3,2 kg Körpergewicht) wurde die A-femoralis freigelegt. Über eine 5 F-Schleuse wurde der markierte Wiktor-Stent in das Gefäß eingeführt und durch Inflation des Ballonkatheters in der infrarenalen Aorta fixiert. Anschließend wurde der Katheter entfernt und sowohl die A. femoralis als auch die Wunde vernäht. Über einen Zeitraum von 8 h nach Applikation des Stents wurden Ganzkörperszintigramme mit Hilfe einer handelsüblichen Gammakamera angefertigt. Abb. X1 zeigt ein 5 h nach Applikation des
- 15 Stents angefertigtes Szintigramm. Aktivität konnte nur im Bereich des sich in der infrarenalen Aorta des Tieres befindlichen Stents lokalisiert werden. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurde keine detektierbare Aktivität vom Stent abgespült. Nach 8 h wurde das Kaninchen getötet, der Stent entnommen und die Aktivität im Gammazähler gemessen. Die am Stent haftende Aktivität war genauso hoch wie zu
- 20 Versuchsbeginn.
- 25

### Beispiel 26a

Zementierung eines Strecker-Stents mit Gold

- 30 Ein Strecker-Stent (ca. 200 mg) wird in einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) mit Gold beschichtet (2 Minuten 30 mg Gold(III)-chlorid in 30 ml 5 % iger aqu. Salzsäure). Der so erhaltene Stent wird 3 mal mit 10 % iger aqu. Salpetersäure und 2 mal mit Wasser gewaschen. Anschließend 2 mal mit Acetonitril und getrocknet.

### Beispiel 26b

- 35 Anknüpfung von 11-Amino-undecyl-1-thiol an die Oberfläche

- 500 mg 11-Aminoundecyl-1-thiol werden in einer Lösung bestehend aus 10 ml 7,5 % iger aqu. Salpetersäure/5 ml Tetrahydrofuran/3 ml 1,2-Dichlormethan gelöst. In diese Lösung taucht man den aus Beispiel 26a hergestellten Strecker-Stent unter Schutzgas (im
- 40 Ultraschall-Bad/37°C). Man beschallt ca. 15 Minuten. Der Stent wird 3 mal mit Ethanol gewaschen, anschließend 2 mal mit Acetonitril.

### Beispiel 26c

- 45 Kupplung mit DTPA-Bis-Anhydrid

Der in Beispiel 26b beschriebene Stent wird in eine <sup>24</sup>7,5 % ige aqu. Natriumcarbonat-Lösung getaucht und unter Rühren wird bei 0°C 500 mg DTPA-Bis-Anhydrid in 5 Portionen zu je 100 mg zugesetzt. Man rührt 10 Minuten bei 0°C. Der Stent wird 2 mal mit 5 % iger aqu. Salzsäure, anschließend 3 mal mit Wasser und 2 mal mit Acetonitril gewaschen.

### Beispiel 26d

Indium-111-Markierung des DTPA-Amid derivatisierten Stents

Der in Beispiel 26c beschriebene Stent wird in eine Lösung von Acetat-Puffer (0,001 mol, pH 5,5) eingetaucht und In-111-Lösung (Ausgangsaktivität: 48,8 MBq) zugegeben. Man rührt 5 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 3 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 2 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,2 MBq.

### Beispiel 27a

Kupplung von DOTA an den Stent von Beispiel 26b

Man taucht den aus Beispiel 26b erhaltenen Stent in eine Lösung aus Phosphatpuffer (0,1 mol/l, pH 7,4) und setzt 150 mg 1,4,7,10-Tetra(carboxymethyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecan (DOTA) zu. Man kühlt auf 0°C ab und gibt 200 mg N-Hydroxysulfosuccinimid (Sulfo-NHS) und 200 mg 1-Ethyl-3-(dimethylaminopropyl)-carbodiimid HCl (EDC) zu. Man rührt 30 Minuten bei 0°C. Der Stent wird 2 mal mit Wasser, 2 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen.

### Beispiel 27b

Markierung mit In-111

Der in Beispiel 27a beschriebene Stent wird in eine Lösung von Acetat-Puffer (0,01 mol, pH 5) eingetaucht und In-111-Lösung (Ausgangsaktivität: 37,3 MBq) zugesetzt. Man erwärmt 30 Minuten auf 50°C. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,45 MBq.

### Beispiel 28a

Kupplung von 4-Isothiocyanato-benzyl-DTPA an den Stent aus Beispiel 26b

Ein wie in Beispiel 26b präparierter Stent wird in eine Lösung von Natriumcarbonat-Puffer (0,1 mol/l, pH 9) eingetaucht und 100 mg 4-Isothiocyanato-benzyl-DTPA (Gansow, O. WO 91/14459) zugegeben. Man rührt 30 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalzlösung.

### Beispiel 28b

45

### Markierung mit Cu-67

Der in Beispiel 28a beschriebene Stent wird in eine Lösung von Acetat-Puffer (0,01 mol, pH 5) eingetaucht und Cu-67-Lösung (Ausgangsaktivität: 34,5 MBq) zugesetzt. Man rührt 5 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,98 MBq.

### Beispiel 29a

10 Kupplung von 4-Isothiocyanato-benzyl-DOTA an den Stent aus Beispiel 26b

Ein wie in Beispiel 26b präparierter Stent wird in eine Lösung von Natriumcarbonat-Puffer (0,1 mol/l, pH 9) eingetaucht und 100 mg 4-Isothiocyanato-benzyl-DOTA (Gansow, O. US 4,923,985) zugegeben. Man rührt 30 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalzlösung.

### Beispiel 29b

#### Markierung mit Cu-67

20 Der in Beispiel 29a beschriebene Stent wird in eine Lösung von Acetat-Puffer (0,01 mol, pH 5) eingetaucht und Cu-67-Lösung (Ausgangsaktivität: 28,6 MBq) zugesetzt. Man rührt 15 Minuten bei 40°C. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,77 MBq.

### Beispiel 30a

#### Bisamid von Cystamin mit DTPA

30 10 g (28 mmol) DTPA-Bis-Anhydrid werden in 100 ml Dimethylsulfoxid suspendiert. Man kühlt auf 0°C und setzt 5,7 g (56 mmol) Triethylamin zu. Anschließend gibt man 1,58 g (7 mmol) Cystamin Dihydrochlorid zu und rührt 24 Stunden bei Raumtemperatur. Man setzt 20 ml Ameisensäure und 1000 ml Diethylether zu. Der ausgefallene Feststoff wird abfiltriert und an RP18 chromatographiert (Laufmittel: Gradient aus Acetonitril/THF/Wasser). Das nach Eindampfen der Hauptfraktionen erhaltene Produkt wird aus wenig Methanol umkristallisiert.

35 Ausbeute: 1,96 g (31 % der Theorie bezogen auf Cystamin) eines farblosen, hygroskopischen Feststoffes.

Wassergehalt: 6,8 %

40 Elementaranalyse (berechnet auf wasserfreie Substanz):

ber.: C 42,57      H 6,03      N 12,41      S 7,10

gef.: C 42,39      H 5,97      N 12,53      S 7,03

### Beispiel 30b

45 Kupplung von DTPA-Cysteaminamid an einen Gold-zementierten Strecker-Stent (26a)

26

Der in Beispiel 26a beschriebene Strecker-Stent wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) fixiert und eine Lösung von Phosphat-Puffer (0,1 mol/l, pH 5) zugegeben. Zu der Lösung gibt man 100 mg der Titelverbindung aus Beispiel 126a und legt eine Spannung von 3 V an. Es wird 15 Minuten bei Raumtemperatur elektrolysiert. Der Stent wird 4 mal mit Wasser gewaschen und kann direkt zur Markierung verwendet werden.

**Beispiel 30c**

Markierung mit In-111

Der in Beispiel 30b beschriebene Stent wird in eine Lösung von Acetat-Puffer (0,01 mol, pH 5) eingetaucht und In-111-Lösung (Ausgangsaktivität: 34,7 MBq) zugesetzt. Man rührt 5 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,11 MBq.

**Beispiel 31**

Markierung mit Cu-67

Der in Beispiel 30b beschriebene Stent wird in eine Lösung von Acetat-Puffer (0,01 mol, pH 5) eingetaucht und Cu-67-Lösung (Ausgangsaktivität: 41,2 MBq) zugesetzt. Man rührt 3 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,97 MBq.

**Beispiel 32a**

Kupplung von N,N-dimethyl-2-(3,3,5,11,13,13-hexamethyl-1,2-dithia-5,8,11-triazacyclotridecan-8-yl)-ethylamin an einen Gold-zementierten Strecker-Stent

Der in Beispiel 26a beschriebene Strecker-Stent wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) fixiert und eine Lösung von Phosphat-Puffer (0,1 mol/l, pH 5) zugegeben. Zu der Lösung gibt man 100 mg N,N-dimethyl-2-(3,3,5,11,13,13-hexamethyl-1,2-dithia-5,8,11-triazacyclotridecan-8-yl)-ethylamin (hergestellt nach WO 96/11918, Beispiel 27) und legt eine Spannung von 3,5 V an. Es wird 15 Minuten bei Raumtemperatur elektrolysiert. Der Stent wird 4 mal mit Wasser gewaschen und kann direkt zur Markierung verwendet werden.

**Beispiel 32b**

Markierung mit Re-186

Der in Beispiel 32a beschriebene Stent wird in eine Lösung bestehend aus 30 ml Acetat-Puffer (0,01 mol, pH 5 und 100 mg Zinn(II)-chlorid) eingetaucht und Re-186-Lösung (Ausgangsaktivität: 48,3 MBq) zugesetzt. Man rührt 3 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonat-Lösung gewaschen, anschließend 3 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,44 MBq.

**Beispiel 33**

27

Markierung eines Gold-zementierten Stents mit In-111 unter in situ-Kupplung der Titelverbindung aus Beispiel 30a mittels elektrochemischer Reduktion

5

Der in Beispiel 26a beschriebene Strecker-Stent wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) fixiert und eine Lösung von Phosphat-Puffer (0,1 mol/l, pH 5) zugegeben. Zu der Lösung gibt man 10 mg der Titelverbindung aus Beispiel 30a, In-111-Lösung (Ausgangsaktivität: 34,6 MBq) und legt eine Spannung von 3 V an. Es wird 15 Minuten bei Raumtemperatur elektrolysiert. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonatlösung, 2 mal mit Wasser gewaschen und kann direkt implantiert werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,77 MBq.

10

**Beispiel 34**

15 Markierung eines Gold-zementierten Stents mit Cu-67 unter in situ-Kupplung der Titelverbindung aus Beispiel 30a elektrochemischer Reduktion

Der in Beispiel 26a beschriebene Strecker-Stent wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) fixiert und eine Lösung von Zitronensäure-Puffer (0,1 mol/l, pH 5) zugegeben. Zu der Lösung gibt man 10 mg der Titelverbindung aus Beispiel 30a, Cu-67-Lösung (Ausgangsaktivität: 36,7 MBq) und legt eine Spannung von 1,8 V an. Es wird 15 Minuten bei Raumtemperatur elektrolysiert. Der Stent wird 2 mal mit 3 % iger aqu. Natriumcarbonatlösung, 2 mal mit Wasser gewaschen und kann direkt implantiert werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,98 MBq.

20

**Beispiel 35**

25 Markierung mit S-35

Ein nach 26a hergestellter Stent wird in eine Lösung aus 5 % iger wässriger Salzsäure gestellt und eine Lösung von S-35-Cystein (Anfangsaktivität 37,5 MBq) hinzugefügt. Man rührt 5 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Es wird eine Radioaktivitätsmenge von 1,35 MBq gemessen.

30

28

**Beispiel 36**

Markierung eines Strecker-Stents mit Cu-67

- 5 Ein Strecker-Stent (93 mg) wird in eine Elektrolysezelle wie in Abb. 1 beschrieben, fixiert. Anschließend füllt man die Zelle mit einer 5 %igen wäßrigen Salzsäure-Lösung auf und gibt eine Cu-67 Lösung zu (Ausgangsaktivität 47,4 MBq). Dann wird eine Spannung von 2 V angelegt. Man elektrolysiert 5 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird über ein Ventil abgelassen und der Stent 4 mal mit physiologischer
- 10 Kochsalz-Lösung gewaschen. Ein auf diese Weise oberflächenmarkierter Strecker-Stent enthält eine Radioaktivitätsmenge von 1,56 MBq und kann direkt als Implantat verwendet werden.

**Beispiel 37**

- 15 Markierung eines Nitinol-Stents mit Cu-67

Ein Nitinol-Stent (ca. 500 mg) wurde in analoger Weise wie in Beispiel 1 beschrieben, markiert. Jedoch wurde 10 Minuten bei 1,5 V elektrolysiert. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 3,21 MBq.

- 20 **Beispiel 38**

Markierung eines Nitinol-Stents mit Re-186

- 25 Ein Nitinol-Stent (ca. 1000 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle wie in Abb. 1 beschrieben, fixiert. Dann gibt man Phosphat-Puffer (0,01 mol/l, pH 5) zu. Anschließend wird eine Re-186 Lösung (Ausgangsaktivität 51,4 MBq) zugegeben und eine Spannung von 2,5 V angelegt. Man elektrolysiert 10 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 2,44 MBq.

- 30 **Beispiel 39**

Markierung eines Palmaz-Schatz-Stents (316 stainless-steel) mit Re-186

- 35 Ein Palmaz-Stent (ca. 200 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle fixiert (Abb. 1) und eine Lösung aus 5 % wäßriger Salpetersäure in der 150 mg Natriumchlorid/ml gelöst sind zugegeben. Man gibt eine Re-186 Lösung (Ausgangsaktivität: 37,4 MBq) zu und legt eine Spannung von 2,3 V an. Man elektrolysiert 5 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalz-Lösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,98 MBq.

**Beispiel 40**

29

Markierung eines Strecker-Stents mit Au-199

- 5 Ein Strecker-Stent (ca. 150 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 7,5 % iger wäßriger Salzsäure zugegeben. Dann wird eine Au-199 Lösung (Ausgangsaktivität: 45,2 MBq) zugegeben und eine Spannung von 1,5 V angelegt. Man elektrolysiert 5 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine
- 10 Radioaktivitätsmenge von 2,13 MBq.

**Beispiel 41**

Markierung eines Strecker-Stents mit Au-199

- 15 Ein Strecker-Stent (ca. 350 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 2,5 % iger wäßriger Salzsäure, in der 100 mg Tetramethylammoniumchlorid/ml gelöst sind, zugegeben. Dann wird eine Au-199 Lösung (Ausgangsaktivität: 55,6 MBq) zugegeben und eine Spannung von 1,2 V angelegt. Man elektrolysiert 4 Minuten bei
- 20 Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,81 MBq.

**Beispiel 42**

Markierung eines Z-Stents (304 Stainless-steel) mit Au-199

- 25 Ein Z-Stent (ca. 250 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 2,5 % iger wäßriger Salpetersäure, in der 100 mg Tetramethylammoniumchlorid/ml gelöst sind, zugegeben. Dann wird eine Au-199 Lösung (Ausgangsaktivität: 38,6 MBq) zugegeben und eine Spannung von 1,2 V angelegt. Man elektrolysiert 3 Minuten bei
- 30 Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,13 MBq.

**Beispiel 43**

- 35 Markierung eines Z-Stents (304 Stainless-steel) mit Ag-110

Ein Z-Stent (ca. 250 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 5 % iger wäßriger Salpetersäure, in der 100 mg Tetramethylammoniumnitrat/ml gelöst sind, zugegeben. Dann wird eine Ag-110 Lösung (Ausgangsaktivität: 56,8 MBq) zugegeben

40 und eine Spannung von 1,5 V angelegt. Man elektrolysiert 2 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,54 MBq.

**Beispiel 44**

- 45 Markierung eines Nitinol-Stents (304 Stainless-steel) mit Ag-110

30

Ein Nitinol-Stent (ca. 1500 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 7,5 % iger wäßriger Salpetersäure, in der 150 mg Tetramethylammoniumnitrat/ml gelöst sind, zugegeben. Dann wird eine Ag-110 Lösung (Ausgangsaktivität: 39,4 MBq) zugegeben und eine Spannung von 1,4 V angelegt. Man elektrolysiert 10 Minuten bei  
5 Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 4 mal mit Wasser und 2 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,78 MBq.

**Beispiel 45**

10 Markierung eines Nitinol-Stents mit In-111

Ein Nitinol-Stent (ca. 1500 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 5 % iger wäßriger Zitronensäure, in der 150 mg Tetramethylammoniumchlorid/ml gelöst sind, zugegeben. Dann wird eine In-111 Lösung (Ausgangsaktivität: 51,3 MBq)  
15 zugegeben und eine Spannung von 3,5 V angelegt. Man elektrolysiert 7 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 2 mal mit Wasser und 2 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,45 MBq.

**Beispiel 46**

20 Markierung eines Z-Stents mit In-111

Ein Z-Stent (ca. 500 mg) wird in einer Elektrolyse-Zelle (Abb. 1) und eine Lösung aus 5 % iger wäßriger Zitronensäure, in der 150 mg Tetramethylammoniumchlorid/ml gelöst  
25 sind, zugegeben. Dann wird eine In-111 Lösung (Ausgangsaktivität: 36,9 MBq) zugegeben und eine Spannung von 3,8 V angelegt. Man elektrolysiert 12 Minuten bei Raumtemperatur. Die radioaktive Lösung wird entfernt und der Stent 2 mal mit Wasser und 2 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,77 MBq.

30 **Beispiel 47**

Markierung eines Strecker-Stents mit Au-199

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2b) wird ein Strecker-Stent (ca. 93 mg) mit einer  
35 wässrigen Salzsäure-Lösung (pH 3) versetzt. Man fügt Au-199 Chlorid-Lösung (Ausgangsaktivität: 32,6 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,22 MBq.

40 **Beispiel 48**

Markierung eines Strecker-Stents mit Ag-110

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) wird ein Strecker-Stent (ca. 496 mg) mit einer  
45 wässrigen Salpetersäure-Lösung (pH 4) versetzt. Man fügt Ag-110 Nitrat-Lösung (Ausgangsaktivität: 37,6 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent

wird 4 mal mit verdünnter Salpetersäure (pH 3), 2 mal mit Wasser gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,02 MBq.

#### **Beispiel 49**

5

Markierung eines Z-Stents mit Au-199

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) wird ein Z-Stent (ca. 987 mg) mit einer wässrigen Salzsäure-Lösung (pH 3) versetzt. Man fügt Au-199 Chlorid-Lösung (Ausgangsaktivität: 41,5 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,13 MBq.

10

#### **Beispiel 50**

15 Markierung eines Nitinol-Stents mit Au-199

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2b) wird ein Nitinol-Stent (ca. 488 mg) mit einer wässrigen Salzsäure-Lösung (pH 3) versetzt. Man fügt Au-199 Chlorid-Lösung (Ausgangsaktivität: 39,7 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,98 MBq.

20

#### **Beispiel 51**

25 Markierung eines Strecker-Stents mit Re-186

Ein Strecker-Stent wird in eine Elektrolysezelle (Abb. 1) gebracht und eine Lösung von schwefelsaurer Zinksulfatlösung (50 mg/ml, pH 5) zugegeben. Nach Einbringung einer Zinkanode wird bei einer Spannung von 1,5 V 10 Minuten elektrolysiert. Der so verzinkte Stent wird 4 mal mit Wasser gewaschen. In einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) wird der oben beschriebene Stent mit einer wässrigen Zitronensäure-Lösung (pH 5) versetzt. Man fügt Re-186-Lösung (Ausgangsaktivität: 41,6 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,31 MBq.

30

35

#### **Beispiel 52**

Markierung eines Z-Stents (304 Stainless-steel) mit Re-186

Ein Strecker-Stent wird in eine Elektrolysezelle (Abb. 1) gebracht und eine Lösung von salzsaurer Zinn(II)chlorid-Lösung (50 mg/ml, pH 5) zugegeben. Nach Einbringung einer Zinnanode wird bei einer Spannung von 3 V 5 Minuten elektrolysiert. Der so verzinkte Stent wird 4 mal mit Wasser gewaschen. In einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) wird der oben beschriebene Stent mit einer wässrigen Zitronensäure-Lösung (pH 5) versetzt. Man fügt Re-186-Lösung (Ausgangsaktivität: 37,7 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen

40

45

und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,44 MBq.

### Beispiel 53

#### 5 Markierung eines Nitinol-Stents mit Cu-67

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2b) wird ein Nitinol-Stent (ca. 488 mg) mit einer wässrigen Salzsäure-Lösung (pH 3) versetzt. Man fügt Cu-67 Sulfat-Lösung (Ausgangsaktivität: 24,6 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,55 MBq.

### Beispiel 54

#### 15 Markierung eines Palmaz-Stents (316 Stainless-steel) mit Cu-67

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) wird ein Palmaz-Stent (ca. 977 mg) mit einer wässrigen Salzsäure-Lösung (pH 3) versetzt. Man fügt Cu-67 Sulfat-Lösung (Ausgangsaktivität: 24,6 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 0,88 MBq.

### Beispiel 55

#### 25 Markierung eines Palmaz-Stents (316 stainless-steel) mit Re-186

Ein Palmaz-Stent wird in eine Elektrolysezelle (Abb. 1) gebracht und eine Lösung von salzsaure Zinn(II)chlorid-Lösung (50 mg/ml, pH 5) zugegeben. Nach Einbringung einer Zinnanode wird bei einer Spannung von 3 V 5 Minuten elektrolysiert. Der so verzinnte Stent wird 4 mal mit Wasser gewaschen. In einem Zementationsgefäß (Abb. 2b) wird der oben beschriebene Stent mit einer wässrigen Zitronensäure-Lösung (pH 5) versetzt. Man fügt Re-186-Lösung (Ausgangsaktivität: 34,5 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,98 MBq.

### Beispiel 56

#### Markierung eines Palmaz-Stents (316 stainless-steel) mit Ag-110

In einem Zementationsgefäß (Abb. 2a) wird ein Palmaz-Stent (ca. 977 mg) mit einer wässrigen Salpetersäure-Lösung (pH 4) versetzt. Man fügt Ag-110 Sulfat-Lösung (Ausgangsaktivität: 24,6 MBq) zu und rührt 10 Minuten bei Raumtemperatur. Der Stent wird 4 mal mit Wasser gewaschen und kann direkt zur Implantation verwendet werden. Der Stent zeigte eine Radioaktivitätsmenge von 1,12 MBq.

**Beispiel 57**

Ein Palmaz-Stent (15 mm, 80,3 mg, Johnson und Johnson) wird mit 1,0 ml Markierungslösung bestehend aus 173 µl Natriumperrhenatlösung (164 MBq) und 827 µl 1 N HCl überschichtet. Das Reaktionsgefäß wird 60 min. bei 50°C in ein Ultraschallbad (80% US-Leistung) eingestellt. Anschließend wird der Stent entnommen, mit dest. H<sub>2</sub>O gespült und getrocknet. Der getrocknete Stent trägt eine Aktivität von 36,2 MBq = 0,45 MBq/mg Stent. Zur Ablösung unspezifisch gebundener Aktivität wird der Stent 60 min. in 1 ml 0,9 %-iger NaCl-Lösung bei 37°C inkubiert. Nach dem Trocknen trägt der Stent noch eine Aktivität von 9,7 MBq = 0,12 MBq/mg Stent.

**Beispiel 58**

Ein Palmatz-Stent (1/11 Stent = 26,2 mg, Johnson & Johnson) wird mit 1,5 ml Markierungslösung bestehend aus 60 µl Perrhenatlösung (60 MBq) und 1440 µl 1 N HCl überschichtet. Das Reaktionsgefäß wird dicht verschlossen und 30 min. auf 100°C (siedendes Wasserbad) erhitzt. Anschließend wird der Stent entnommen, mit dest. H<sub>2</sub>O gespült und getrocknet. Der getrocknete Stent trägt eine Aktivität von 25,9 MBq (0,98 MBq/mg Stent). Zur Ablösung bzw. Fixierung unspezifisch gebundener Aktivität wird der Stent 10 min. in 2 ml 0,1 M Gentsinsäure/0,1 M SnCl<sub>2</sub>-Lösung unter Schütteln inkubiert. Nach dem Trocknen trägt der Stent eine Aktivität von 16,1 MBq (0,61 MBq/mg Stent).

**Beispiel 59**

Ein Palmatz-Stent (31,4 mg, Johnson & Johnson) wird mit 1,5 ml Markierungslösung bestehend aus 60 µl Natriumperrhenatlösung (81 MBq) und 1440 µl 0,75 N HCl überschichtet. Das Reaktionsgefäß wird dicht verschlossen und 30 min. auf 100°C (siedendes Wasserbad) erhitzt. Anschließend wird der Stent entnommen, mit dest. H<sub>2</sub>O gespült und getrocknet. Auf dem getrockneten Stent sind 27,1 MBq (0,86 MBq/mg Stent) fixiert. Zur Ablösung unspezifisch gebundener Aktivität wird der Stent anschließend in 2 ml 0,1 M alkoholischer Tetrabutylammoniumbromid-Lösung 10 min. unter Schütteln inkubiert. Nach dem Trocknen sind auf dem Stent 17,0 MBq (0,54 MBq/mg Stent) fixiert.

**Beispiel 60**

Der Stent aus Beispiel 59 wird nach dem Trocknen bei Raumtemperatur mehrmals in eine Lösung aus 16 % Vinylacetat-Acrylatpolymer in Ethylacetat getaucht. Nach dem Trocknen ist der Stent gebrauchsfertig.

## Bezugszeichenliste

1	Deckel
2	Septum
3	Septum
4	Zelle (Teflon oder Glas)
5	Stent
6	Lösung
7	(+) Pt-Anode, Ringanode
8	Magnetrührstäbchen
9	(-) Pt-Kathode
10	Absperrventil
11	2-Wege-Ventil
12	Magnetrührer
13	Spülflüssigkeit
14	Aktiv-Lösung

---

Zugabe der Lösungen: Injektionsspritze oder Dosierpumpe

Bei Zugabe mit der Injektionsspritze: Septa in den Deckel setzen.

---

Wird bei erhöhter Temperatur elektrolysiert, ist die Lösung vorgewärmt.

**Patentansprüche**

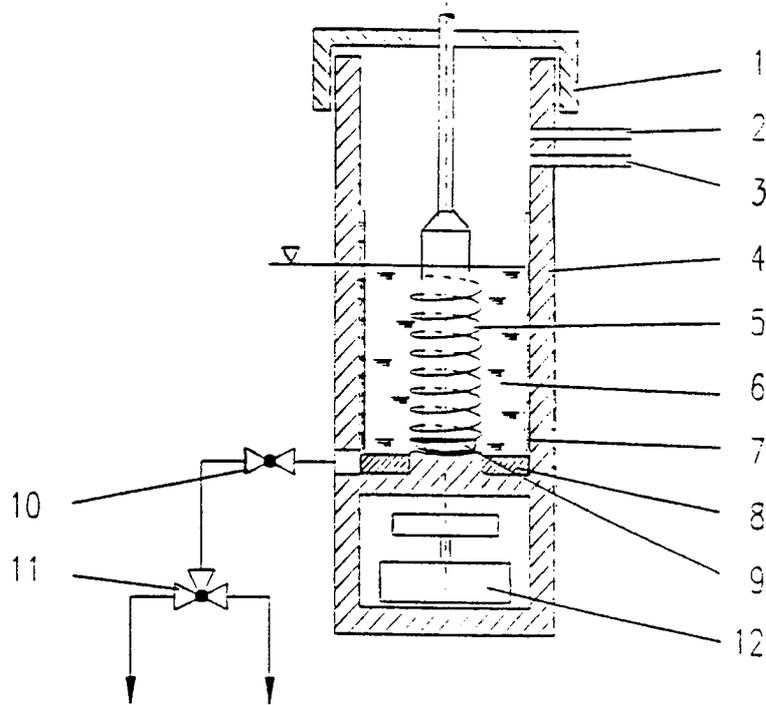
35

1. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents, dadurch gekennzeichnet, daß ein  
5 nichtradioaktiver Stent in eine Lösung, die mindestens ein radioaktives Isotop in  
ionischer Form enthält, getaucht wird und das Isotop dann chemisch auf dem Stent  
abgeschieden wird.
2. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 1, dadurch  
10 gekennzeichnet, daß das Isotop reduktiv auf dem Stent abgeschieden wird.
3. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 2, dadurch  
gekennzeichnet, daß als Reduktionsmittel  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{KBH}_4$ , Dimethylboran,  
Formaldehyd oder Natriumhypophosphit verwendet wird.
- 15 4. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, daß das Isotop durch chemische Fällung auf dem Stent  
abgeschieden wird.
- 20 5. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 4, dadurch  
gekennzeichnet, daß als Fällungsmittel Oxalsäure, Oxalate, Phosphorsäure,  
Phosphate oder  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  verwendet wird.
- 25 6. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß einem der Ansprüche 1 - 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß das radioaktive Isotop ein Isotop des Elementes Ag,  
Au, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, P, Pb, Pd, Pm, Pt, Re,  
Rh, Ru, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y ist.
- 30 7. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents durch chemische Fällung gemäß  
Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallstentoberfläche in einer  
radioaktiven Phosphorsäurelösung anodisch oxidiert wird.
- 35 8. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß einem der Ansprüche 1 - 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Isotope oberflächlich auf dem Stent  
abgeschieden werden.
- 40 9. Verwendung radioaktiver Stents, die nach einem der Verfahren nach einem der  
Ansprüche 1 - 8 hergestellt sind, zur Herstellung eines Implantates für die  
Restenoseprophylaxe.
- 45 10. Radioaktive Stents, dadurch gekennzeichnet, daß das radioaktive Isotop mittels  
mindestens eines Haftvermittlers auf der Oberfläche des Stents fixiert ist.

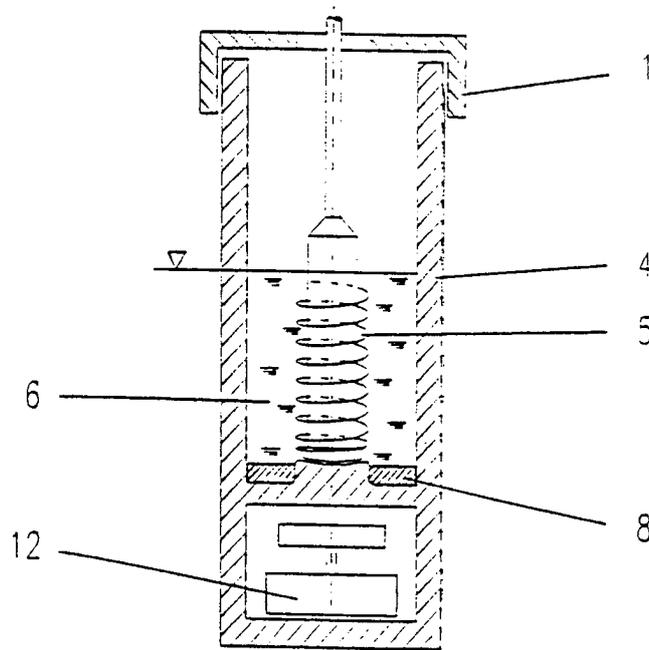
11. Radioaktive Stents, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein radioaktives Isotop der Elemente Ag, Au, Ba, Bi, C, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, P, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y mittels mindestens eines Haftvermittlers auf der Oberfläche des Stents fixiert ist.
- 5
12. Radioaktive Stents gemäß Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Haftvermittler aus einem Peptid, einem Fett oder aus Gold in Kombination mit einem thiolgruppenhaltigen Komplexbildner besteht.
- 10
13. Radioaktive Stents gemäß Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Haftvermittler aus einem komplexbildenden Peptid, einem komplexbildenden Fett oder aus Gold in Kombination mit einem thiolgruppenhaltigen Komplexbildner besteht.
- 15
14. Radioaktive Stents gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das radioaktive Isotop ein Isotop der Elemente Ag, Au, Ba, Bi, C, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, P, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y ist.
- 20
15. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents, dadurch gekennzeichnet, daß ein radioaktives Isotop mit einem Haftvermittler bei 0-100°C umgesetzt wird und der Stent anschließend mit dem radioaktiv markierten Haftvermittler bei 0°-100°C beschichtet wird.
- 25
16. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents, dadurch gekennzeichnet, daß ein nichtradioaktiver Stent mit dem Haftvermittler bei 0°-100°C beschichtet wird und anschließend bei 0-100°C mit einer Lösung des radioaktiven Isotops versetzt wird.
- 30
17. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents, dadurch gekennzeichnet, daß ein nichtradioaktiver Stent mit Gold beschichtet wird und anschließend bei 0-100°C mit einer Lösung einer <sup>35</sup>S-markierten Thiolverbindung versetzt wird.
- 35
18. Verwendung von Stents bestehend aus Stentgrundkörper, Haftvermittler und radioaktivem Isotop zur Herstellung eines Implantates zur Prophylaxe von Restenosen.
- 40
19. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents, dadurch gekennzeichnet, daß ein nichtradioaktiver Stent in eine Lösung, die das radioaktive Isotop in ionischer Form enthält, getaucht wird, und das Isotop dann elektrochemisch auf dem Stent abgeschieden wird.
- 45
20. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Isotop galvanisch auf dem Stent abgeschieden wird.
21. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Isotop durch Zementation auf dem Stent abgeschieden wird.

- 37
22. Verfahren gemäß mindestens einem der Ansprüche 19-21, dadurch gekennzeichnet, daß das radioaktive Isotop ein Isotop der Elemente Ag, Au, Bi, Co, Cr, Cu, Fe, Gd, Hg, Ho, In, Ir, Lu, Mn, Ni, Pb, Pd, Pm, Pt, Re, Rh, Ru, Sc, Sm, Tb, Tc oder Y ist.
- 5
23. Verfahren zur Herstellung eines radioaktiven Stents gemäß Anspruch 1 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Lösung, die das radioaktive Isotop in ionischer Form enthält, zusätzlich Salzsäure enthält.
- 10
24. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 1 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Stents in einem weiteren Verfahrensschritt mit einer Lösung behandelt werden, die Reduktionsmittel und Hydroxycarbonsäuren enthält.
- 15
25. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 1 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Stents in einem weiteren Verfahrensschritt mit einer Lösung behandelt werden, die Alkohole und lipophile Kationen enthält.
26. Verfahren zur Herstellung radioaktiver Stents gemäß Anspruch 23, 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Stent zusätzlich mit einem Polymer versiegelt ist.
- 20
27. Verwendung radioaktiver Stents, die oberflächlich mit radioaktiven Isotopen beschichtet sind, zur Herstellung eines Implantates für die Restenoseprophylaxe.

### Galvanisierzelle (Abb. 1)



### Zementierungszelle (Abb. 2a)



### Zementierungszelle (Abb. 2b)

