



(12) Ausschließungspatent

(11) **DD 297 636 A5**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1  
Patentgesetz der DDR  
vom 27.10.1983  
in Übereinstimmung mit den entsprechenden  
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 07 C 251/02 C 07 D 277/28  
C 07 C 211/27 C 07 D 513/04  
C 07 C 251/32 A 61 K 39/44  
C 07 D 405/12 A 61 K 49/02  
C 07 D 233/91 G 01 N 33/534

## DEUTSCHES PATENTAMT

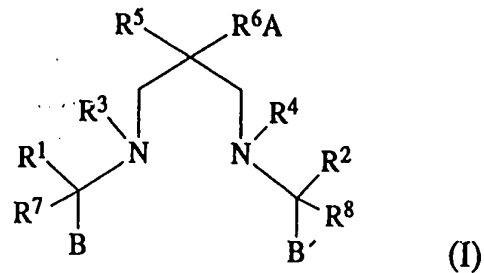
In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD C 07 C / 343 845 5	(22)	05.09.90	(44)	16.01.92
(31)	P3930674.7	(32)	11.09.89	(33)	DE

(71) siehe (73)  
 (72) Neumeier, Reinhard, Dr.; Kramp, Wolfgang, Dr.; Mäcke, Helmut R., Dr., DE  
 (73) Institut für Diagnostikforschung GmbH, Spandauer Damm 130, W - 1000 Berlin 19, DE  
 (74) Dr. Dr. Wolfgang Wablat, Patentanwalt, Potsdamer Chaussee 48, W - 1000 Berlin 38, DE

(54) **Chelatbildner zur Komplexierung von radioaktiven Isotopen, deren Metallkomplexe sowie ihre Verwendung in Diagnostik und Therapie**

(57) Die Erfindung betrifft Verbindungen der allgemeinen Formel (I), worin A gegebenenfalls eine funktionelle und/oder aktivierte Gruppe C für die Kopplung an sich selektiv anreichernde Verbindungen oder eine über die Gruppe C gekoppelte sich selektiv anreichernde Verbindung enthalten kann B und B' sind funktionelle Gruppen für die koordinative Bindung von Metallionen tragenden Gruppen. Die neuen Verbindungen dienen zur Komplexierung von radioaktiven Metallionen, insbesondere Rhenium- und Technetium-Isotopen, und werden in der medizinischen Diagnostik und Therapie eingesetzt. Formel (I)

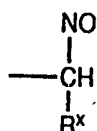


## Patentansprüche:

### 1. Verbindungen der allgemeinen Formel I



worin  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^5$  gleich oder unterschiedlich sind und für Wasserstoff oder einen gegebenenfalls mit einer Hydroxylgruppe substituierten  $C_{1-6}$ -Alkylrest,  
 $R^3$  und  $R^4$  gleich oder unterschiedlich sind und für ein Wasserstoffatom, einen  $C_{1-6}$ -Alkyl-, einen Amino( $C_{1-6}$ -alkyl-, einen Carboxymethyl-, einen ( $C_{1-6}$ -Alkoxy-carbonyl)methyl- oder einen ( $C_{1-6}$ -Alkoxy-carbonyl)benzylrest,  
 $R^6$  für einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest,  
 $R^7$  und  $R^8$  gleich oder unterschiedlich sind und für Wasserstoff oder einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest und  
 $B$  und  $B'$  gleich oder unterschiedlich sind und für einen mit 1–3 Hydroxylgruppen substituierten Phenyl-, Naphthyl-, 2-Mercaptophenyl-, Thienyl-, Pyrrolyl- oder einen Nitrosomethylrest der Formel



stehen,

worin  $R^x$  einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest, der gegebenenfalls zusammen mit  $R^1$  bzw.  $R^2$  über eine Trimethylen- oder Tetramethylen-Gruppe zu einem 5- bzw. 6-Ring cyclisiert ist, bedeutet und A eine funktionelle Gruppe C darstellt,

wobei C für einen Amino-, einen Hydrazino- oder Hydrazido-, einen Carboxy-, einen  $C_{2-6}$ -Alkynyl- oder -Alkenyl-, einen Hydroxyl-, einen Aminophenyl-, einen Oxiranyl-, einen fluorierten Phenoxy-carbonyl-, einen Halogen-, einen Formyl-, einen Nitril-, einen Phenylisothiocyanato- oder einen gegebenenfalls mit einem Natriumsulfatrest substituierten Succinimidoxycarbonylrest steht, oder eine – mit Hilfe der funktionellen Gruppe C gebundene – sich selektiv in Läsionen oder bestimmten Geweben anreichernde Verbindung T enthält,

wobei T für monoklonale Antikörper oder deren Fragmente, Hormone, Enzyme, Wachstumsfaktoren, Liganden für Zellmembranrezeptoren, Steroide, Neurotransmitter, Lipide, Saccharide, Aminosäuren und Oligopeptide, Biotin, sowie Radiosensitizer, wie z. B. Misonidazol steht,

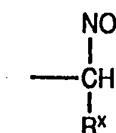
deren Komplexe mit – zur Diagnostik und Tumorthherapie geeigneten – radioaktiven Metallionen, sowie deren Salze mit anorganischen und organischen Säuren.

2. Verbindungen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^7$  und  $R^8$  für Wasserstoffatome oder Methylreste stehen.
3. Verbindungen nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß A als funktionelle Gruppe C einen Carboxy-, einen Amino-, einen  $C_{2-6}$ -Alkenyl-, einen  $C_{2-6}$ -Alkynyl-, einen Nitril-, einen Tetrahydropyranyloxy-, einen Oxiranyl-, einen Aminophenyl- oder einen Phenylisothiocyanato- rest darstellt oder eine mit Hilfe von C gebundene Verbindung T vorzugsweise monoklonale Antikörper, deren Fragmente, Biotin oder Misonidazol enthält.
4. Metallchelate nach Anspruch 1 mit koordinativ gebundenen, radioaktiven Ionen von Tc, Re, Cu, Co, Ga, Y und In, bevorzugt Tc und Re.
5. Verwendung der Chelate gemäß Anspruch 4 für die In-vivo-Diagnostik und Tumorthherapie.
6. Pharmazeutische Mittel enthaltend mindestens ein Chelat gemäß Anspruch 1, gegebenenfalls mit den in der Galenik üblichen Zusätzen.

## 7. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen der allgemeinen Formel I



worin  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^5$  gleich oder unterschiedlich sind und für Wasserstoff oder einen gegebenenfalls mit einer Hydroxylgruppe substituierten  $C_{1-6}$ -Alkylrest,  
 $R^3$  und  $R^4$  gleich oder unterschiedlich sind und für ein Wasserstoffatom, einen  $C_{1-6}$ -Alkyl-, einen Amino( $C_{1-6}$ )-alkyl-, einen Carboxymethyl-, einen ( $C_{1-6}$ -Alkoxy-carbonyl)methyl- oder einen ( $C_{1-6}$ -Alkoxy-carbonyl)benzylrest,  
 $R^6$  für einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest,  
 $R^7$  und  $R^8$  gleich oder unterschiedlich sind und für Wasserstoff oder einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest und  
 $B$  und  $B'$  gleich oder unterschiedlich sind und für einen mit 1–3 Hydroxylgruppen substituierten Phenyl-, Naphthyl-, 2-Mercaptophenyl-, Thienyl-, Pyrrolyl- oder einen Nitrosomethylrest der Formel



stehen,

worin  $R^x$  einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest, der gegebenenfalls zusammen mit  $R^1$  bzw.  $R^2$  über eine Trimethylen- oder Tetramethylengruppe zu einem 5- bzw. 6-Ring cyclisiert ist, bedeutet  
 und  $A$  eine funktionelle Gruppe  $C$  darstellt,  
 wobei  $C$  für einen Amino-, einen Hydrazino- oder Hydrazido-, einen Carboxy-, einen  $C_{2-6}$ -Alkynyl- oder -Alkenyl-, einen Hydroxyl-, einen Aminophenyl-, einen Oxiranyl-, einen fluorierten Phenoxy-carbonyl-, einen Halogen-, einen Formyl-, einen Nitril-, einen Phenylisothiocyanato- oder einen gegebenenfalls mit einem Natriumsulfatrest substituierten Succinimidoxycarbonylrest steht, oder eine – mit Hilfe der funktionellen Gruppe  $C$  gebundene – sich selektiv in Läsionen oder bestimmten Geweben anreichernde Verbindung  $T$  enthält,  
 wobei  $T$  für monoklonale Antikörper oder deren Fragmente, Hormone, Enzyme, Wachstumsfaktoren, Liganden für Zellmembranrezeptoren, Steroide, Neurotransmitter, Lipide, Saccharide, Aminosäuren und Oligopeptide, Biotin, sowie Radiosensitizer, wie z. B. Misonidazol steht,  
 deren Komplexe mit – z. B. Diagnostik und Tumorthherapie geeigneten – radioaktiven Metallionen, sowie deren Salze mit anorganischen und organischen Säuren, dadurch gekennzeichnet, daß man ein 1,3-Propandiamin der allgemeinen Formel II



worin  $R^5$ ,  $R^6$  und  $A$  die obengenannten Bedeutungen haben,  
 mit einer Verbindung der allgemeinen Formel III bzw. IV



in denen  $R^1 = R^2$ ,  $B = B'$  gilt und  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $B$  und  $B'$  die obengenannten Bedeutungen haben,  
 in einem polaren Lösungsmittel, vorzugsweise Ethanol, oder unter Verwendung eines Wasserabscheiders in einem unpolaren Lösungsmittel, vorzugsweise Benzol, bei Temperaturen von 25–180 °C innerhalb von 6 Stunden bis 3 Tagen umsetzt,

die Iminofunktion in an sich bekannter Weise, vorzugsweise mit Natriumborhydrid in einem polaren Lösungsmittel, vorzugsweise einem Methanol/Wasser-Gemisch, bei Temperaturen von 25–100°C innerhalb von 0,5 bis 24 Stunden, vorzugsweise 2 Stunden, reduziert, oder indem man ein Propandiamin der allgemeinen Formel II



worin R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> und A die obengenannten Bedeutungen haben, mit einer Verbindung der allgemeinen Formel V bzw. VI



in denen B = B' gilt und B und B' die obengenannten Bedeutungen haben, in B enthaltene Hydroxyl-, Mercapto- und Aminogruppen in geschützter Form vorliegen und X für ein Halogenatom, vorzugsweise für ein Chloratom steht, oder substituierte Malonsäurehalogenide, vorzugsweise Malonsäurechloride der allgemeinen Formel VII,



worin R<sup>5</sup> und R<sup>6</sup> die obengenannten Bedeutungen haben, X für ein Halogenatom steht und gegebenenfalls in B vorhandene Hydroxylgruppen in geschützter Form vorliegen, mit einem Amin der allgemeinen Formel VIII bzw. IX



in denen R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup>, R<sup>7</sup> = R<sup>8</sup>, B = B' gilt und R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>7</sup>, R<sup>8</sup>, B und B' die obengenannten Bedeutungen haben, in einem aprotischen Lösungsmittel, vorzugsweise Dichlormethan, bei Temperaturen von 0–180°C, vorzugsweise bei Raumtemperatur, innerhalb von 2 bis 24 Stunden, vorzugsweise 4 Stunden, unter Zusatz von Triethylamin umgesetzt, die Amidfunktion in an sich bekannter Weise, vorzugsweise mit Boran in THF oder mit Lithiumaluminiumhydrid in einem aprotischen Lösungsmittel, vorzugsweise Diethylether, bei Temperaturen von 25–150°C innerhalb von 0,5 bis 24 Stunden, vorzugsweise 8 Stunden, zur entsprechenden Aminofunktion reduziert, die Aminogruppen gegebenenfalls in an sich bekannter Weise alkyliert und vorhandene Schutzgruppen abspaltet

und die auf diesen gleichwertigen Wegen erhaltenen Verbindungen gegebenenfalls vor Generierung der freien funktionellen Gruppe C an den vorhandenen Aminogruppen mit Schutzionen, z. B. als Cu-Komplex, schützt und anschließend die so erhaltenen Verbindungen gewünschtenfalls über die in A vorhandene funktionelle Gruppe C an sich selektiv anreichernde Verbindungen T koppelt und die Aromat-Substituenten B und B' gewünschtenfalls mit dem jeweils gewünschten radioaktiven Isotop komplexiert, wobei man vorher im Produkt gegebenenfalls vorhandene Schutzionen nach an sich literaturbekannten Methoden entfernt und die Reihenfolge der Schritte Komplexierung mit Technetium- oder Rhenium-Isotopen und Kopplung an T vertauscht werden kann.

### Beschreibung

Seit längerer Zeit werden radioaktive Metallionen, meist gebunden an einen Komplexbildner, für die In-vivo-Diagnostik verwendet. Hiervon ist Technetium-99m (Tc-99m) aufgrund seiner für diese Zwecke nahezu idealen physikalischen Eigenschaften – gute Absorption der Strahlung in entsprechenden Detektionsgeräten (Gammakamera, SPECT-Geräte) gegenüber einer geringen Absorption im menschlichen Organismus und leichte Verfügbarkeit über einen Molybdän/Technetium-Generator – das am häufigsten in der klinischen Nuklearmedizin verwendete Radionuklid. Seine kurze Halbwertszeit von 6,02h garantiert eine nur geringe Belastung des Patienten mit Gammastrahlung, zumal auch das Tochternuklid Technetium-99 nur eine vernachlässigbare Reststrahlung besitzt. Ein Nachteil des Technetiums ist allerdings seine komplizierte und noch nicht vollständig bekannte Komplex-Chemie. Technetium kann in einer Reihe von Oxidationsstufen (+7 bis -1) vorliegen, die die pharmakologischen Eigenschaften durch Veränderung der Ladung eines Komplexes stark verändern können. Es ist deswegen nötig, Komplexe zu synthetisieren, die das Technetium in einer definierten Oxidationsstufe binden und Redox-Reaktionen, die zu einer Redistribution des Pharmakons führen könnten, verhindern. Eine Reihe solcher Tc-99m-Komplexbildner sind bereits bekannt und werden klinisch angewendet. Bei neutralen Komplexen handelt es sich vielfach um Systeme, in denen das Tc-99m zwischen 2–4 Stickstoffatomen und 0–2 Schwefelatomen gebunden wird (N<sub>2</sub>S<sub>2</sub>-, N<sub>3</sub>S- und Propylenaminoximkomplexe). Vielfach ist jedoch die ungenügende Stabilität dieser Tc-99m-Komplexe ein wesentlicher Nachteil (Hung, J. C., et al.; J. Nucl. Med. 29: 1568, 1988). In der klinischen Anwendung muß deswegen z. B. HMPAO (Hexamethyl-propylenaminoxim) kurz nach seiner Markierung mit Perthechnetat appliziert werden, damit der Anteil an Zerfallsprodukten, die die diagnostische Aussagekraft vermindern, nicht zu hoch wird. Eine Kopplung dieser Chelate bzw. Chelatbildner an andere, sich selektiv in Krankheitsherden anreichernde Substanzen ist nicht möglich. Daher verteilen sich die meisten der erwähnten Komplexe entsprechend der Durchblutung und/oder metabolischen Aktivität eines Organs (z. B. Europ. Patent Appl. 0 194 843), so daß z. B. nekrotische oder ischämische Regionen nach Infarkt oder Schlaganfall in einem Szintigramm dargestellt werden können. Für eine erfolgreiche Diagnostik von Tumoren, neurologischen Erkrankungen oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind jedoch Substanzen vielversprechender, die molekulare Veränderungen der erkrankten Gewebe darstellen können, indem sie spezifisch an diese erkrankten Gewebe binden bzw. in deren Stoffwechsel eingeschleust werden. Die Erkenntnisse der biologischen und biochemischen Grundlagenforschung erlauben die Auswahl einer Reihe von Substanzen, die sich in Krankheitsherden selektiv anreichern: Diverse Tumoren entwickeln erhöhte oder erniedrigte Oberflächenkonzentrationen an Rezeptoren z. B. für Wachstumsfaktoren oder Steroidhormone (Sledge, G. W.; Adv. Cancer Res. 38: 61–75 [1983]). Auch bei neurologischen Erkrankungen kommt es zu einer Veränderung der Konzentration von Rezeptoren für Neurotransmitter in bestimmten Bereichen des Hirns (Frost, J. J.; Trends Pharmacol. Sci. 7: 490–496 [1987]). Weiterhin zeigen erkrankte, geschädigte oder zu Tumorzellen transformierte Zellen oft starke Veränderungen ihres Metabolismus und einen Sauerstoffmangel im Innern des Tumors. Die Ausnutzung solcher physiologischer Besonderheiten kann der In-vivo-Diagnostik dienen, indem z. B. Hormone, Wachstumsfaktoren, Neurotransmitter oder bestimmte Stoffwechselprodukte wie Fettsäuren, Saccharide, Peptide oder Aminosäuren an Chelatbildner für Tc-99m gekoppelt werden. Auch Substanzen wie Misonidazol (ein Radiosensitizer) bzw. andere in Abwesenheit von Sauerstoff sich zu Radikalen umsetzende Verbindungen können zur spezifischen Anreicherung von radioaktiven Isotopen und somit bildlichen Darstellung von Tumoren oder ischämischen Regionen herangezogen werden. Schließlich ist auch die Kopplung an monoklonale Antikörper möglich, die aufgrund ihrer hohen Spezifität zu einem vielversprechenden Instrument in der Tumordiagnostik geworden sind. Für die Herstellung von Diagnostika nach dem beschriebenen Prinzip ist es notwendig, daß Chelatbildner für radioaktive Metallionen, insbesondere Tc-99m, an in erkrankten Geweben sich selektiv anreichernde Substanzen gekoppelt werden können. Da die Isotope des Rheniums (Re-188 und Re-186) ähnliche chemische Eigenschaften wie Tc-99m besitzen, können die Chelatbildner auch zur Komplexierung dieser Isotope verwendet werden. Die genannten Re-Isotope sind  $\beta$ -Strahler. Somit sind die sich selektiv anreichernden Substanzen mit Rhenium statt mit Technetium komplexiert auch in der Tumorthherapie einsetzbar. Die bisher bekannten Ansätze zur Kopplung von Chelatbildnern an sich selektiv anreichernde Substanzen können vielfach als nicht zufriedenstellend betrachtet werden. Werden die funktionellen Gruppen des Komplexbildners zur Bindung des Chelatbildners an ein solches Molekül benutzt, so kommt es häufig zu einer Abschwächung der Komplexstabilität, d. h. ein diagnostisch nicht tolerierbarer Anteil des Isotops wird aus dem Konjugat freigesetzt. (Brechtel, M. W., et. al., Inorg. Chem. 25: 2772 [1986]) Es ist deswegen notwendig bifunktionelle Komplexbildner herzustellen, d. h. Komplexbildner, die sowohl funktionelle Gruppen zur koordinativen Bindung des gewünschten Metallions als auch eine (andere) funktionelle Gruppe zur Bindung des sich selektiv anreichernden Moleküls tragen. Solche bifunktionellen Liganden ermöglichen eine spezifische, chemisch definierte Bindung von Technetium an verschiedenste biologische Materialien, auch dann, wenn ein sogenanntes Prelabeling durchgeführt wird. Da nach dieser Methode zuerst die Markierung mit Tc-99m und die Isolierung der Komplexe durchgeführt und erst in einem zweiten Schritt dieser Komplex mit einem sich selektiv anreichendem Molekül verknüpft wird, erhält man die markierten Verbindungen mit einem hohen Reinheitsgrad.

Es wurden einige Chelatbildner gekoppelt an monoklonale Antikörper (z. B. Europ. Patent App. 0247 866 und 0 188 256) oder Fettsäuren (Europ. Patent Appl. 0200492) beschrieben. Als Chelatbildner werden jedoch die bereits erwähnten  $N_2S_2$ -Systeme verwendet, die aufgrund ihrer geringen Stabilität wenig geeignet sind. Die etwas stabileren  $N_3S$ -Chelate zeigten gekoppelt an monoklonale Antikörper keinen so starken Verlust des Tc-99m aus den Konjugaten (J. Lister-James; J. Nucl. Med. 30:793 und Europ. Patent Appl. 0284071).

Da sowohl die sich selektiv anreichernden Substanzen in ihren Eigenschaften, sowie auch die Mechanismen, nach denen sie angereichert werden, sehr unterschiedlich sind, ist es weiterhin notwendig, den kopplungsfähigen Chelatbildner variieren und den physiologischen Anforderungen des Kopplungspartners hinsichtlich Lipo- und Hydrophilie, Membranpermeabilität bzw. -impermeabilität etc. anpassen zu können.

Es besteht aus diesen Gründen ein dringlicher Bedarf an stabilen Komplexverbindungen, die gekoppelt oder fähig zur Kopplung an unterschiedliche sich selektiv anreichernde Verbindungen sind.

Aufgabe der Erfindung ist es somit, stabile Chelatbildner, die eine funktionelle Gruppe zur Kopplung an eine sich selektiv anreichernde Verbindung oder eine mit Hilfe dieser funktionellen Gruppe gekoppelte sich selektiv anreichernde Verbindung enthalten, zur Verfügung zu stellen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Verbindungen der allgemeinen Formel I gelöst,



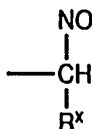
worin  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^5$  gleich oder unterschiedlich sind und für Wasserstoff oder einen gegebenenfalls mit einer Hydroxylgruppe substituierten  $C_{1-6}$ -Alkylrest,

$R^3$  und  $R^4$  gleich oder unterschiedlich sind und für ein Wasserstoffatom, einen  $C_{1-6}$ -Alkyl-, einen Amino( $C_{1-6}$ )-alkyl-, einen Carboxymethyl-, einen ( $C_{1-6}$ -Alkoxy-carbonyl)methyl- oder einen ( $C_{1-6}$ -Alkoxy-carbonyl)benzylrest,

$R^6$  für einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest,

$R^7$  und  $R^8$  gleich oder unterschiedlich sind und für Wasserstoff oder einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest und

B und B' gleich oder unterschiedlich sind und für einen mit 1-3 Hydroxylgruppen substituierten Phenyl-, Naphthyl-, 2-Mercaptophenyl-, Thieryl-, Pyrrolyl- oder einen Nitrosomethylrest der Formel



stehen,

worin  $R^x$  einen  $C_{1-6}$ -Alkylrest, der gegebenenfalls zusammen mit  $R^1$  bzw.  $R^2$  über eine Trimethylen- oder Tetramethylen-Gruppe zu einem 5- bzw. 6-Ring cyclisiert ist, bedeutet

und A eine funktionelle Gruppe C darstellt,

wobei C für einen Amino-, einen Hydrazino- oder Hydrazido-, einen Carboxy-, einen  $C_{2-6}$ -Alkyl- oder -Alkenyl-, einen Hydroxyl-, einen Aminophenyl-, einen Oxiranyl-, einen fluorierten Phenoxy-carbonyl-, einen Halogen-, einen Formyl-, einen Nitril-, einen Phenylisothiocyanato- oder einen gegebenenfalls mit einem Natriumsulfatrest substituierten Succinimidoxycarbonylrest steht, oder eine – mit Hilfe der funktionellen Gruppe C gebundene – sich selektiv in Läsionen oder bestimmten Geweben anreichernde Verbindung T enthält,

wobei T für monoklonale Antikörper oder deren Fragmente, Hormone, Enzyme, Wachstumsfaktoren, Liganden für Zellmembranrezeptoren, Steroide, Neurotransmitter, Lipide, Saccharide, Aminosäuren und Oligopeptide, Biotin, sowie Radiosensitizer, wie z. B. Misonidazol steht,

deren Komplexe mit – zur Diagnostik und Tumorthherapie geeigneten – radioaktiven Metallionen, sowie deren Salze mit anorganischen und organischen Säuren.

Erfindungsgemäß bevorzugt sind diejenigen Verbindungen gemäß Anspruch 1, in denen  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^7$  und  $R^8$  Wasserstoffatome oder Methylreste bedeuten sowie diejenigen Verbindungen gemäß Anspruch 1, in denen die gegebenenfalls in A enthaltene funktionelle Gruppe C für einen Carboxyl-, einen Amino-, einen  $C_{2-6}$ -Alkenyl-, einen  $C_{2-6}$ -Alkyl-, einen Nitril-, einen Tetrahydropyran-oxo-, einen Nitrophenyl-, einen Oxiranyl-, einen Aminophenyl- oder einen Phenylisothiocyanato- und die gegebenenfalls in A enthaltene sich selektiv anreichernde Verbindung T für monoklonale Antikörper, deren Fragmente, Biotin oder Misonidazol steht.

Überraschenderweise zeigten viele der synthetisierten und mit Tc-99m markierten Chelate eine höhere Stabilität als die vergleichbaren  $N_2S_2$ -,  $N_3S$ - und Propylenaminoxim-Chelate. So konnten z. B. bei einer erfindungsgemäßen Substanz (Beispiel 12), die über einen Aminophenylrest an Biotin gekoppelt wurde, keine Zersetzung-Produkte nach 5 Std. beobachtet werden, während dies bei dem vergleichbaren, literaturbekannten HMPAO der Fall war (Hung, J. C., et al.; J. Nucl. Med. 29: 1568, 1988). Auch durch Wettbewerbsversuche konnte festgestellt werden, daß die in dieser Erfindung beschriebenen Chelate Tc-99m besser als die vergleichbaren  $N_2S_2$ -,  $N_3S$ - und Propylenaminoxim-Chelaten komplexieren. Die in der Erfindung beschriebenen Chelate sind damit eindeutig für diagnostische und therapeutische Zwecke geeignet als die bisher bekannten Chelate.

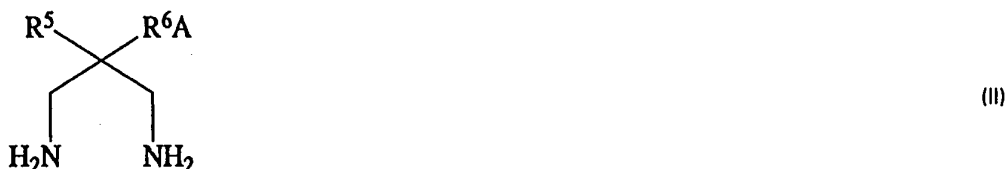
Die Herstellung der Verbindungen gemäß Anspruch 1 erfolgt, indem man ein 1,3-Propandiamin der allgemeinen Formel II



worin  $R^5$ ,  $R^6$  und A die obengenannten Bedeutungen haben, mit einer Verbindung der allgemeinen Formel III bzw. IV



in denen  $R^1 = R^2$ ,  $B = B'$  gilt und  $R^1$ ,  $R^2$ , B und  $B'$  die oben genannten Bedeutungen haben, in einem polaren Lösungsmittel, vorzugsweise Ethanol, oder unter Verwendung eines Wasserabscheiders in einem unpolaren Lösungsmittel, vorzugsweise Benzol, bei Temperaturen von 25–180°C innerhalb von 6 Stunden bis 3 Tagen umsetzt, die Iminofunktion in an sich bekannter Weise, vorzugsweise mit Natriumborhydrid in einem polaren Lösungsmittel, vorzugsweise einem Methanol/Wasser-Gemisch, bei Temperaturen von 25–100°C innerhalb von 0,5 bis 24 Stunden, vorzugsweise 2 Stunden, reduziert, oder indem man ein Propandiamin der allgemeinen Formel II



worin  $R^5$ ,  $R^6$  und A die obengenannten Bedeutungen haben, mit einer Verbindung der allgemeinen Formel V bzw. VI



in denen  $B = B'$  gilt und B und  $B'$  die obengenannten Bedeutungen haben, in B enthaltene Hydroxyl-, Mercapto- und Aminogruppen in geschützter Form vorliegen und X für ein Halogenatom, vorzugsweise für ein Chloratom steht, oder substituierte Malonsäurehalogenide, vorzugsweise Malonsäurechloride der allgemeinen Formel VII,



worin  $R^5$  und  $R^6$  die obengenannten Bedeutungen haben, X für ein Halogenatom steht und gegebenenfalls in B vorhandene Hydroxylgruppen in geschützter Form vorliegen, mit einem Amin der allgemeinen Formel VIII bzw. IX



in den  $R^1 = R^2$ ,  $R^7 = R^8$ ,  $B = B'$  gilt und  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^7$ ,  $R^8$ , B und  $B'$  die obengenannten Bedeutungen haben,

in einem aprotischen Lösungsmittel, vorzugsweise Dichlormethan, bei Temperaturen von 0–180°C, vorzugsweise bei Raumtemperatur, innerhalb von 2 bis 24 Stunden, vorzugsweise 4 Stunden, unter Zusatz von Triethylamin umgesetzt, die Amidfunktion in an sich bekannter Weise, vorzugsweise mit Boran in THF oder mit Lithiumaluminiumhydrid in einem aprotischen Lösungsmittel, vorzugsweise Diethylether, bei Temperaturen von 25–150°C innerhalb von 0,5 bis 24 Stunden, vorzugsweise 8 Stunden, zur entsprechenden Aminofunktion reduziert, die Aminogruppen gegebenenfalls in an sich bekannter Weise alkyliert und vorhandene Schutzgruppen abspaltet und die auf diesen gleichwertigen Wegen erhaltenen Verbindungen gegebenenfalls vor Generierung der freien funktionellen Gruppe C die vorhandenen Aminogruppen mit Schutzgruppen, z. B. als Cu-Komplex, schützt und anschließend die so erhaltenen Verbindungen gewünschtenfalls über die in A vorhandene funktionelle Gruppe C an sich selektiv anreichernde Verbindungen T koppelt und die Aromat-Substituenten B und B' gewünschtenfalls mit dem jeweils gewünschten radioaktiven Isotop komplexiert, wobei man vorher im Produkt gegebenenfalls vorhandene Schutzgruppen nach an sich literaturbekannten Methoden entfernt und die Reihenfolge der Schritte Komplexierung mit Technetium- oder Rhenium-Isotopen und Kopplung an T vertauscht werden kann.

Als Hydroxyschutzgruppen kommen z. B. die Benzyl-, 4-Methoxybenzyl-, 4-Nitrobenzyl-, Trityl-, Diphenylmethyl-, Trimethylsilyl-, Dimethyl-t-butylsilyl- und Diphenyl-t-butylsilylgruppe in Frage. Im Falle von Polyolen können die Hydroxygruppen auch in Form von Ketalen mit z. B. Aceton, Acetaldehyd, Cyclohexanon oder Benzaldehyd geschützt sein. Ferner können die Hydroxygruppen auch z. B. als THP-Ether,  $\alpha$ -Alkoxythioether, MEM-Ether oder als Ester mit aromatischen oder aliphatischen Carbonsäuren, wie z. B. Essigsäure oder Benzoesäure, vorliegen. Die Hydroxyschutzgruppen können nach dem Fachmann bekannten Literaturmethoden, z. B. durch Hydrogenolyse, reduktive Spaltung mit Lithium/Ammoniak, Säurebehandlung der Ether und Ketale oder Alkalibehandlung der Ester freigesetzt werden (siehe z. B. „Protective Groups in Organic Synthesis“, T. W. Greene, John Wiley and Sons 1981).

Als Aminoschutzgruppen kommen z. B. Trifluoracetyl-, t-Butoxycarbonyl-, 2,2,2-Trichloroethoxycarbonyl-, Benzoxycarbonyl- und Acetylgruppen in Frage. Die Aminoschutzgruppen können nach literaturbekannten Methoden, z. B. durch basische oder saure Hydrolyse, reduktive Spaltung mit Zink und Essigsäure oder Hydrogenolyse abgespalten werden.

Als Mercaptoschutzgruppen kommen  $C_{1-6}$ -Alkylreste oder Benzylthioether in Frage. Die Abspaltung der Mercaptoschutzgruppen erfolgt wahlweise mit Alkalialkylthiolaten, Alkalialkoholaten oder Alkalimetallen, vorzugsweise mit Natriummethylthiolat in einem polaren Lösungsmittel, vorzugsweise in HMPT, DMF oder Dimethylacetamid oder durch reduktive Spaltung mit Natrium/Ammoniak.

Nicht symmetrische Verbindungen ( $B \neq B'$ ) lassen sich über kommerziell erhältliche, gemischte Malonsäureester darstellen, die eine selektive Umsetzung von zunächst nur einer der beiden unterschiedlichen Esterfunktionen zum Carbonsäureamid erlauben. Insbesondere sind dies Methyl-, Benzyl- oder t-Butylester, die sich nach literaturbekannten Methoden leicht neben anderen Carbonsäureestern, z. B. einem Ethylester, selektiv verseifen lassen. Die daraus resultierende freie Carbonsäurefunktion wird in an sich bekannter Weise in das entsprechende Carbonsäurechlorid überführt und anschließend mit einem gegebenenfalls substituierten primären Amin zu einem sekundären Carbonsäureamid umgesetzt. Die verbleibende Esterfunktion wird anschließend, wie bereits beschrieben, mit Ammoniak in ein primäres Carbonsäureamid überführt und anschließend die beiden unterschiedlichen Säureamidfunktionen in an sich bekannter Weise zu den unterschiedlich substituierten Aminen reduziert. Die primäre Aminogruppe läßt sich, wie bereits beschrieben, mit einer Verbindung der Formel III oder IV zu dem entsprechenden Imin umsetzen. Die verbleibende sekundäre Aminogruppe kann anschließend unter reduktiven Alkylierungsbedingungen in an sich bekannter Weise mit einer Verbindung der Formel III oder IV umgesetzt werden, wobei gleichzeitig die Iminofunktion zum Amin reduziert wird.

Der Rest C ist dazu geeignet, eine stabile Verbindung zu Proteinen oder anderen sich selektiv anreichernden Molekülen herzustellen. Durch die entsprechende Wahl der funktionellen Gruppe C gelingt die Kopplung unter schonenden Reaktionsbedingungen, die die biologische Funktion und/oder Selektivität nicht beeinflussen.

Die Kopplung an die gewünschten Verbindungen erfolgt ebenfalls nach an sich bekannten Methoden, (z. B. Fritzberg et al., J. Nucl. Med.: 26, 7 [1987]), beispielsweise durch Reaktion der Gruppe C mit nucleophilen Gruppen des sich selektiv anreichernden Moleküls oder, wenn es sich bei der Gruppe C selbst um ein Nucleophil handelt, mit aktivierten Gruppen des sich selektiv anreichernden Moleküls.

Die Gruppe C repräsentiert jeden Substituenten, der einerseits eine funktionelle Gruppe darstellt, die eine Kopplung an ein sich selektiv anreicherndes Molekül unter milden Bedingungen erlaubt (z. B. durch Acylierung oder Amidierung) sowie jede aktivierte Gruppe, die mit nucleophilen Gruppen von Proteinen, Antikörpern, Hormonen oder anderen Biomolekülen reagieren kann, wie der Amino-, Phenol-, Sulfhydryl-, Formyl- oder Imidazol-Gruppe. Unter aktivierter Gruppe wird eine Funktion verstanden, die fähig ist, unter Bildung eines Konjugates mit einem nucleophilen Substituenten eines sich selektiv anreichernden Moleküls oder des Komplexliganden selbst in wässriger Lösung innerhalb einer angemessen kurzen Zeit, unter Reaktionsbedingungen, die weder Denaturierung noch Verlust der biologischen Aktivität zur Folge haben, zu reagieren. Beispiele dafür sind Imidester, Alkylimidester, Amidoalkylimidester, Succinimidester, Acylsuccinimide, Phenolester, substituierte Phenolester, Tetrafluorphenolester, Anhydride, Hydrazide, Alkylhalogenide und Michael-Akzeptoren. C ist bevorzugt ein Monoanhydrid, Säurechlorid, Säurehydrazid, gemischtes Anhydrid, aktivierter Ester (wie Phenol- oder Imid-Ester), Nitren oder Isothiocyanat, insbesondere für die Kopplung mit nucleophilen Gruppen von Aminosäuren oder ein aliphatisches oder aromatisches primäres Amin für die Kopplung an Kohlenhydratresten von Proteinen.

Handelt es sich bei der Gruppe C selbst um ein Nucleophil, kann sie mit aktivierten Gruppen eines sich selektiv anreichernden Moleküls reagieren, wobei auch mit sogenannten „Cross-linking-reagents“ umgesetzte Gruppen des Moleküls mit eingeschlossen sind, wie homobifunktionelle Imidoester, homobifunktionelle H-Hydroxysuccinimidester (NHS) und heterobifunktionelle „Cross-Linker“, die unterschiedliche funktionelle Gruppen, wie NHS-Ester, Pyridyl-Disulfide und aktivierte Halogene, wie  $\alpha$ -Keto-Halogenide enthalten. Solche Cross-Linker sind kommerziell erhältlich.

Als Kopplungspartner (= Verbindung T) sind u. a. verschiedene Biomoleküle vorgesehen: Liganden, die an spezifische Rezeptoren binden und so ein in ihrer Rezeptordichte verändertes Gewebe erkennen können; hierzu gehören u. a. Peptid- und Steroidhormone, Wachstumsfaktoren und Neurotransmitter. Mit Liganden für Steroidhormon-Rezeptoren wurde die Möglichkeit einer verbesserten Diagnostik von Brust- und Prostatacarcinomen aufgezeigt (S. J. Brandes & J. A. Katzenellenbogen,

Nucl. Med. Biol. 15: 53, 1988). Verschiedentlich weisen Tumorzellen eine veränderte Dichte von Rezeptoren für Peptidhormone oder Wachstumsfaktoren, wie z. B. den „epidermal growth factor“ (EGF) auf. Die Konzentrationsunterschiede konnten zur selektiven Anreicherung von Cytostatika in Tumorzellen genutzt werden (E. Aboud-Pirak et al., Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86: 3778, 1989). Vielfach konnten mit Positronen-emittierenden Isotopen markierte Liganden für Neurorezeptoren zur Diagnostik verschiedener Hirnerkrankungen herangezogen werden (J. J. Forst, Trends in Pharmacol. Sci. 7: 490, 1987). Weitere Biomoleküle sind in den Metabolismus der Zellen einschleusbare Metaboliten, die einen veränderten Stoffwechsel erkennbar machen; hierzu gehören beispielsweise Fettsäuren, Saccharide, Peptide und Aminosäuren. Fettsäuren gekoppelt an die unstabileren  $N_2S_2$ -Chelatbildner wurden in der EPA 0200492 beschrieben. Andere Stoffwechselprodukte wie Saccharide (Dexoxyglucose), Lactat, Pyruvat und Aminosäuren (Leucin, Methylmethionin, Glycin) wurden mit Hilfe der PET-Technik zur bildlichen Darstellung von veränderten Stoffwechselfvorgängen herangezogen (R. Weinreich, Swiss Med. 8, 10, 1986). Auch nicht-biologische Substanzen wie Misonidazol und seine Derivate, die sich in Geweben bzw. Gewebeteilen mit reduzierter Sauerstoffkonzentration irreversibel an Zellbestandteile binden, können zur spezifischen Anreicherung von radioaktiven Isotopen und somit bildlichen Darstellung von Tumoren oder ischämischen Regionen herangezogen werden (M. E. Shelton, J. Nucl. Med. 30: 351, 1989). Schließlich ist auch die Kopplung der bifunktionellen Chelatbildner an monoklonale Antikörper bzw. deren Fragmente möglich. Die Biotin enthaltenden erfindungsgemäßen Verbindungen ermöglichen die Bindung der radioaktiven Konjugate an Avidin- oder Streptavidin-haltige Substanzen. Dies kann genutzt werden, um Antikörper-Streptavidin-Konjugate am Tumor anzureichern und die radioaktive Biotin-haltige Komponente erst später zu applizieren, was zu einer verringerten Exposition des Patienten mit radioaktiver Strahlung führt (D. J. Hnatowich et al., J. Nucl. Med. 28: 1294, 1987). Durch Komplexierung der Konjugate mit Tc-99m bzw. Rhenium-Isotopen kann eine Diagnostik und Therapie von Tumoren ermöglicht werden. Es ist unerheblich, ob eine Markierung der Chelatbildner mit Tc-99m oder einem Rhenium-Isotop vor oder nach der Kopplung an das sich selektiv anreichernde Molekül durchgeführt wird. Für eine Kopplung an das sich selektiv anreichernde Molekül nach einer Komplexierung ist jedoch Voraussetzung, daß die Umsetzung des radioaktiven Komplexes mit der sich anreichernden Verbindung schnell, unter schonenden Bedingungen und nahezu quantitativ abläuft, sowie keine anschließende Aufreinigung erforderlich ist.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen pharmazeutischen Mittel erfolgt in an sich bekannter Weise, in dem man die erfindungsgemäßen Komplexbildner unter Zusatz eines Reduktionsmittels, vorzugsweise Zinn-(II)-salzen wie -chlorid oder -tartrat – und gegebenenfalls unter Zugabe der in der Galenik üblichen Zusätze – in wäßrigem Medium löst und anschließend sterilfiltriert. Geeignete Zusätze sind beispielsweise physiologisch unbedenkliche Puffer (z. B. Tromethamin), geringe Zusätze von Elektrolyten (z. B. Natriumchlorid), Stabilisatoren (z. B. Gluconat, Phosphate oder Phosphonate). Das erfindungsgemäße pharmazeutische Mittel liegt in Form einer Lösung oder in lyophilisierter Form vor und wird kurz vor der Applikation mit einer Lösung Tc-99m-Pertheneat, eluiert aus kommerziell erhältlichen Generatoren, oder einer Perrhenatlösung versetzt. Bei der nuklearmedizinischen In-vivo-Anwendung werden die erfindungsgemäßen Mittel in Mengen von  $1 \cdot 10^{-5}$  bis  $5 \cdot 10^4$  nmol/kg Körpergewicht, vorzugsweise in Mengen zwischen  $1 \cdot 10^{-3}$  und  $5 \cdot 10^2$  nmol/kg Körpergewicht dosiert. Ausgehend von einem mittleren Körpergewicht von 70 kg beträgt die Radioaktivitätsmenge für diagnostische Anwendungen zwischen 0,05 und 50 mCi, vorzugsweise 5 bis 30 mCi pro Applikation. Für therapeutische Anwendungen werden zwischen 5 und 500 mCi, vorzugsweise 10–350 mCi appliziert. Die Applikation wird normalerweise durch intravenöse, intraarterielle, peritoneale oder intratumorale Injektion von 0,1 bis 2 ml einer Lösung der erfindungsgemäßen Mittel erfolgen. Bevorzugt ist die intravenöse Applikation.

Die nachfolgenden Beispiele dienen der näheren Erläuterung des Erfindungsgegenstandes.

#### Beispiel 1

##### 2-Methyl-2-(4-nitrobenzyl)-malonsäuredimethylester (1)

Es werden 11,5 g (0,5 mol) Natrium unter einem Stickstoffstrom in einen trockenen 1000 ml fassenden Dreihalskolben mit Rückflußkühler und Trockenrohr sowie Tropftrichter mit Druckausgleich gegeben. Anschließend werden vorsichtig 350 ml Methanol zugetropft und solange gerührt, bis das Natrium vollständig gelöst ist. In die noch warme Natriummethanolat-Lösung wird sehr langsam die methanolische Lösung von 87 g (0,5 mol) Methylmalonsäurediethylester zugetropft. Nach beendeter Zugabe wird noch 30 Minuten gerührt und dann portionsweise mit Hilfe eines Pulvertrichters das 4-Nitrobenzylbromid zugegeben. Nachdem sich alles gelöst hat, wird zunächst 2 Stunden unter Rückfluß erhitzt und anschließend über Nacht bei Raumtemperatur gerührt. Das Lösungsmittel wird am Rotationsverdampfer abgezogen, der Rückstand mit Wasser versetzt und mehrmals mit Ethylacetat (je 250 ml) extrahiert. Die vereinigten organischen Extrakte werden mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen und über Natriumsulfat getrocknet. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleiben schwach gelbe Kristalle. Die Umkristallisation erfolgt aus Dimethylformamid (DMF)/Wasser.

Schmelzpunkt: 94,5–95,0°C

Ausbeute: 74%

$^1H$ -NMR-Daten in DMSO/TMS

1,4 ppm (s, 3H, Me); 3,5 ppm (s, 2H,  $CH_2Ar$ ); 3,8 ppm (s, 6H, MeOOC); 7,2 ppm (d, 2H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

##### 2-Methyl-2-(4-nitrobenzyl)-malonsäurediamid (2)

In einen 500-ml-Rundkolben werden 5,0 g des Esters (1) eingewogen und in 200 ml Methanol gelöst. In diese methanolische Lösung wird bis zur Sättigung Ammoniak eingeleitet, anschließend die katalytische Menge Natrium zugegeben und nach Beendigung der Gasentwicklung der Kolben mit einem Absaugstück mit Luftballon verschlossen und mindestens 1 Woche bei Raumtemperatur stehen gelassen. Es fällt nach einigen Tagen ein weißer Niederschlag aus. Nachdem sämtliches Edukt umgesetzt ist (DC-Kontrolle), wird der ausgefallene Niederschlag abgesaugt und die verbleibende Lösung im Tiefkühlschrank auf  $-20^\circ C$  abgekühlt und erneut abgesaugt. Die Mutterlauge wird am Rotationsverdampfer weiter eingeengt und der ausgefallene Niederschlag wieder abgesaugt. Die Umkristallisation der vereinigten Kristallfraktionen erfolgt aus Acetonitril. Das weiße kristalline Produkt wird im Vakuumexsikkator getrocknet.

Schmelzpunkt: 179°C

Ausbeute: 91%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,2 ppm (s, 3H, Me); 3,3 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 7,1 ppm (s (br), 4H, CONH<sub>2</sub>); 7,3 ppm (d, 2H, ArH); 8,1 ppm (d, 2H, ArH)

#### 2-Methyl-2-(4-nitrobenzyl)-1,3-propandiamin (3)

Das Diamid (2) (5,0 g) wird unter Ausschluß von Luftfeuchtigkeit in 25 ml abs. Tetrahydrofuran in einem 250-ml-Zweihalskolben mit Rückflußkühler und Trockenrohr sowie einem Septum suspendiert. Der Kolben wird in einem Eisbad heruntergekühlt und anschließend die Boran-Lösung in THF mit Hilfe einer 20- bzw. 50-ml-Einwegspritze durch das Septum zugegeben. Nachdem die erforderliche Menge der Boran-Lösung (80 ml einer 1 M Lösung in THF) zugegeben wurde, läßt man auf Raumtemperatur erwärmen. Nach 30 Minuten wird das Gemisch für 4 Stunden unter Rückfluß gekocht. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird der Überschuß an Boran mit Wasser vorsichtig hydrolysiert (insgesamt 16 ml Wasser). Nach Beendigung der Gasentwicklung wird das Reaktionsgemisch quantitativ in einen 500-ml-Rundkolben überführt und das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer vorsichtig abgezogen, es verbleibt ein weißer Niederschlag. Dieser Niederschlag wird mit 125 ml 6 N HCl versetzt und 3 Stunden unter Rückfluß gekocht. Anschließend wird die Salzsäure am Rotationsverdampfer langsam abgezogen. Der Rückstand wird in der minimalen Menge Wasser aufgenommen (ca. 50–70 ml) und auf eine präparierte Ionenaustauschersäule (stark basisch) gegeben und das reine Amin mit destilliertem Wasser eluiert. Das freie Diamin wird aufgefangen (pH-Kontrolle) und die vereinigten Fraktionen werden am Rotationsverdampfer eingeeengt. Als Rückstand verbleibt ein schwach gelbes Öl.

Schmelzpunkt (Hydrochlorid): 270°C

Ausbeute: 80%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,9 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>); 3,0 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 7,5 ppm (d, 2H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH); 8,5 ppm (s (br), 4H, NH<sub>2</sub>)

#### 2-Methyl-2-(4'-nitrobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicyliden-Imin) (4)

Zu einer Lösung von 5,6 g Diamin (3) in 75 ml Ethanol abs. wird unter Rühren eine Lösung von 5,5 g Salicylaldehyd in 75 ml Ethanol abs. zugetropft. Die resultierende Lösung verfärbt sich langsam intensiv gelb. Es wird noch 3 Stunden bei Raumtemperatur gerührt, dabei fällt ein gelber Niederschlag aus, der nach Abkühlen auf –20°C abfiltriert wird. Insgesamt werden 7,5 g des Diimins erhalten.

Schmelzpunkt: 103°C

Ausbeute: 77%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,1 ppm (s, 3H, Me); 3,0 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 6,9 ppm (m, 4H, ArH); 7,3–7,4 ppm (m, 8H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N)

#### 2-Methyl-2-(4'-nitrobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (5)

Zu einer Lösung von 2 g Diimin (4) in 50 ml Ethanol werden unter Rühren 300 mg Natriumborhydrid zugegeben und 2 Stunden bei 0°C gerührt. Anschließend werden 20 ml Wasser zugetropft und 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt, danach das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer abgezogen und der Rückstand in Wasser aufgenommen. Mit einer gesättigten Kaliumcarbonatlösung wird auf pH 11 gebracht und der Niederschlag in Chloroform aufgenommen. Nach Trocknen über Natriumsulfat und abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein kristalliner Rückstand. Nach Umkristallisation aus Acetonitril verbleiben weiße Kristalle.

Schmelzpunkt: 151°C

Ausbeute: 81%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

0,9 ppm (s, 3H, Me); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,8 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,9 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,8 ppm (m, 4H, ArH); 7,0–7,3 ppm (m, 6H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

#### 2-Methyl-2-(4'-aminobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (6)

In einem 50-ml-Zweihalskolben werden 20 mg 10% Pd/C in 25 ml MeOH suspendiert und mit Wasserstoff gesättigt. Anschließend wird die Lösung von 218 mg (5) (0,5 mmol) 4 ml Methanol und 833 µl 6 N Salzsäure mit einer 5 ml Einwegspritze durch ein Septum zugegeben. Nach Beendigung der Wasserstoffaufnahme wird vom Katalysator abgetrennt und das Lösungsmittel im Vakuum abgezogen. Es verbleiben weiße Kristalle. Die Umkristallisation erfolgt aus Methanol.

Ausbeute: 73%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,8 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 4,1 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,8–7,5 ppm (m, 12H, ArH)

#### 2-Methyl-2-(4-isothiocyanatobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (7)

Eine 85%ige Lösung von Thiophosgen in Tetrachlorkohlenstoff (0,2 ml, 2,23 mmol) wird zu der Lösung von Verbindung (6) (0,16 mmol) in 4 ml Salzsäure (3 M) gegeben. Das Reaktionsgemisch wird 6 Stunden bei Raumtemperatur gerührt und dann im Vakuum bis zur Trockene eingeeengt.

Ausbeute: 87%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,8 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 3,0 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 4,1 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,8–7,4 ppm (m, 12H, ArH)

**Beispiel 2****2-(4-Nitrobenzyl)-malonsäurediethylester (8)**

Es werden 21,4 g Lithiumdiisopropylamid zu 210 ml wasserfreiem Tetrahydrofuran unter einem Stickstoffstrom in einem trockenen Dreihalskolben mit Trockenrohr und Tropftrichter mit Druckausgleich gegeben. Anschließend werden bei Raumtemperatur 58,0 g Malonsäurediethylester in 100 ml wasserfreiem Tetrahydrofuran innerhalb von 40 Minuten zugetropft. Nach 30 Minuten wird die Reaktionslösung auf  $-62^{\circ}\text{C}$  abgekühlt und 39,1 g 4-Nitrobenzylbromid in Tetrahydrofuran langsam unter starkem Rühren zugetropft, eine weitere Stunde bei  $-62^{\circ}\text{C}$  gerührt und anschließend wird der gebildete Niederschlag in der Kälte abfiltriert. Das Filtrat wird am Rotationsverdampfer eingeengt, der Rückstand in 300 ml Ethanol bei  $65^{\circ}\text{C}$  in Lösung gebracht und vom unlöslichen Rückstand abgetrennt. Nach dem Abkühlen erhält man 34,7 g schwach gelbliche Kristalle.

Schmelzpunkt:  $57-58^{\circ}\text{C}$

Ausbeute: 65%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{CDCl}_3/\text{TMS}$

1,2 ppm (t, 6H,  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 3,3 ppm (d, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 3,6 ppm (t, 1H, CH); 4,1 ppm (q, 4H,  $\text{CH}_2\text{CH}_3$ ); 7,4 ppm (d, 2H, ArH); 8,1 ppm (d, 2H, ArH)

**2-(4-Nitrobenzyl)-malonsäurediamid (9)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (2) dargestellt.

Schmelzpunkt:  $225-228^{\circ}\text{C}$

Ausbeute 98%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{DMSO}/\text{TMS}$

3,1 ppm (d, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 3,4 ppm (t, 1H, CH); 7,1 ppm (s, 4H,  $\text{NH}_2$ ); 7,4 ppm (d, 2H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

**2-(4-Nitrobenzyl)-1,3-propandiamin (10)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (3) dargestellt.

Schmelzpunkt (Hydrochlorid):  $273-275^{\circ}\text{C}$

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{D}_2\text{O}$

1,3 ppm (t, 1H, CH); 3,1 ppm (d, 4H,  $\text{CH}_2\text{NH}_2$ ); 3,2 ppm (d, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 7,5 ppm (d, 2H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

**2-(4'-Nitrobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenimin) (11)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Schmelzpunkt:  $75^{\circ}\text{C}$

Ausbeute: 68%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{CDCl}_3/\text{TMS}$

1,5 ppm (m, 1H, CH); 3,2 ppm (d, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 3,5 ppm (m, 4H,  $\text{CH}_2\text{N}=\text{C}$ ); 7,1 ppm (m, 4H, ArH); 7,3-7,4 ppm (m, 8H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H,  $\text{CH}=\text{N}$ )

**2-(4'-Nitrobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (12)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt.

Ausbeute: 90%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{CDCl}_3/\text{TMS}$

1,6 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H,  $\text{CH}_2\text{NH}$ ); 2,8 ppm (d, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 3,9 ppm (m, 4H,  $\text{ArCH}_2\text{NH}$ ); 6,9 ppm (m, 4H, ArH); 7,1-7,3 ppm (m, 6H, ArH); 8,1 ppm (d, 2H, ArH)

**2-(4'-Aminobenzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (13)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (6) dargestellt.

Ausbeute: 84%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{DMSO}/\text{TMS}$

1,5 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H,  $\text{CH}_2\text{NH}_2$ ); 2,7 ppm (t, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 4,1 ppm (m, 4H,  $\text{ArCH}_2\text{NH}$ ); 6,3-7,5 ppm (m, 12H, ArH)

**Beispiel 3****1,7-Bis(2,3-Dihydroxyphenyl)-4-(4'-nitrobenzyl)-2,6-diazahepta-1,6-dien (14)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (14) dargestellt.

Ausbeute: 76%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{CDCl}_3/\text{TMS}$

1,5 ppm (m, 1H, CH); 3,1 ppm (d, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 3,5 ppm (m, 4H,  $\text{CH}_2\text{N}=\text{C}$ ); 6,8-7,0 ppm (m, 8H, ArH); 7,4 ppm (m, 2H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H,  $\text{CH}=\text{N}$ )

**1,7-Bis(2,3-Dihydroxyphenyl)-4-(4'-nitrobenzyl)-2,6-diazaheptan (15)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt.

Ausbeute: 38%

$^1\text{H-NMR}$ -Daten in  $\text{CDCl}_3/\text{TMS}$

1,6 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H,  $\text{CH}_2\text{NH}$ ); 2,9 ppm (s, 2H,  $\text{CH}_2\text{Ar}$ ); 4,0 ppm (m, 4H,  $\text{ArCH}_2\text{NH}$ ); 6,5-7,3 ppm (m, 8H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

**1,7-Bis(2,3-Dihydroxyphenyl)-4-(4-aminobenzyl)-2,6-diazaheptan (16)**

Es werden 250 mg der Nitroverbindung (15) in 30 ml 50%igem Methanol (pH 11) gelöst und bei Raumtemperatur unter Zusatz von 25 mg Pd/Alox hydriert. Nach Abtrennen des Katalysators und Einengen verbleiben 60 mg eines kristallinen Festkörpers.

Ausbeute: 27%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,5 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>); 2,7 ppm (t, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 4,1 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,6–7,5 ppm (m, 12H, ArH)

#### Beispiel 4

##### 2-[4'-(Tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-malonsäuredimethylester (17)

7,9 g (0,3 mol) Natrium werden in einem 500-ml-Dreihalskolben mit Rückflußkühler und Trockenrohr sowie Tropftrichter mit Druckausgleich unter einem Stickstoffstrom gegeben. Anschließend werden vorsichtig 250 ml Methanol wasserfrei zugetropft und solange gerührt, bis das Natrium vollständig gelöst ist. In die noch warme Natriummethanolat-Lösung wird sehr langsam die methanolische Lösung von 95,4 g (0,58 mol) Malonsäurediethylesters zugetropft. Nach beendeter Zugabe wird noch 1 Stunde unter Rückfluß gekocht und dann langsam 0,5 mol 1-Chlor-4-tetrahydro-pyraniloxybutan zugetropft. Nach beendeter Zugabe wird über Nacht unter Rückfluß gekocht. Das Lösungsmittel wird am Rotationsverdampfer abgezogen, der Rückstand mit Wasser versetzt und mehrmals mit Ethylacetat extrahiert. Die vereinigten organischen Extrakte werden mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen und über Natriumsulfat getrocknet. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein farbloses Öl.

Nach Destillation im Vakuum verbleiben 66,4 g des substituierten Malonesters.

Siedepunkt 1 mm: 148°C

Ausbeute: 70%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,6–2 ppm (m, 12H, CH<sub>2</sub>); 3,5–3,7 ppm (m, 5H, CH + OTHP); 3,7 ppm (s, 6H, COOMe); 4,6 ppm (t, 1H, OTHP)

##### 2-[4'-(Tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-malonsäurediamid (18)

In einem 1000-ml-Rundkolben werden 40 g des substituierten Malonesters (17) eingewogen und mit 700 ml Methanol versetzt. Diese Lösung wird auf –40°C abgekühlt und bis zur Sättigung mit Ammoniakgas versetzt, anschließend mit einer katalytischen Menge Natrium versetzt und bei dieser Temperatur 4 Stunden gerührt. Nach Erwärmen auf Raumtemperatur wird der ausgefallene Niederschlag abgesaugt und die verbleibende Lösung im Tiefkühlschrank auf –20°C abgekühlt und erneut abgesaugt. Die Umkristallisation der vereinigten Kristallfraktionen erfolgt aus Acetonitril.

Ausbeute: 82%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,3–2,1 ppm (m, 12H, CH<sub>2</sub>); 3,1–4,0 ppm (m, 5H, CH, OTHP); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP); 7,2 ppm (s (br), 4H, CONH<sub>2</sub>)

##### 2-[4'-(Tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-1,3-propandiamin (19)

In einem 1000 ml fassenden Rundkolben mit Rückflußkühler und Tropftrichter werden unter Feuchtigkeitsausschluß zu 400 ml THF abs. 6,8 g (0,18 mol) Lithium-aluminiumhydrid gegeben. Anschließend werden 15,5 g (0,06 mol) des substituierten Malonsäureamids (18) in 100 ml THF abs. langsam zugetropft und 4 Stunden unter Rückfluß erhitzt, dann auf 0°C abgekühlt, vorsichtig 8 ml Wasser zugegeben, mit 6 ml einer 20%igen Natronlauge und erneut mit 30 ml Wasser versetzt. Es wird abfiltriert und der verbleibende Niederschlag zweimal mit THF ausgekocht. Die vereinigten Filtrate werden mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer abgezogen und der Rückstand im Vakuum destilliert.

Ausbeute: 70%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,2–1,8 ppm (m, 13H, CH, CH<sub>2</sub>); 2,7–3,1 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>); 3,4–3,6 ppm (m, 4H, OTHP); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP)

##### 4-(4'-(Tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidinimin) (20)

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Ausbeute: 70%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,2–1,9 ppm (m, 13H, CH, CH<sub>2</sub>, OTHP); 3,2–3,7 ppm (m, 8H, CH<sub>2</sub>N=C, OTHP); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP); 6,8–7,1 ppm (m, 8H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N)

##### 4-(4'-(Tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidinamin) (21)

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt.

Ausbeute: 61%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,2–1,9 ppm (m, 13H, CH, CH<sub>2</sub>, OTHP); 2,7 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 3,4–3,6 ppm (m, 4H, OTHP, CH<sub>2</sub>OR); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP); 6,5–7,3 ppm (m, 8H, ArH)

#### Beispiel 5

##### 2-Methyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-malonsäuredimethylester (22)

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (17) dargestellt.

Ausbeute: 78%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,4 ppm (s, 3H, Me); 1,2–2,0 ppm (m, 12H, CH<sub>2</sub>); 3,5–3,8 ppm (m, 4H, OTHP); 3,7 ppm (s, 6H, COOMe); 4,6 ppm (t, 1H, OTHP)

**2-Methyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-malonsäurediamid (23)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (18) dargestellt.

Ausbeute: 86%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,3 ppm (s, 3H, Me); 1,2–2,0 ppm (m, 12H, CH<sub>2</sub>); 3,1–4,0 ppm (m, 4H, OTHP); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP); 7,1 ppm (s (br), 4H, CONH<sub>2</sub>)

**2-Methyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-1,3-propandiamin (24)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (19) dargestellt.

Ausbeute: 64%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

0,9 ppm (s, 3H, Me); 1,2–1,9 ppm (m, 12H, CH<sub>2</sub>); 2,7 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>); 3,3–3,8 ppm (m, 4H, OTHP); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP)

**2-Methyl-2-(4-tetrahydropyraniloxybutyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (25)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Ausbeute: 77%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 1,2–1,9 ppm (m, 12H, OTHP + CH<sub>2</sub>); 3,2–3,7 ppm (m, 8H, OTHP + CH<sub>2</sub>N=C); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP); 7,0 ppm (m, 4H, ArH); 7,3–7,5 ppm (m, 4H, ArH); 8,3 ppm (s, 2H, CH=N)

**2-Methyl-2-(4-tetrahydropyraniloxybutyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (26)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt.

Ausbeute: 89%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 1,2–1,8 ppm (m, 12H, OTHP + CH<sub>2</sub>); 2,8–3,1 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>); 3,3–3,9 ppm (m, 8H, OTHP + ArCH<sub>2</sub>NH); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP); 7,0 ppm (m, 4H, ArH); 7,3–7,5 ppm (m, 4H, ArH)

**Cu-2-Methyl-2-(4-tetrahydropyraniloxybutyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (27)**

Zu einer Suspension von 913 mg (26) (2 mmol) in 50 ml Methanol werden 400 mg Kupferacetat (2 mmol) in 20 ml Methanol getropft und bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels am Rotationsverdampfer und Trocknung an der Vakuumpumpe verbleibt ein öliger Rückstand. Nach Umkristallisation aus Pyridin/Chloroform verbleibt ein kristalliner Rückstand.

Ausbeute: 76%

**Cu-2-Methyl-2-(4-hydroxybutyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (28)**

In eine Lösung von 0,3 ml konzentrierter Schwefelsäure in 5 ml Methanol wird die Lösung von 877 mg (27) (1,7 mmol) in 5 ml Methanol getropft und 15 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Abkühlung auf 0°C wird vorsichtig unter Rühren und Kühlen mit einer Natriumcarbonatlösung neutralisiert. Nach dem Abziehen des Lösungsmittels wird der Rückstand mit Ether extrahiert, mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen und über Natriumsulfat getrocknet.

Ausbeute: 68%

**Cu-2-Methyl-2-(4-formylbutyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (29)**

Zu einer gerührten Suspension von 3,23 g PCC in 20 ml wasserfreiem Dichlormethan werden 4,32 g (28) (10 mmol), gelöst in 20 ml Dichlormethan, auf einmal zugefügt und das Gemisch 2 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach Zugabe von 50 ml wasserfreiem Ether wird dekantiert, der schwarze Rückstand dreimal mit je 50 ml Ether gewaschen, und die vereinigten Etherlösungen über Kieselsol gelüftet. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein öliger Rückstand.

Ausbeute: 59%

**Beispiel 6**

**2-Butyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-malonsäuredimethylester (30)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (17) dargestellt.

Ausbeute: 69%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

0,9 ppm (t, 3H, Me); 1,2–2 ppm (m, 18H, CH<sub>2</sub>); 3,3–3,9 ppm (m, 4H, OTHP); 3,7 ppm (s, 6H, COOMe); 4,6 ppm (t, 1H, OTHP)

**2-Butyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-malonsäurediamid (31)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (18) dargestellt.

Ausbeute: 86%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

0,9 ppm (t, 3H, Me); 1,3–2,2 ppm (m, 18H, CH<sub>2</sub>); 3,1–3,9 ppm (m, 4H, OTHP); 4,5 ppm (t, 1H, OTHP)

**2-Butyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyraniloxy)butyl]-1,3-propandiamin (32)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (19) dargestellt.

Ausbeute: 70%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

0,9 ppm (t, 3H, Me); 1,2–1,9 ppm (m, 18H, CH<sub>2</sub>); 2,5–2,9 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>); 3,3–4,1 ppm (m, 4H, OTHP); 4,6 ppm (t, 1H, OTHP)

**1,7-Bis(2'-Pyrrolyl)-2-butyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyranloxy)butyl]-2,6-diazahepta-1,3-dien (33)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt

Ausbeute: 74%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS0,9 ppm (t, 3H, Me); 1,2–1,9 ppm (m, 18H, CH<sub>2</sub>); 3,3–4,1 ppm (m, 8H, OTHP + CH<sub>2</sub>N=C); 4,6 ppm (t, 1H, OTHP); 6,2 ppm (m, 2H, ArH); 6,4 ppm (m, 2H, ArH); 6,8 ppm (m, 2H, ArH); 8,0 ppm (s, 2H, CH=N)**1,7-Bis(2'-Pyrrolyl)-2-butyl-2-[4'-(tetrahydro-2-pyranloxy)butyl]-2,6-diazaheptan (34)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt

Ausbeute: 71%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS0,9 ppm (t, 3H, Me); 1,2–1,9 ppm (m, 18H, CH<sub>2</sub>); 2,4 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH'); 3,3–4,1 ppm (m, 8H, OTHP + ArCH<sub>2</sub>NH); 4,6 ppm (t, 1H, OTHP); 6,1–6,6 ppm (m, 6H, ArH)**Beispiel 7****2-Allyl-malonsäurediamid (35)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (2) dargestellt.

Schmelzpunkt: 168,5–169°C

Ausbeute: 94%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS2,4 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>); 3,0 ppm (t, 1H, CH); 5,0 ppm (m, 2H, CH=CH<sub>2</sub>); 5,7 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 7,0 ppm (s, br, 2H, CONH<sub>2</sub>); 7,3 ppm (s, br, 2H, CONH<sub>2</sub>)**2-Allyl-1,3-propandiamin (36)**

Zu einer Suspension von 1,52 g Lithiumaluminiumhydrid in 50 ml wasserfreiem Tetrahydrofuran wird unter Eiskühlung langsam die Suspension von 3,12 g des Diamids (35) in 50 ml wasserfreiem Tetrahydrofuran zugegeben. Man läßt langsam auf Raumtemperatur erwärmen und erhitzt das Reaktionsgemisch anschließend 8 Stunden unter Rückfluß. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur werden tropfenweise 10 ml Wasser, dann 10 ml 10%ige Kaliumhydroxidlösung und wiederum 10 ml Wasser zugegeben. Ausgefallenes Aluminiumhydroxid wird abfiltriert und zweimal mit je 50 ml Tetrahydrofuran kurz ausgekocht. Die vereinigten Filtrate werden mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet und der Rückstand nach Abdampfen des Lösungsmittels im Vakuum destilliert.

Ausbeute: 65%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,9 ppm (m, 1H, CH); 2,1 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 2,7 ppm (d, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 5,1 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,8 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>)**2-Allyl-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (37)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Ausbeute: 83%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (m, 1H, CH); 2,2–2,4 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 3,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 4,9 ppm (m, 2H, CH=CH<sub>2</sub>); 5,6 ppm (m, 1H, CH=CH<sub>2</sub>); 6,8–7,1 ppm (m, 8H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N)**2-(3-Brom-2-hydroxypropyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (38)**

Eine Lösung von 3,22 g (37) (10 mmol) in 50 ml THF/Wasser 6:1 wird mit 1,78 g NBS (10 mmol) versetzt und bei Raumtemperatur unter Lichtausschluß 2 Tage gerührt. Das Gemisch wird in 250 ml Wasser gegossen und mehrmals mit je 50 ml Essigester extrahiert, getrocknet, eingeeengt und der Rückstand aus Acetonitril umkristallisiert.

Ausbeute: 32%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (m, 3H, CH + CH<sub>2</sub>CHOH); 3,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 3,8 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>Br); 4,1 ppm (m, 1H, CHOH); 6,9 ppm (m, 4H, ArH); 7,3 ppm (m, 4H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N)**2-(2,3-Epoxypropyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (39)**

Eine Lösung von 7,6 g (38) (18 mmol) in 100 ml Methanol wird zu einer Lösung von 5,4 g Kaliumcarbonat in 15 ml Wasser gegeben und 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt. Es wird filtriert, eingeeengt, der Rückstand mit 30 ml Wasser verdünnt, mit Chloroform extrahiert, über Natriumsulfat getrocknet und eingeeengt.

Ausbeute: 76%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (m, 3H, CH + CH<sub>2</sub>CHOR); 2,6 ppm (m, 2H, Epoxid); 3,1 ppm (m, 1H, Epoxid); 3,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 6,9 ppm (m, 4H, ArH); 7,3 ppm (m, 4H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N)**2-[2-Hydroxy-3-(2-nitroimidazolyl)-propyl]-N,N'-propylen-bis(salicylidanimin) (40)**

In einem 10-ml-Rundkolben wird das Gemisch aus 250 mg 2-Nitroimidazol (2,2 mmol), 475 mg 1,8-Bis-(dimethylamino)-naphthalin (2,2 mmol) und 920 mg (39) (2,2 mmol) in 5 ml DMSO unter Rühren 24 Stunden auf 80°C erwärmt. Nach dem Abkühlen wird mit 50 ml Wasser verdünnt, mehrmals mit Essigester extrahiert, anschließend mit verdünnter Salzsäure und Wasser gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet und eingeeengt. Der Rückstand wird aus Methanol/Wasser umkristallisiert.

Ausbeute: 28%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,4–1,5 ppm (m, 3H, CH + CH<sub>2</sub>CHOH); 2,3 ppm (m, 2H, CHOH-CH<sub>2</sub>-NR<sub>2</sub>); 3,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 4,0 ppm (m, 1H, CHOH); 6,9–7,4 ppm (m, 10H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N)

**2-[2-Hydroxy-3-(2-nitroimidazolyl)-propyl]-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (41)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Ausbeute: 63%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,4–1,5 ppm (m, 3H, CH + CH<sub>2</sub>CHOH); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,8 ppm (m, 2H, CHOH–CH<sub>2</sub>–NR<sub>2</sub>); 3,9–4,1 ppm (m, 5H, CHOH + ArCH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,4 ppm (m, 10H, ArH)**Beispiel 8****2-Allyl-2-methyl-malonsäurediethylester (42)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (1) dargestellt.

Ausbeute: 76%

Siedepunkt: 25 mbar 106–107°C

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,3 ppm (t, 6H, COOCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>); 1,4 ppm (s, 3H, Me); 2,6 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 4,2 ppm (q, 4H, COOCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>); 5,0 ppm (d, br, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,1 ppm (d, br, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,7 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>)**2-Allyl-2-methyl-malonsäurediamid (43)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (2) dargestellt.

Ausbeute: 89%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS1,3 ppm (s, 3H, Me); 2,2 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 4,9 ppm (d, br, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,0 ppm (d, br, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,8 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>)**2-Allyl-2-methyl-1,3-propandiamin (44)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (36) dargestellt.

Ausbeute: 62%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,2 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 4,9 ppm (d, br, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,0 ppm (d, br, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,8 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>)**2-Allyl-2-methyl-N,N'-propylen-bis(salicylidenimin) (45)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Ausbeute: 76%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,2 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 3,7 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N); 5,1 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,8 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6,9–7,4 ppm (8H, ArH); 8,4 ppm (s, 2H, CH=N); 13,5 ppm (s, 2H, ArOH)**2-Allyl-2-methyl-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (46)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt.

Ausbeute: 73%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,1 ppm (s, 3H, Me); 2,3 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 2,8 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 4,1 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 5,1 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 5,8 ppm (m, 1H, CH<sub>2</sub>CH=CH<sub>2</sub>); 6,8–7,4 ppm (8H, ArH); 13,5 ppm (s, 2H, ArOH)**Beispiel 9****1,7-Bis(2-Hydroxynaphthyl)-4-methyl-4-(4-nitrobenzyl)-2,6-diazahepta-1,6-dien (47)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt

Ausbeute: 80%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,2 ppm (s, 3H, Me); 3,0 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,8 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 7,0 ppm (d, 2H, ArH); 7,3–7,4 ppm (m, 6H, ArH); 7,6–7,9 ppm (m, 6H, ArH); 8,3 ppm (d, 2H, ArH); 8,9 ppm (s, 2H, CH=N)**1,7-Bis(2-Hydroxynaphthyl)-4-methyl-4-(4-nitrobenzyl)-2,6-diazaheptan (48)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt

Ausbeute: 52%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,6 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,9 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 4,0 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,4 ppm (m, 8H, ArH); 7,6–7,9 ppm (m, 6H, ArH); 8,3 ppm (d, 2H, ArH)

**1,7-Bis(2-Hydroxynaphthyl)-4-methyl-4-(4-aminobenzyl)-2,6-diazaheptan (49)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (6) dargestellt

Ausbeute: 72%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,1 ppm (s, 3H, Me); 2,6 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,9 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,9 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,4 ppm (m, 8H, ArH); 7,6–7,9 ppm (m, 6H, ArH); 8,3 ppm (d, 2H, ArH)**Beispiel 10****1,7-Bis(2'-Thienyl)-4-(4'-nitrobenzyl)-2,6-diaza-hepta-1,6-dien (50)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt

Ausbeute: 91%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,4 ppm (m, 1H, CH); 3,2 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N=C); 6,9 ppm (m, 4H, ArH); 7,2–7,4 ppm (m, 4H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH); 8,3 ppm (s, 2H, CH=N)**1,7-Bis(2'-Thienyl)-4-(4'-nitrobenzyl)-2,6-diaza-heptan (51)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt

Ausbeute: 76%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,4 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,8 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,8 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,7 ppm (m, 2H, ArH); 6,8 ppm (m, 4H, ArH); 7,4 ppm (m, 2H, ArH); 5,2 ppm (d, 2H, ArH)**1,7-Bis(2'-Thienyl)-4-(4'-aminobenzyl)-2,6-diaza-heptan (52)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (6) dargestellt

Ausbeute: 88%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS1,2 ppm (m, 1H, CH); 2,4–2,5 ppm (m, 6H, CH<sub>2</sub>NH + CH<sub>2</sub>Ar); 3,8 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,5–6,6 ppm (m, 4H, ArH); 6,8–6,9 ppm (m, 6H, ArH)**Beispiel 11****2-Methyl-2-(2-propinyl)-malonsäuredimethylester (53)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (1) dargestellt.

Ausbeute: 66%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (s, 3H, Me); 2,0 ppm (t, 1H, CCH); 2,8 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>); 3,8 ppm (s, 6H, COOMe)**2-Methyl-2-(2-propinyl)-malonsäurediamid (54)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (2) dargestellt.

Ausbeute: 72%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS1,5 ppm (s, 3H, Me); 1,9 ppm (m, 1H, CCH); 2,6 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>)**2-Methyl-2-(2-propinyl)-1,3-propandiamin (55)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (36) dargestellt.

Ausbeute: 57%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (s, 3H, Me); 1,9 ppm (m, 1H, CCH); 2,5 ppm (m, 6H, CH<sub>2</sub>C + CH<sub>2</sub>N)**2-Methyl-2-(propinyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenimin) (56)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (4) dargestellt.

Ausbeute: 77%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (s, 3H, Me); 2,0 ppm (t, 1H, CCH); 2,6 ppm (m, 2H, CH<sub>2</sub>); 3,7 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>N); 6,9–7,4 ppm (m, 8H, ArH); 8,3 ppm (s, 2H, CH=N)**2-Methyl-2-(propinyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (57)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (5) dargestellt.

Ausbeute: 78%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS1,5 ppm (s, 3H, Me); 2,0 ppm (t, 1H, CCH); 2,6–2,8 ppm (m, 6H, CH<sub>2</sub>CC + CH<sub>2</sub>NH); 4,0 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,4 ppm (m, 8H, ArH)

**Beispiel 11 a****2-Methyl-2-(2-propinyl)-malonsäure (58)**

Es werden 23,7 g (53) (127 mmol) in 200 ml Methanol gelöst und dazu eine Lösung von 28,3 g NaOH (708 mmol) in 50 ml Wasser langsam zugetropft. Anschließend wird 2 Stunden im Wasserbad auf 50°C erwärmt, das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer abgezogen und der Rückstand in Wasser aufgenommen. Es wird mit halbkonzentrierter Salzsäure angesäuert und die freie Carbonsäure mit Chloroform extrahiert, gewaschen und getrocknet.

Ausbeute: 84%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,4 ppm (s, 3H, Me); 2,6 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>); 2,9 ppm (t, 1H, CCH)

**2-Methyl-2-(2-propinyl)-malonsäuredichlorid (59)**

Die Mischung aus 3,40 g (58) und 8,9 g Thionylchlorid und einem Tropfen DMF wird unter Feuchtigkeitsausschluß unter Rühren zum Sieden erhitzt. Nach Beendigung der Gasentwicklung wird der Überschuß Thionylchlorid bei Raumtemperatur im Vakuum abgezogen und der Rückstand im Vakuum destilliert.

Ausbeute: 91%

Siedepunkt: 125°C/<sub>14mm</sub>

**N,N'-Bis(2-methoxybenzyl)-2-methyl-2-(propinyl)-malonsäurediamid (60)**

Zu dem Gemisch aus 6,67 g 2-Methoxybenzylamin (48,6 mmol) und 5,06 g Triethylamin (50 mmol) in 100 ml Dichlormethan wird unter Ausschluß von Feuchtigkeit 4,69 g (59) (24,3 mmol) in 100 ml Dichlormethan vorsichtig zugetropft. Es wird noch 3 Stunden bei Raumtemperatur gerührt, dann zunächst Wasser zugegeben und mehrmals mit Chloroform extrahiert. Die organische Phase wird nacheinander mit 1 N HCl, gesättigter Kaliumcarbonatlösung und Wasser gewaschen und über Natriumsulfat getrocknet.

Ausbeute: 64%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,5 ppm (s, 3H, Me); 2,0 ppm (t, 1H, CCH); 2,8 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>CC); 3,8 ppm (s, 6H, OMe); 4,4 ppm (d, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,3 ppm (m, 8H, ArH)

**N,N'-Bis(2-methoxybenzyl)-2-methyl-2-(propinyl)-1,3-propandiamin (61)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (44) dargestellt.

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,5 ppm (s, 3H, Me); 2,0 ppm (t, 1H, CCH); 2,6–2,8 ppm (m, 6H, CH<sub>2</sub>CC + CH<sub>2</sub>NH); 3,8 ppm (s, 6H, OMe); 4,2 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,3 ppm (m, 8H, ArH)

**2-Methyl-2-(propinyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (57)**

Eine Lösung von 338 mg (61) (1,0 mmol) in 15 ml Dichlormethan wird unter Ausschluß von Feuchtigkeit unter einer Stickstoff-Atmosphäre auf 0°C abgekühlt und unter Rühren mit Hilfe einer Einwegspritze 1,75 g Bortribromid (7,0 mmol) in 20 ml Dichlormethan zugetropft und über Nacht bei Raumtemperatur gerührt. Es wird mit Wasser hydrolysiert, mit gesättigter Kaliumcarbonat-Lösung schwach alkalisiert, mit Dichlormethan extrahiert und die organischen Extrakte mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein fester Rückstand.

Ausbeute: 79%

**Beispiel 12****6-(4'-Nitrobenzyl)-3,3,9,9-tetramethyl-4,8-diazaundecan-2,10-dion-dioxim (62)**

Es werden 3,9 g Diamin (10) in 90 ml Methanol gelöst und auf 0°C abgekühlt, anschließend werden unter Rühren 6,5 g 2-Chlor-2-methyl-3-nitrosobutan zugegeben. Nach Erwärmen auf Raumtemperatur wird 2 Stunden gerührt, weitere 2 Stunden unter Rückfluß gekocht, das Lösungsmittel abgezogen und der verbleibende Festkörper in Wasser gelöst. Es wird mit Natriumhydrogencarbonat neutralisiert, eingeengt und der verbleibende Niederschlag aus Ethanol umkristallisiert.

Schmelzpunkt: 197–198°C

Ausbeute: 27%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,3 ppm (s, 12H, MeCNH); 1,8 ppm (s, 6H, MeC=N); 2,3 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,8 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 7,4 ppm (d, 2H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH); 10,8 ppm (s, 2H, HON=C)

**6-(4'-Aminobenzyl)-3,3,9,9-tetramethyl-4,8-diazaundecan-2,10-dion-dioxim (63)**

Es werden 250 mg der Nitroverbindung (62) in 30 ml 50%igem Methanol (pH 11) gelöst und bei Raumtemperatur unter Zusatz von 25 mg Pd/Alox hydriert. Nach Abtrennen des Katalysators und Einengen verbleiben 60 mg eines kristallinen Festkörpers.

Ausbeute: 26%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in D<sub>2</sub>O

1,2 ppm (s, 12H, MeCNH); 1,7 ppm (s, 6H, MeC=N); 1,9 ppm (m, 1H, CH); 2,5 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,4 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 6,5 ppm (d, 2H, ArH); 6,9 ppm (d, 2H, ArH);

**Cu-6-(4'-Aminobenzyl)-3,3,9,9-tetramethyl-4,8-diazaundecan-2,10-dion-dioxim (64)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (27) dargestellt.

Ausbeute: 45%

**Cu-6-[4'-(Biotincarbamoyl)benzyl]-3,3,9,9-tetramethyl-4,8-diazaundecan-2,10-dion-dioxim (65)**

Zu einer Lösung von 439 mg (64) (1 mmol) in 10 ml DMSO werden 680 mg NHS-Biotin (2 mmol) unter Rühren dazugegeben und 3 Stunden auf 50 °C erwärmt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird noch 15 Stunden gerührt. Anschließend wird das Lösungsmittel im Vakuum abgezogen und der Rückstand mittels MPLC gereinigt (Kieselgel, Dichlormethan/Ethanol/konzentriertes Ammoniak 20:20:3).

Ausbeute: 75%

**6-(Biotincarbamoyl)benzyl-3,3,9,9-tetramethyl-4,8-diazaundecan-2,10-dion-dioxim (66)**

Zu einer Lösung von 600 mg (65) in 70 ml Wasser werden bei 40 °C 500 mg Kaliumcyanid zugegeben und noch 2 Stunden gerührt. Anschließend wird auf ca. 10 ml eingeeengt und der Rückstand mittels MPLC gereinigt (Kieselgel, Acetonitril/konzentriertes Ammoniak 40:3).

Ausbeute: 41%

**Tc-99m-Komplex von (66)**

Zu einer Lösung von  $1,86 \times 10^{-8}$  mol (62) in 1 ml EtOH/H<sub>2</sub>O 4:6 werden  $5,6 \times 10^{-3}$  mol Kaliumtartrat in 1 ml H<sub>2</sub>O,  $4,8 \times 10^{-8}$  mol Zinnchlorid in 1 ml H<sub>2</sub>O und 5 mCi Tc-99m-Perthchnetat gegeben und 10 Minuten inkubiert. Der entsprechende Technetium-Komplex wird in einer Reinheit >90% erhalten.

**Beispiel 13**

**6-(4'-Isothiocyanatobenzyl)-3,3,9,9-tetramethyl-4,8-diazaundecan-2,10-dion-dioxim (67)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (7) dargestellt.

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in D<sub>2</sub>O

1,2 ppm (s, 12H, MeCNH); 1,7 ppm (s, 6H, MeC=N); 1,9 ppm (m, 1H, CH); 2,6 ppm (m, 4H, CH<sub>2</sub>NH); 2,4 ppm (d, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 6,7 ppm (d, 2H, ArH); 7,2 ppm (d, 2H, ArH)

**Beispiel 14**

**2-Methyl-2-(4-(biotincarbamoyl)benzyl)-N,N'-propylen-bis(salicylidenamin) (68)**

In einem 5-ml-Rundkolben werden bei Raumtemperatur 100 mg Hydrochlorid des Anilins (6) (0,194 mmol) in 10 ml Wasser gelöst, und dazu wird die frisch hergestellte Lösung von 66,3 mg Biotin-NHS (0,194 mmol) in 1 ml Dimethylformamid zugegeben und anschließend unter Rühren mit 80 µl Triethylamin versetzt. Nach 15 Stunden wird das Reaktionsgemisch im Vakuum eingeeengt und der Rückstand in Dimethoxyethan aufgenommen. Die Reinigung erfolgt mittels HPLC. Säule: M & W 250 mm × 4,6 mm, Nucleosil 100C-18, 5 µm; Laufmittel {[Acetonitril]/[0,05 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 4,8]} 50:50 (v/v); Fluß: 1,0 ml/min UV-Detektor 280 nm.

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO

1,1 ppm (s, 3H, Me); 1,5–1,6 ppm (m, 6H, CH<sub>2</sub>); 2,5–2,8 ppm (m, 8H, CH<sub>2</sub>S, CH<sub>2</sub>NH, CH<sub>2</sub>CO); 2,9 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,1 ppm (m, 1H, CHS); 4,0–4,3 ppm (m, 6H, ArCH<sub>2</sub>NH, Biotin-H); 6,4 ppm (s, 2H, NH); 6,8–7,8 ppm (m, 12H, ArH)

**Tc-99m-Komplex von (68)**

25 µg der Verbindung (68) in 50 µl NaCl-Lösung pH 9 werden zunächst mit 10 µl einer gesättigten Zinnatrat-Lösung versetzt und 1 mCi Tc-99m-Perthchnetat aus einem Mo99/Tc-99m-Generator zugegeben. Das resultierende Reaktionsgemisch wird anschließend 5 Minuten bei Raumtemperatur stengelassen.

Die dünnschichtchromatographische Untersuchung des Reaktionsgemisches zeigt eine vollständige Reduktion des Perthchnetats und die Komplexierung des reduzierten Technetiums durch den Liganden.

**Analyse des Tc-99m-Komplexes, HPLC**

Für die Analyse werden PRP-1 HPLC-Säulen der Firma Hamilton, 150 mm × 4,1 mm, 5 µm Poly(styroldivinylbenzol) Copolymer verwendet.

Laufmittel: {Acetonitril/[KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> pH 7 0,01 M] + 1% Methanol} 50:50 (v/v), Flußrate 1,5 ml/min. Die Detektion der Radioaktivität wird mit Hilfe eines HPLC Radioaktivitätsmonitor LB 506 C-1 der Fa. Berthold durchgeführt. Die erhaltene radiochemische Reinheit des Tc-99m-Komplexes ist größer als 92%.

**Beispiel 15**

**N,N'-Bis[2-(benzylthio)benzoyl]-2-methyl-2-(4-nitrobenzyl)-1,3-propandiamin (69)**

Zu einer Lösung von 49 ml 1 N NaOH (49 mmol) und einer Lösung von 2,59 g (3) (11,6 mmol) in 100 ml Benzol werden tropfenweise 6,0 g S-Benzylthiosalicylsäurechlorid (22,8 mmol) in einer Lösung aus 100 ml Benzol und 60 ml Dichlormethan innerhalb einer Stunde langsam zugetropft. Die Lösung wird anschließend auf 0 °C gekühlt, mit Wasser versetzt und die wäßrige Phase mehrmals mit Dichlormethan extrahiert und über Natriumsulfat getrocknet. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein gelbes Öl.

Ausbeute: 77%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 3,0 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,5 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 4,1 ppm (s, 4H, SCH<sub>2</sub>Ar); 6,7 ppm (t, 2H, CONH); 7,1–7,6 ppm (m, 20H, ArH); 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

**N,N'-Bis[2-(benzylthio)benzyl]-2-methyl-2-(4-nitrobenzyl)-1,3-propandiamin (70)**

Zu einer Lösung von 2,98 g (69) (4,6 mmol) in 10 ml THF wird bei 0°C 27,6 ml einer 1 M Boran-Lösung in THF zugetropft, 2 Stunden unter Rückfluß erhitzt, nach dem Abkühlen 10 ml eines 1:1-Gemisches HCl/Wasser zugegeben und Lösungsmittel am Rotationsverdampfer abgezogen. Nach Neutralisierung mit 1 N NaOH wird mit Dichlormethan extrahiert, über Natriumsulfat getrocknet und das Lösungsmittel abgezogen. Es verbleibt ein schwach gelbes Öl.

Ausbeute: 58%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,0 ppm (s, 3H, Me); 2,9 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,1 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 3,3 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 4,1 ppm (s, 4H, SCH<sub>2</sub>Ar); 7,1–7,6 ppm (m, 20H, ArH), 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

**N,N'-Bis[2-mercaptobenzyl]-2-methyl-2-(4-nitrobenzyl)-1,3-propandiamin (71)**

Eine Lösung von 1,24 g (70) (2,0 mmol) in 30 ml flüssigem Ammoniak wird mit soviel Natrium versetzt, bis eine bleibende Blaufärbung erhalten wird. Nach 30 Minuten wird durch Zugabe von Ammoniumchlorid der Überschuß Natrium zerstört. Nach Abdampfen des Ammoniaks wird der verbleibende Rückstand in Wasser aufgenommen und mit Chloroform extrahiert. Nach Trocknen und Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein weißer Rückstand.

Ausbeute: 69%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,1 ppm (s, 3H, Me); 2,9 ppm (s, 2H, CH<sub>2</sub>Ar); 3,0 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 3,3 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 6,9–7,4 ppm (m, 10H, ArH), 8,2 ppm (d, 2H, ArH)

**Beispiel 16****N,N'-Bis[2-(benzylthio)benzoyl]-2-[4'(phenoxy)butyl]-1,3-propandiamin (72)**

Zu einer Lösung von 49 ml 1 N NaOH (49 mmol) und einer Lösung von 2,34 g 2-(4'-phenoxy)butyl-1,3-propandiamin (11,6 mmol) in 100 ml Benzol werden tropfenweise 6,0 g S-Benzylthiosalicylsäurechlorid (22,8 mmol) in einer Lösung aus 100 ml Benzol und 60 ml Dichlormethan innerhalb einer Stunde langsam zugetropft. Die Lösung wird anschließend auf 0°C gekühlt, mit Wasser versetzt und die verbleibende Phase mehrmals mit Dichlormethan extrahiert und über Natriumsulfat getrocknet. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein gelbes Öl.

Ausbeute: 68%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,2–1,8 ppm (m, 7H, CH, CH<sub>2</sub>); 3,5 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 4,1 ppm (s, 4H, SCH<sub>2</sub>Ar); 4,3 ppm (t, 2H, CH<sub>2</sub>OAr); 6,7 ppm (t, 2H, CONH); 7,1–7,8 ppm (m, 23H, ArH)

**N,N'-Bis[2-(benzylthio)benzyl]-2-[4'(phenoxy)butyl]-1,3-propandiamin (73)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (70) dargestellt.

Ausbeute: 58%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,2–1,8 ppm (m, 7H, CH, CH<sub>2</sub>); 3,3 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 3,5 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 4,1 ppm (s, 4H, SCH<sub>2</sub>Ar); 4,3 ppm (t, 2H, CH<sub>2</sub>OAr); 7,1–7,8 ppm (m, 23H, ArH)

**N,N'-Bis[2-(benzylthio)benzyl]-2-[4-brombutyl]-1,3-propandiamin (74)**

Eine Lösung von 1,29 g (73) (2 mmol) in 50 ml Eisessig/48% HBr (80:20 v/v) wird unter Argon 4 Tage auf 95°C erhitzt. Nach Abziehen des Lösungsmittels verbleibt ein fester Rückstand.

Ausbeute: 69%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,2–1,8 ppm (m, 7H, CH, CH<sub>2</sub>); 3,3 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 3,4–3,6 ppm (m, 6H, CH<sub>2</sub>OBr, NHCH<sub>2</sub>); 4,1 ppm (s, 4H, SCH<sub>2</sub>Ar); 7,1–7,8 ppm (m, 23H, ArH)

**N,N'-Bis[2-(benzylthio)benzyl]-4-[(5'-aminomethyl)-(6'-amino)hexanoxy]benzoesäure (75)**

Zu der Suspension von 1,2 g Natriumhydrid (50 mmol) in 25 ml DMF wird langsam die Lösung von 8,31 g 4-Hydroxybenzoesäureethylester (50 mmol) in 25 ml DMF zugetropft und noch 30 Minuten gerührt. Anschließend wird die Lösung von 31,6 g (74) in 75 ml DMF vorsichtig zugetropft und 6 Stunden auf 80°C erwärmt. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird das Gemisch mit Eiswasser verdünnt, die alkalische Lösung schwach angesäuert, mit Dichlormethan mehrmals extrahiert und nach dem Trocknen das Lösungsmittel abgezogen. Es verbleibt ein fester Rückstand.

Ausbeute: 64%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,2–1,8 ppm (m, 7H, CH, CH<sub>2</sub>); 3,3 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 3,5 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 4,1 ppm (s, 4H, SCH<sub>2</sub>Ar); 4,3 ppm (t, 2H, CH<sub>2</sub>OAr); 7,1–8,2 ppm (m, 22H, ArH)

**N,N'-Bis[2-(mercapto)benzyl]-4-[(5'-aminomethyl)-(6'-amino)hexanoxy]benzoesäure (76)**

Diese Verbindung wird entsprechend der Verbindung (73) dargestellt.

Ausbeute: 73%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in DMSO/TMS

1,2–1,8 ppm (m, 7H, CH, CH<sub>2</sub>); 3,3 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 3,5 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 4,3 ppm (t, 2H, CH<sub>2</sub>OAr); 7,1–8,3 ppm (m, 12H, ArH)

**N,N'-Bis[2-(mercapto)enzyl]-4-[(5'-aminomethyl)-(6'-amino)hexanoxy]benzoesäure-2,3,5,6-tetrafluorphenylester (77)**

Zu einer auf 0°C gekühlten Lösung von 2,47 g der Carbonsäure (76) (5 mmol) und 830 mg 2,3,5,6-Tetrafluorphenol (5 mmol) in 20 ml Acetonitril wird die Lösung von 1,04 g 1-(3-Dimethylaminopropyl)-3-ethylcarbodiimid (5,5 mmol) in 20 ml Acetonitril innerhalb von 5 Minuten zugetropft und 4 Stunden auf 60°C erwärmt. Nach Zugabe von 25 µl Essigsäure wird eine weitere Stunde gerührt, danach filtriert und der Rückstand zweimal mit heißem Acetonitril extrahiert. Die vereinigten Filtrate werden zur Trockne eingeeengt und der Rückstand umkristallisiert.

Ausbeute: 55%

<sup>1</sup>H-NMR-Daten in CDCl<sub>3</sub>/TMS

1,1–1,9 ppm (m, 7H, CH, CH<sub>2</sub>); 3,2 ppm (m, 4H, ArCH<sub>2</sub>NH); 3,5 ppm (m, 4H, NHCH<sub>2</sub>); 4,1 ppm (t, 2H, CH<sub>2</sub>OAr); 7,1–8,3 ppm (m, 13H, ArH)

**Beispiel 17**

**Tc-99m-Komplex von (7)**

Eine Lösung von 5,0 mg (6) in Wasser wird mit 0,1 N NaOH auf pH 11 gebracht und anschließend 1 ml EtOH dazugegeben und auf 10 ml mit Wasser aufgefüllt. 400 µl dieser Lösung werden mit 80 µl einer gesättigten Zinntratartrat-Lösung und 8 mCi Tc-99m-Perchnetat aus einem Mo-99/Tc-99m-Generator zugegeben und 5 Minuten stehen gelassen. Anschließend wird diese Lösung je dreimal mit 2 ml Chloroform extrahiert, die organische Phase über eine kurze Natriumsulfatsäule getrocknet, mit 50 µl Thiophosgen versetzt und 5 Minuten bei Raumtemperatur inkubiert. Anschließend wird mit 100 µl Isopropanol versetzt, mit Argon das Chloroform abgedampft und zu dem Rückstand 900 µl einer 1%igen PVP-Lösung in Wasser gegeben.

**Beispiel 18**

**Kopplung und Markierung eines Isothiocyanat-haltigen Chelatbildners an Proteine**

Am Beispiel von F(ab)<sub>2</sub>-Fragmenten des monoklonalen Antikörpers 17-1 A soll die Kopplung von Isothiocyanat-haltigen Tc-Chelatbildnern (Verbindung 7) an Proteine beschrieben werden. Anstelle der Antikörper-Fragmente kann jedes andere Protein bzw. eine Aminogruppen-haltige Substanz verwendet werden.

Der monoklonale Antikörper 17-1 A wird entsprechend literaturbekannter Methoden nach Applikation von 10<sup>7</sup> der entsprechenden Hybridomazellen in den Bauchraum einer Balb/c-Maus und Aspiration der Ascitesflüssigkeit nach 7–10 Tagen gewonnen. Die Reinigung erfolgt nach ebenfalls literaturbekannten Methoden durch Ammoniumsulfatfällung und Affinitätschromatographie über Protein A-Sepharose. Der gereinigte Antikörper (10 mg/ml) wird bei pH 3,5 für 2 Std. mit 25 µg/ml Pepsin behandelt und anschließend mittels FPLC isoliert. Vor der Kopplung mit dem Chelatbildner werden die Fragmente bei 4°C für 12–24 Std. gegen 0,1 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>/0,1 M NaHCO<sub>3</sub>, pH 8,5, dialysiert. Die Proteinkonzentration wird auf 10 mg/ml eingestellt. Ein 5fache molarer Überschuß des NCS-haltigen Chelatbildners (Beispiel 1) wird in möglichst wenig des gleichen Puffers gelöst und zur Proteinlösung hinzugegeben. Zur Konjugatbildung wird die Mischung für 3 Std. bei 37°C inkubiert. Anschließend wird das Konjugat für 24–48 Std. mit mehrfachem Pufferwechsel gegen PBS (Phosphat-gepufferte Saline) dialysiert und die Proteinkonzentration danach nötigenfalls wieder auf 10 mg/ml eingestellt. Bis zur Markierung mit Tc-99m kann das Konjugat nach Sterilfiltration bei 4°C in säuregereinigten Glasgefäßen aufbewahrt werden.

Die Markierung von 1 mg des mit dem Chelatbildner (7) gekoppelten Antikörper-Fragments mit Tc-99m erfolgt durch Zugabe von 10 mCi Perchnetatlösung (= 1–2 ml) und 100 µg Zinn-II-chlorid in einer Argon-gespülten Na-Pyrophosphat-Lösung (1 mg/ml) oder durch Ligandenaustausch, z. B. durch Zugabe der Lösung eines mit Perchnetat versetzten kommerziell erhältlichen Glucoheptonat-Kits.

**Beispiel 19**

**Kopplung eines Isothiocyanat-haltigen Tc-99m-Komplexes an Proteine**

Die Kopplung an die Antikörper-Fragmente kann auch nach Komplettierung der Chelatbildner mit Tc-99m durchgeführt werden. Der monoklonale Antikörper 17-1 A wird, wie in Beispiel 17 beschrieben, gewonnen. Die Reinigung erfolgt ebenfalls wie in Beispiel 17 durch Ammoniumsulfatfällung und Affinitätschromatographie über Protein A-Sepharose. Der gereinigte Antikörper (10 mg/ml) wird bei pH 3,5 für 2 Std. mit 25 µg/ml Pepsin behandelt und anschließend mittels FPLC isoliert. Vor der Kopplung mit dem Chelatbildner werden die Fragmente bei 4°C für 12–24 Std. gegen 0,1 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>/0,1 M NaHCO<sub>3</sub>, pH 8,5, dialysiert. Die Proteinkonzentration wird auf 10 mg/ml eingestellt. Der analog Beispiel 16 hergestellte Tc-99m-Komplex wird in einem molaren Verhältnis 1:10 (Komplex:Protein) zur Proteinlösung hinzugegeben. Zur Konjugatbildung wird die Mischung für eine Stunde bei 37°C inkubiert. Die Organverteilung in Nackmäusen wird analog Beispiel 19 durchgeführt und liefert ähnliche Ergebnisse.

**Beispiel 20**

**Bioverteilung eines Protein-gebundenen Tc-99m-Komplexes**

Am Beispiel eines mit Tc-99m markierten Konjugates aus F(ab)<sub>2</sub>-Fragmenten des monoklonalen Antikörpers 17-1 A und der in Beispiel 1 hergestellten Verbindung (7) soll die Bioverteilung von Protein-gebundenen Chelaten beschrieben werden. Der Antikörper, aus dem die Fragmente gewonnen werden, erkennt ein Antigen, das von der menschlichen Carcinomzelllinie „HT-29“ exprimiert wird. Eine Kontrollzelllinie, die ebenfalls aus einem menschlichen Carcinom (MX-1) gewonnen wird, exprimiert dieses Antigen nicht. Isolierte Zellen beider Linien werden immundefizienten Nackmäusen subcutan appliziert. Nachdem die Tumoren zu einer Größe von 300–800 mg herangewachsen sind, werden den Mäusen intravenös 20 µg des mit 200 µCi markierten Chelat-Konjugates (Beispiel 17) verabreicht. Die Konjugate werden zuvor durch eine Gelfiltration auf PD 10-Säulen der Fa. Bio-Rad von

niedermolekularen Bestandteilen befreit. Die Immunreaktivität der Konjugate wird mittels der Bindung an einen Überschuß von zellständigem Antigen bestimmt und beträgt 70–80%. Die Bioverteilung wird 24 Std. nach Applikation des Konjugates durch Tötung der Tiere, Entnahme der Organe und Messung der Radioaktivität in den Organen bestimmt. Die folgende Tabelle stellt die gefundenen Radioaktivitätsmengen dar und zeigt eine deutliche Anreicherung des Chelats in dem Antigen-positiven Tumor.

Organ	% der applizierten Dosis pro Gramm Gewebe	
Milz	0,3	
Leber		1,2
Nieren		2,8
Lunge		0,8
Muskel	0,1	
Blut	0,6	
MX-1	1,8	
HT 29		12,1

#### Beispiel 21

##### Bioverteilung eines Biotin-haltigen Chelats

20 µl eines kommerziell erhältlichen Streptavidin-gekoppelten Sepharose-Gels (entsprechend 20 µg Streptavidin) werden einer 200 g schweren Ratte in den Muskel des linken Hinterbeins appliziert. Etwa 30 min danach erfolgt die intravenöse Applikation von 5 µg der in Beispiel 12 hergestellten Verbindung, markiert mit 200 µCi Tc-99m. Die Bestimmung der Radioaktivität in den einzelnen Organen der Ratte erfolgt nach 4 Stunden. Eine 14fach höhere Radioaktivität, die im linken Hinterlaufmuskel im Vergleich zum rechten Hinterlaufmuskel gefunden wird, zeigt eine deutliche spezifische Anreicherung des Tc-Komplexes durch Bindung an Streptavidin-Sepharose. In allen anderen Organen wird nach 4 Stunden keine Aktivität über 1% der applizierten Dosis pro Gramm Gewebe detektiert.

Die höchste Anreicherung nach dem linken Hinterlaufmuskel (1,4% der applizierten Dosis pro Gramm Gewebe) findet sich in den Nieren mit 0,6% der appl. Dosis pro Gramm Gewebe. Etwa 93% der applizierten Radioaktivität werden nach 4 Stunden im Harn gefunden.

#### Beispiel 22

##### Bindung des in Beispiel 7 hergestellten Tc-99m-Komplexes an hypoxische Zellaggregate

Die Bindung des Tc-markierten Misonidazol-Derivates wird in vitro an Zellen des Morris Hepatoms 7777 nachgewiesen. Diese Zellen besitzen die Eigenschaft, in Form von Sphäroiden bzw. großen flotierenden Zellaggregaten zu wachsen und ähneln somit einem Tumor mehr als Einzelzellen. Für eine Inkubation bei verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen werden die Zellen in 60-mm-Kulturschalen ausgesät und die Schalen in ein gasdicht verschließbares, auf 37°C erwärmtes Glasgefäß gestellt. Das Gefäß wird 30 min gut mit einer Mischung aus N<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub> und 0% bzw. 10% O<sub>2</sub> gespült. Anschließend werden durch eine Silikonmembran mittels einer Injektionskanüle 50 µmol/l der mit 50 µCi Tc-99m markierten Verbindung (Beispiel 7) hinzugegeben und für eine gute Durchmischung gesorgt. Nach einer Stunde wird das Gefäß geöffnet, die Zellaggregate durch Zentrifugation vom Nährmedium getrennt, einmal mit Nährmedium gewaschen und eine weitere Stunde in Nährmedium ohne Zusatz der Verbindung (Beispiel 7) in normaler Atmosphäre unter Zusatz von 5% CO<sub>2</sub> bei 37°C inkubiert. Anschließend werden die Zellen isoliert und die Radioaktivität, bezogen auf die Proteinmenge, bestimmt. Es zeigt sich, daß, bezogen auf die gleiche Proteinmenge, eine etwa 2,8fach höhere Radioaktivitätsmenge in den ohne Sauerstoff inkubierten Zellen zu finden ist. Dies zeigt die Anreicherung der Verbindung (Beispiel 7) in hypoxischen Zellen.