



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 262 662 A5

4(51) C 07 D 493/22
A 01 N 43/90

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP C 07 D / 308 111 3	(22)	03.12.85	(44)	07.12.88
(31)	5750/84-2	(32)	04.12.84	(33)	CH

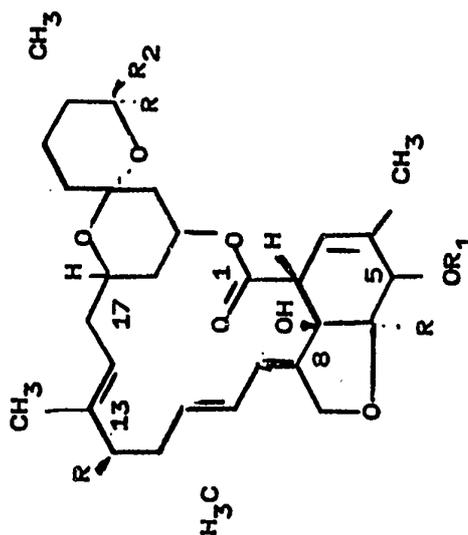
(71) siehe (73)
 (72) Frei, Bruno, Dr.; O'Sullivan, Anthony C., Dr., CH
 (73) Ciba-Geigy AG, Basel, CH
 (74) Internationales Patentbüro Berlin, Wallstraße 23/24, Berlin, 1020, DD

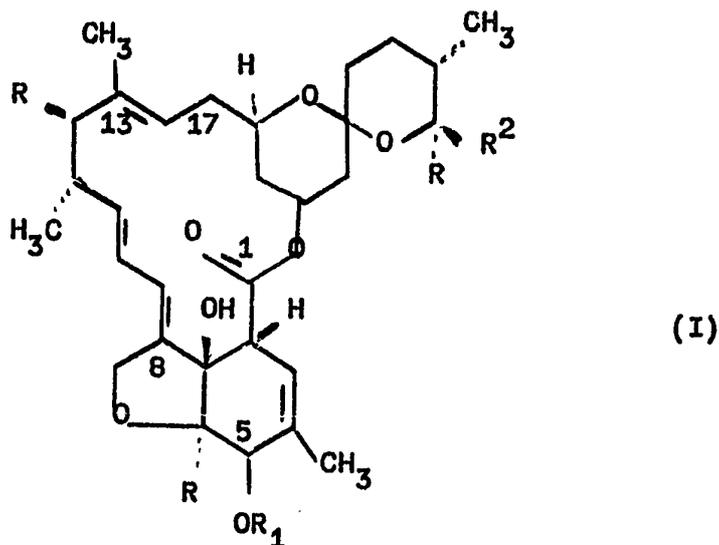
(54) Verfahren zur Herstellung von 13 β -Milbemycin-Derivaten

(55) Milbemycin-Derivate, Herstellungsverfahren, Bekämpfung von Ekto- und Endoparasiten, Pflanzen, Tiere, Insekten, Schädlingsbekämpfungsmittel

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von 13 β -Milbemycin-Derivaten der allgemeinen Formel I. Diese neuen Verbindungen können als Schädlingsbekämpfungsmittel gegen Ekto- und Endoparasiten bei Pflanzen und Tieren verwendet werden sowie als insektizide Mittel. Formel (I)

(I)



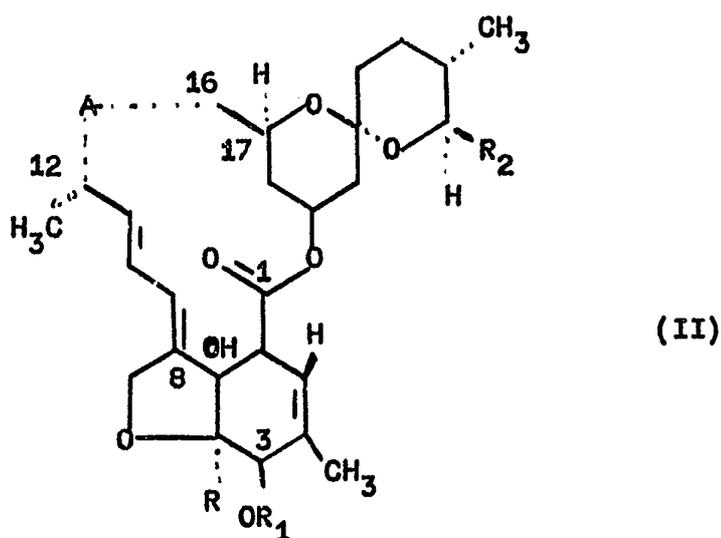
Patentansprüche1. Verfahren zur Herstellung von 13 β -Milbemycin-Derivaten der Formel I

worin

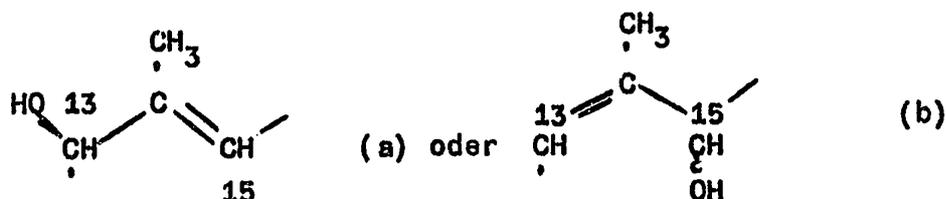
R_1 Wasserstoff oder eine Schutzgruppe bedeutet;
 R_2 für Methyl, Ethyl, Isopropyl oder sek. Butyl steht; und
 R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest
 R_3 , ausgewählt aus der Reihe C_1 - C_{10} -Alkyl, C_1 - C_{10} -Haloalkyl, C_1 - C_{10} -Hydroxyalkyl, C_1 - C_{10} -Mercaptoalkyl, C_2 - C_{10} -Alkoxyalkyl, C_3 - C_{10} -Alkoxyalkoxyalkyl, durch Hydroxy oder Mercapto substituiertes C_3 - C_{10} -Alkoxyalkoxyalkyl, C_4 - C_{15} -Alkoxyalkoxyalkoxyalkyl, durch Hydroxy oder Mercapto substituiertes C_4 - C_{15} -Alkoxyalkoxyalkoxyalkyl, C_2 - C_{10} -Alkenyl, C_2 - C_{10} -Haloalkenyl, C_2 - C_{10} -Alkinyl, C_2 - C_{10} -Haloalkinyl, unsubstituiertes oder durch Halogen, C_1 - C_3 -Alkyl, C_1 - C_3 -Haloalkyl, C_1 - C_3 -Alkoxy, C_1 - C_3 -Haloalkoxy, Cyano und/oder

- 2 -

Nitro substituiertes Phenyl und unsubstituiertes oder durch Halogen, C₁-C₃-Alkyl, C₁-C₃-Haloalkyl, C₁-C₃-Alkoxy, C₁-C₃-Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituiertes Benzyl steht, oder R eine der Gruppen -SH oder -S-C(O)OR₄ repräsentiert, wobei R₄ für C₁-C₁₀-Alkyl, C₁-C₁₀-Haloalkyl oder eine unsubstituierte oder durch Halogen, C₁-C₃-Alkyl, C₁-C₃-Haloalkyl, C₁-C₃-Alkoxy, C₁-C₃-Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituierte Gruppe aus der Reihe Phenyl und Benzyl steht, dadurch gekennzeichnet, daß man einen Allylalkohol der Formel II



worin A für eine der Gruppen a oder b



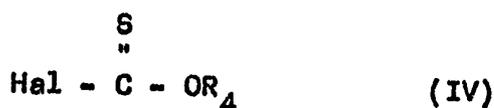
- 3 -

steht, R_1 eine Schutzgruppe bedeutet und R_2 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat, mit einem zur Einführung einer 13 β -Ether- oder 13 β -Thioethergruppe geeigneten Reagenz behandelt oder zwecks Einführung einer 13 β -Mercaptogruppe mit einem Halothionoformiat behandelt und reduziert, woraufhin man die R_1 -Schutzgruppe, sofern freie 5-Hydroxi-Verbindungen erwünscht sind, hydrolytisch abspaltet, wobei man

a) als ein zur Einführung einer 13 β -Ether- oder 13 β -Thioethergruppe in eine Verbindung der Formel IIb geeignetes Reagenz einen Alkohol oder ein Thiol der Formel III



einsetzt, worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und X für Sauerstoff oder Schwefel steht; oder als ein zur Einführung einer β -Thioethergruppe in eine Verbindung der Formel IIb geeignetes Reagenz ein Halothionoformiat der Formel IV



einsetzt, worin R_4 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und Hal für Halogen steht; oder als ein zur Einführung einer β -Thioethergruppe in eine Verbindung der Formel IIb geeignetes Reagenz ein Disulfid der Formel V



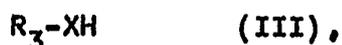
- 4 -

einsetzt, worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat oder

b) zur Herstellung von 13 β -Etherderivaten der Formel I einen 13 β -Alkohol der Formel IIa durch Veretherung mit einem Alkohol der Formel R_3 -XH oder einem Halogenid R_3 -Hal

worin R_3 obige Bedeutungen hat, X für Sauerstoff steht und Hal ein Halogenatom repräsentiert, reagieren läßt oder

c) zur Herstellung von 13 β -Thioetherderivaten der Formel I ein 13 β -Mercapto-derivat der Formel I, worin R für die 13 β -Mercapto-Gruppe steht und die übrigen Substituenten wie oben definiert sind, auf übliche Weise verthioethert, vorzugeweise durch Reaktion mit einem Thiol der Formel III



worin R_3 obige Bedeutungen hat und X für Schwefel steht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umsetzung mit Verbindungen der Formel III in Gegenwart einer katalytischen Menge einer Säure oder in Gegenwart einer katalytischen Menge einer Säure und zusätzlich in Gegenwart eines Orthoesters der Formel VI $R_{10}C(OR_3)_3$ (VI), worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und R_{10} für Wasserstoff oder C_1 - C_6 -Alkyl steht, bei Temperaturen zwischen -50° und $+150^\circ$ C, vorzugeweise -20° bis $+100^\circ$ C, stattfindet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Umsetzung mit Verbindungen der Formel IV in einem reaktionsinerten Lösungsmittel oder dem Reagenz der Formel IV bei Temperaturen zwischen -50° und $+150^{\circ}\text{C}$, vorzugeweise -20° bis $+150^{\circ}\text{C}$, in Gegenwart einer Base durchführt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 zur Herstellung von Verbindungen der Formel I, worin R für eine β -Mercapto-Gruppe steht; dadurch gekennzeichnet, daß man eine Verbindung der Formel I, worin R für die Gruppe $-\text{S}-\text{C}(\text{O})\text{OR}_4$ steht, wobei R_4 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat, bei Temperaturen zwischen 0° und 50°C zur β -Mercapto-Verbindung der Formel I reduziert.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Umsetzung mit einem Disulfid der Formel V in Gegenwart einer mindestens äquimolaren Menge eines dreibindigen Phosphine und einer 1/10- bis 3-molaren Menge eines $\text{N}-\text{[SR}_3\text{]}$ -Sulfenimids; worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat, bei Temperaturen von 0° bis $+50^{\circ}\text{C}$ durchführt.

Verfahren zur Herstellung von 13B-Milbemycin-Derivaten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von 13B-Milbemycin-Derivaten, die als Mittel zur Bekämpfung von Parasiten an Pflanzen und von Insekten für die Anwendung in der Human- und Tiermedizin, in der Landwirtschaft und auf dem Hygienesektor geeignet sind.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es sind keine Verfahren zur Herstellung von 13B-Milbemycin-Derivaten bekannt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung neuer Wirkstoffe mit starker parasitizider und insektizider Wirkung für die Bekämpfung von Ekto- und Endoparasiten sowie von Insekten.

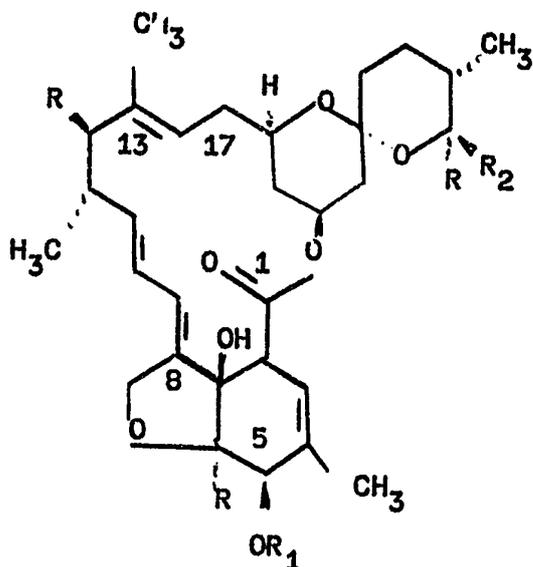
Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, neue Verbindungen mit starker parasitizider und insektizider Wirkung herzustellen.

Erfindungsgemäß hergestellt werden 13B-Milbemycine der allgemeinen Formel I

ML

- 7 -



(I)

worin

- R_1 Wasserstoff oder eine Schutzgruppe bedeutet;
- R_2 für Methyl, Ethyl, Isopropyl oder sek. Butyl steht;
- und
- R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 ausgewählt aus der Reihe C_1-C_{10} -Alkyl, C_1-C_{10} -Haloalkyl, C_1-C_{10} -Hydroxyalkyl, C_1-C_{10} -Mercaptoalkyl, C_2-C_{10} -Alkoxyalkyl, C_3-C_{10} -Alkoxyalkoxyalkyl, durch Hydroxy oder Mercapto substituiertes C_3-C_{10} -Alkoxyalkoxyalkyl, C_4-C_{15} -Alkoxyalkoxyalkoxyalkyl, durch Hydroxy oder Mercapto substituiertes C_4-C_{15} -Alkoxyalkoxyalkoxyalkyl, C_2-C_{10} -Alkenyl, C_2-C_{10} -Haloalkenyl, C_2-C_{10} -Alkynyl, C_2-C_{10} -Haloalkynyl, unsubstituiertes oder durch Halogen, C_1-C_3 -Alkyl, C_1-C_3 -Haloalkyl, C_1-C_3 -Alkoxy, C_1-C_3 -Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituiertes Phenyl und unsubstituiertes oder durch Halogen, C_1-C_3 -Alkyl, C_1-C_3 -Haloalkyl, C_1-C_3 -Haloalkoxy, C_1-C_3 -Alkoxy, Cyano und/oder Nitro substituier-

tes Benzyl steht, oder R eine der Gruppen -SH oder $-C(O)OR_4$ repräsentiert, wobei R_4 für C_1-C_{10} -Alkyl, C_1-C_{10} -Haloalkyl oder eine unsubstituierte oder durch Halogen, C_1-C_3 -Alkyl, C_1-C_3 -Haloalkyl, C_1-C_3 -Alkoxy, C_1-C_3 -Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituierte Gruppe aus der Reihe Phenyl und Benzyl steht.

Unter dem Begriff Alkyl selbst oder als Bestandteil eines anderen Substituenten sind je nach Zahl der angegebenen Kohlenstoffatome beispielsweise folgenden Gruppen zu verstehen: Methyl, Ethyl, Propyl, Butyl, Pentyl, Hexyl, Heptyl, Octyl, Nonyl, Decyl usw. sowie die Isomeren, wie z.B. Isopropyl, Isobutyl, tert.-Butyl, Isopentyl usw., Haloalkyl steht für einen einfach bis perhalogenierten Alkylsubstituenten, wie z. B. $CHCl_2$, CHF_2 , CH_2Cl , CCl_3 , CH_2F , CH_2CH_2Cl , $CHBr_2$, vorzugsweise CF_3 . Unter Halogen soll hier und im folgenden Fluor, Chlor, Brom oder Jod, vorzugsweise Fluor, Chlor oder Brom, verstanden werden. Haloalkoxy steht für einen über Sauerstoff gebundenen Haloalkylrest, der, wie weiter oben ausgeführt, halogeniert sein kann. Alkenyl steht für einen mindestens durch eine $C=C$ -Doppelbindung charakterisierten aliphatischen Kohlenwasserstoffrest, wie z. B. für Vinyl, Propenyl-(1), Allyl, Butenyl-(1), Butenyl-(2), Butenyl-(3), usw. Haloalkenyl bedeutet dementsprechend einen derartigen Alkenylrest, der ein- oder mehrfach halogeniert ist. Alkinyl steht für eine gerade oder verzweigte Kohlenstoffkette, die durch mindestens eine $C\equiv C$ -Dreifachbindung charakterisiert ist. Typische Vertreter sind: Ethinyl, Propionyl-(1), Propargyl, Butinyl-(1), usw. C_2-C_{10} -Alkoxyalkyl steht für eine

unverzweigte oder verzweigte, durch ein Sauerstoffatom unterbrochene C_2-C_{10} -Alkylgruppe, somit z. B. für CH_2OCH_3 , $CH_2CH_2OCH_3$, $CH_2CH(CH_3)OCH_3$, $CH_2OC_2H_5$, $CH_2OC_3H_7-i$, $CH_2CH_2-CH_2OCH_3$ usw. C_3-C_{10} -Alkoxyalkoxyalkyl steht für eine unverzweigte oder verzweigte C_3-C_{10} -Alkylgruppe, die an zwei Stellen durch jeweils ein Sauerstoffatom unterbrochen ist. Typische Beispiele sind: $CH_2OCH_2OCH_3$, $CH_2CH_2OCH_2OCH_3$, $CH_2OCH_2CH_2OCH_3$, $CH_2OCH_2OC_2H_5$, $-CH(CH_3)OCH_2OC_3H_7-i$ usw. C_4-C_{15} -Alkoxyalkoxyalkoxyalkyl steht für eine unverzweigte oder verzweigte C_4-C_{15} -Alkylgruppe, die an 3 Stellen jeweils durch ein Sauerstoffatom unterbrochen ist, z. B. für $CH_3OCH_2OCH_2OCH_2$, $CH_3OCH_2CH_2OCH_2OCH_2$, $CH_3OCH_2CH_2OCH_2-CH_2OCH_2CH_2$ usw. Unter OH-Schutzgruppen für den Substituenten R_1 sollen hier und im folgenden die in der organischen Chemie üblichen Schutzfunktionen verstanden werden. Dabei handelt es sich insbesondere um Acyl- und Silylgruppen. Geeignete Acylgruppen sind beispielsweise die Reste $R_4-C(O)-$, worin R_4 die bei R_4 unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und vorzugsweise für C_1-C_6 -Alkyl, C_1-C_6 -Haloalkyl oder unsubstituiertes oder durch Halogen, C_1-C_3 -Alkyl, CF_3 oder Nitro substituiertes Phenyl steht. Als geeignete Silylgruppen für R_1 kommt der Rest $-Si(R_5)(R_6)(R_7)$ in Frage, wobei R_5 , R_6 und R_7 vorzugsweise unabhängig voneinander für C_1-C_4 -Alkyl, Benzyl oder Phenyl stehen und beispielsweise eine der Gruppen Trimethylsilyl, tris(tert. Butyl)silyl, Diphenyl-tert.-butylsilyl, bis(Isopropyl)-methylsilyl, Triphenylsilyl usw. und insbesondere tert. Butyl-dimethylsilyl bildet. Die 5-OH-Gruppe kann auch als Benzylether oder Methoxyethoximethylether vorliegen.

Verbindungen, worin R_2 sek. Butyl darstellt, sollen hier und

im folgenden gleichfalls zu den Milbemycin-Derivaten gerechnet werden, obwohl sie nach der üblichen Systematik nicht darunter fallen, sondern gemäß US-PS 4 173 571 von Avermectin-Derivaten abgeleitet sind.

Verbindungen der Formel I, worin R_1 eine Schutzgruppe darstellt, lassen sich durch einfache, z. B. hydrolytische Abspaltung der Schutzfunktion in die hochaktiven freien 5-Hydroxi-derivate ($R_1=H$) überführen und haben somit Zwischenprodukte-Charakter. Im übrigen wird der biologische Wert dieser Verbindungen durch die Schutzgruppe im Prinzip nicht gemindert.

Die Substituenten R in 13-Position bedeuten in natürlich vorkommenden Milbemycinen ($R_1 = H$; $R_2 = CH_3$, C_2H_5 oder $isoC_3H_7$) stets Wasserstoff. Bei Avermectinen dagegen steht in der 13-Position ein α -L-Oleandrosyl- α -L-oleandrose-Rest, der über Sauerstoff in α -Konfiguration mit dem Makrolid-Molekül verknüpft ist. Avermectine unterscheiden sich strukturell außerdem durch eine 23-OH-Gruppe oder $\Delta^{22,23}$ -Doppelbindung und in der Regel durch einen Substituenten $R_2 = sek.C_4H_9$ von den Milbemycinen. Durch Hydrolyse des Zucker-Restes der Avermectine gelangt man leicht zu den entsprechenden Avermectin-aglykonen, die eine allylische 13α -Hydroxy-Gruppe besitzen. Bei den Avermectin-derivaten der vorliegenden Anmeldung liegt die $\Delta^{22,23}$ -Doppelbindung stets in hydrierter Form vor.

Folgende Untergruppen von Verbindungen der Formel I sind auf Grund ihrer ausgeprägten parasitiziden und insektiziden Wir-

kung besonders bevorzugt:

Eine interessante Gruppe im Umfang der Formel I bilden diejenigen Verbindungen worin

R_1 Wasserstoff oder eine Schutzgruppe bedeutet;
 R_2 für Methyl, Ethyl, Isopropyl oder sek. Butyl steht; und R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 , ausgewählt aus der Reihe C_1-C_{10} -Alkyl, C_1-C_{10} -Haloalkyl, C_2-C_{10} -Alkoxyalkyl, C_3-C_{10} -Alkoxyalkoxyalkyl, C_2-C_{10} -Alkenyl, C_2-C_{10} -Haloalkenyl, C_2-C_{10} -Alkynyl, C_2-C_{10} -Haloalkynyl, unsubstituiertes oder durch Halogen, C_1-C_3 -Alkyl, C_1-C_3 -Haloalkyl, C_1-C_3 -Alkoxy, C_1-C_3 -Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituiertes Phenyl und unsubstituiertes oder durch Halogen, C_1-C_3 -Haloalkyl, C_1-C_3 -Alkyl, C_1-C_3 -Alkoxy, C_1-C_3 -Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituiertes Benzyl steht, oder R eine der Gruppen -SH oder $-S-C(O)OR_4$ repräsentiert, wobei R_4 für C_1-C_{10} -Alkyl, C_1-C_{10} -Haloalkyl oder eine unsubstituierte oder durch Halogen, C_1-C_3 -Alkyl, C_1-C_3 -Haloalkyl, C_1-C_3 -Alkoxy, C_1-C_3 -Haloalkoxy, Cyano und/oder Nitro substituierte Gruppe aus der Reihe Phenyl und Benzyl steht.

Gruppe Ia: Verbindungen der Formel I, worin R_1 Wasserstoff bedeutet; R_2 für Methyl, Ethyl, Isopropyl oder sek. Butyl steht; R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 , ausgewählt aus der Reihe C_1-C_4 -Alkyl, C_2-C_4 -Alkenyl, unsubstituiertes oder durch Fluor, Chlor, Brom, Methyl, CF_3 , Methoxy, Cyano, und/oder Nitro substituiertes Phenyl und unsubstituiertes oder durch Fluor, Chlor, Brom, Methyl, CF_3 , Methoxy, Cyano und Nitro substituiertes Benzyl steht, oder eine der Gruppen -SH oder $-S-C(O)OR_4$ repräsen-

- 12 -

tiert, wobei R_4 für C_1-C_4 -Alkyl, C_1-C_4 -Haloalkyl oder eine unsubstituierte oder durch Fluor, Chlor, Brom, Methyl, CF_3 , Methoxy, Cyano und/oder Nitro substituierte Gruppe aus der Reihe Phenyl und Benzyl steht.

Gruppe Ib: Verbindungen der Formel I, worin R_1 Wasserstoff bedeutet; R_2 für Methyl, Ethyl, Isopropyl oder sek. Butyl steht; R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 , ausgewählt aus der Reihe C_1-C_4 -Alkyl und C_2-C_4 -Alkenyl steht oder eine der Gruppen -SH oder $-S-C(O)OR_4$ repräsentiert, wobei R_4 für C_1-C_4 -Alkyl, C_1-C_4 -Haloalkyl oder unsubstituiertes oder durch Fluor, Chlor, Brom, Methyl, CF_3 , Methoxy, Cyano und/oder Nitro substituiertes Phenyl steht.

Gruppe Ic: Verbindungen der Formel I, worin R_1 Wasserstoff bedeutet; R_2 für Methyl, Ethyl, Isopropyl oder sek. Butyl steht; R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 , ausgewählt aus der Reihe C_1-C_4 -Alkyl und C_2-C_4 -Alkenyl steht oder eine der Gruppen -SH oder $-S-C(O)OR_4$ repräsentiert, wobei R_4 für C_1-C_4 -Alkyl oder C_1-C_4 -Haloalkyl steht.

Gruppe Id: Verbindungen der Formel I, worin R_1 Wasserstoff bedeutet; R_2 für Ethyl oder Isopropyl steht; R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_4 , nämlich für C_1-C_2 -Alkyl steht, oder eine der Gruppen -SH oder $-S-C(O)OR_4$ repräsentiert, wobei R_4 für C_1-C_2 -Alkyl oder C_1-C_2 -Haloalkyl steht.

Gruppe Ie: Verbindungen der Formel I, worin R_1 Wasserstoff

- 13 -

bedeutet; R_2 für Ethyl oder Isopropyl steht; R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 , nämlich für Methyl steht oder eine der Gruppen -SH oder -S-C(O)OR₄ repräsentiert, wobei R_4 für Methyl steht.

Gruppe If: Verbindungen der Formel I, worin R_1 Wasserstoff bedeutet; R_2 für Ethyl oder Isopropyl steht, R für einen über Sauerstoff oder Schwefel gebundenen Rest R_3 , der für ein geradkettiges oder verzweigtes C_1 - C_4 -Alkyl und insbesondere für Methyl oder Ethyl steht.

Besondere bevorzugte 5-Hydroxi-derivate der Formel I sind z. B.

13 β -Methoxy-milbemycin D,
 13 β -Ethoxy-milbemycin D,
 13 β -Phenylthio-milbemycin D,
 13 β -p-Chlorphenoxy-carbonylthio-milbemycin D,
 13 β -Mercapto-milbemycin D,
 13 β -Methylthio-milbemycin D,
 13 β -tert.-Butylthio-milbemycin D,
 13 β -Methylthio-milbemycin A₄,
 13 β -tert.-Butylthio-milbemycin A₄,
 13 β -Methoxy-milbemycin A₄,
 13 β -Methoximethoxy-milbemycin A₄,
 13 β -Ethylthio-milbemycin A₄,
 13 β -Ethoxy-milbemycin A₄.

Bevorzugte an der 5-Hydroxygruppe mit einer Schutzfunktion versehene Verbindungen der Formel I sind z. B.

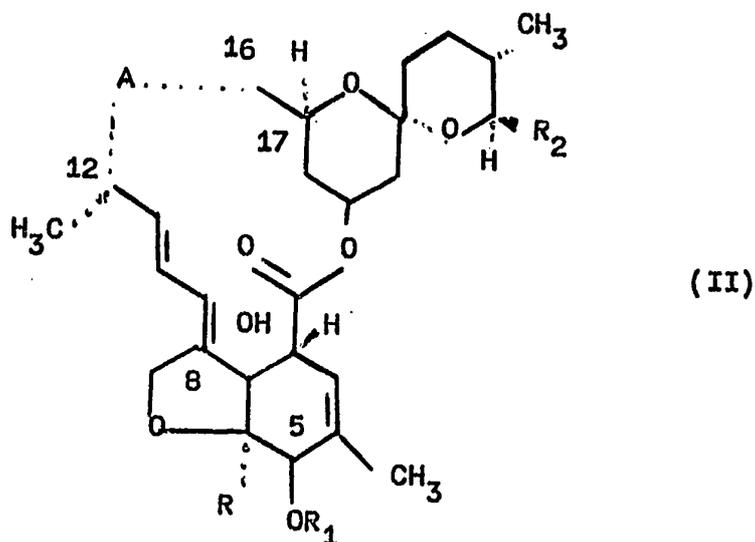
5-O-tert.-Butyldimethyleilyl-13 β -methoxy-milbemycin D,

5-O-tert. Butyldimethylsilyl-13 β -ethoxy-milbemycin D,
5-O-tert. Butyldimethylsilyl-13 β -mercapto-milbemycin D,
5-O-tert. Butyldimethylsilyl-13 β -methylthio-milbemycin D.

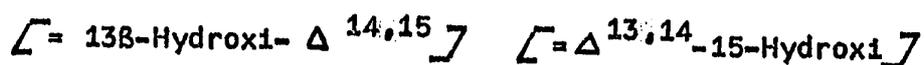
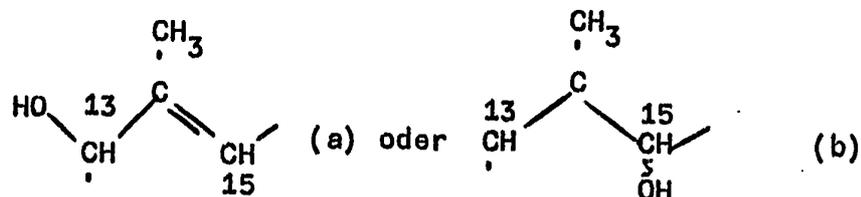
Die vorliegende Erfindung betrifft das neue Verfahren zur Herstellung der Verbindungen der Formel I. Es wurde nämlich überraschend gefunden, daß man mit geeigneten Ver-(thio)etherungsmitteln die nachstehend definierten Allylalkohole der Formel II, worin die allylische OH-Gruppe sich in der 15-Position des Moleküle befindet, derart ver(thio)ethern kann, daß der einzuführende Substituent R stereospezifisch die 13 β -Position des Moleküle einnimmt und nur in untergeordnetem Maße Nebenprodukte liefert, die in 15-Position substituiert sind. Ferner wurde gefunden, daß Verbindungen der Formel II, die eine 13 β -Hydroxigruppe enthalten, sich unter Beibehaltung der 13 β -Orientierung durch übliche Veretherungsmethoden in die 13 β -Ether überführen lassen. Das erfindungsgemäße Verfahren bildet somit die Möglichkeit, in der 13 β -Position von Milbemycin- oder 13-Deoxi-22,23-dihydro-avermectin-aglykon-derivaten gezielt den unter Formel I definierten Substituenten R einzuführen und damit zu hochwirksamen Parasitiziden und Insektiziden zu gelangen, die überdies für weitere Derivatisierungen eingesetzt werden können.

Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit ein Verfahren zur Herstellung der Verbindungen der Formel I, das darin besteht, daß man einen Allylalkohol der Formel II

- 15 -



worin A für eine der Gruppe a oder b



steht, R₁ eine Schutzgruppe bedeutet und R₂ die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat, mit einem zur Einführung einer 13β-Ether- oder 13β-Thioethergruppe geeigneten Reagenz behandelt oder zwecks Einführung einer 13β-Mercaptogruppe mit einem Halothionoformiat behandelt und reduziert, woraufhin man die R₁-Schutzgruppe, sofern freie 5-Hydroxi-Verbindungen erwünscht sind, hydrolytisch abspaltet.

Allylkohole der Formel II, worin A für die Gruppe a steht, sollen hier und im folgenden die Bezeichnung IIa besitzen, entsprechend sollen diejenigen, worin A für die Gruppe b steht, mit IIb bezeichnet werden.

Zur Einführung der 13 β -Ether- oder 13 β -Thioethergruppe in Verbindungen der Formel IIb geeignete Reagenzien sind beispielsweise

a) Alkohole und Thiole der Formel III



worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und X für Sauerstoff oder Schwefel steht;

b) Halothionoformiate der Formel IV



worin R_4 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und Hal für Halogen, wie Fluor, Chlor, Brom oder Jod, vorzugsweise für Chlor oder Brom steht; sowie

c) Disulfide der Formel V



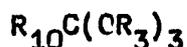
worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat.

Die 13 β -Alkohole der Formel IIa können auch nach üblichen Methoden, z. B. durch Umeetzung mit den Alkoholen der Formel III oder mit einem Halogenid R₃-Hal, worin R₃ die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat und Hal für ein Halogenatom, insbesondere Chlor oder Brom steht, in die 13 β -Ether überführt werden. Man kann völlig analog auch ein zu den Alkoholen der Formel IIa analoges Thiol mit dem Halogenid R-Hal in 13 β -Thioether überführen. Ebenso können Verbindungen der Formel I, worin R für eine 13 β -Mercaptogruppe steht, auf übliche Art und Weise, z. B. durch Reaktion mit Alkylierungsmitteln der Formel III, in die 13 β -Thioether überführt werden. Gemeint sind hierbei dem Fachmann geläufige Veretherungsreaktionen, die eine Derivatisierung einer 13 β -Hydroxi- bzw. 13 β -Mercapto-Gruppe darstellen und die räumliche 13 β -Orientierung dieser Gruppen nicht antasten.

Das Verfahren wird im allgemeinen in einem reaktions-inerten Lösungsmittel oder in einem der beteiligten Reaktanden, sofern diese flüssig sind, durchgeführt. Geeignete Lösungsmittel sind z. B.: Ether und etherartige Verbindungen wie Diäthylether (Diethylether, Diisopropylether, tert.-Butylmethylether, Dimethoxyethan, Dioxan, Tetrahydrofuran, Anisol, usw.); halogenierte Kohlenwasserstoffe wie Chlorbenzol, Methylenchlorid, Ethylenchlorid, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, Tetrachlorethylen, usw.; oder Sulfoxide wie Dimethylsulfoxid, wobei auch aromatische oder aliphatische Kohlenwasserstoffe, wie Benzol, Toluol, Xylol, Petrolether, Ligroin, Cyclohexan, usw. anwesend sein können. In manchen Fällen kann es von Vorteil sein, wenn die Reaktion oder Teilschritte davon unter Schutzgasatmosphäre (z. B. Argon, Helium,

Stickstoff etc.) und/oder in absoluten Lösungsmitteln durchgeführt werden. Gewünschtenfalls können Zwischenprodukte aus dem Reaktionsmedium isoliert und falls erwünscht, vor der Weiterreaktion, auf übliche Art und Weise gereinigt werden, z. B. durch Waschen, Digerieren, Extraktion, Umkristallisation, Chromatographie usw. Man kann jedoch auch auf derartige Reinigungsschritte verzichten und diese erst mit entsprechenden Endprodukten durchführen.

Die Umsetzung von Verbindungen der Formel II mit Alkoholen der Formel III bzw. von Verbindungen der Formel IIb mit Alkoholen oder Thiolen der Formel III erfolgt in Gegenwart katalytischer Mengen einer Säure. Als Säuren können hierbei Protonensäuren oder Lewis-Säuren eingesetzt werden. Beispiele geeigneter Säuren sind anorganische Säuren: Halogenwasserstoffsäure wie Chlorwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure oder Jodwasserstoffsäure, Chlorsäure, Perchlorsäure sowie Schwefelsäure, Phosphorsäure, phosphorige Säure, und organische Säuren wie Essigsäure, Trifluoressigsäure, Trichloroessigsäure, Propionsäure, Glykolsäure, Thiocyanensäure, Milchsäure, Bernsteinsäure, Zitronensäure, Benzoesäure, Zimtsäure, Oxalsäure, Ameisensäure, Benzolsulfonsäure, p-Toluolsulfonsäure, Methansulfonsäure, Salicylsäure, p-Aminosalicylsäure, 2-Phenoxybenzoesäure, 2-Acetoxybenzoesäure, usw. sowie Lewis-Säuren, wie BF_3 , AlCl_3 , ZnCl_2 usw., insbesondere BF_3 als Etherat. Besonders bevorzugt sind Benzolsulfonsäure, p-Toluolsulfonsäure, Schwefelsäure und Bortrifluoridetherat. Bei dieser Reaktion kann es von Vorteil sein, wenn man zusätzlich in Gegenwart eines Orthoesters der Formel VI



(VI),

worin R_3 wie unter Formel I definiert ist und R_{10} für Wasserstoff oder C_1 - C_6 -Alkyl, vorzugsweise Methyl steht, arbeitet. Die Reaktionstemperaturen liegen im allgemeinen bei -50° bis $+150^\circ$ C, vorzugsweise bei -20° bis $+100^\circ$ C, bzw. am Siedepunkt des Lösungsmittels oder Lösungsmittelgemisches.

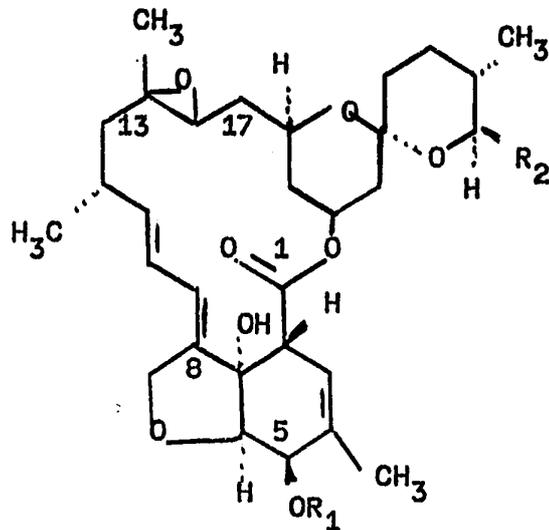
Die Reaktion der Verbindungen der Formel IIb mit Halothionoformiaten der Formel IV erfolgt üblicherweise in den oben genannten reaktionsinerten Lösungsmitteln oder in dem Halothionoformiat der Formel IV selbst. Man arbeitet zweckmäßigerweise in Gegenwart eines Kondensationsmittels. Als solche kommen organische und anorganische Basen in Betracht, z. B. tertiäre Amine wie Trialkylamine (Trimethylamin, Triethylamin, Tripropylamin usw.), Pyridin und Pyridinbasen (4-Dimethylaminopyridin, 4-Pyrrolidylaminopyridin usw.), bevorzugt ist Pyridin. Das Kondensationsmittel wird üblicherweise in mindestens äquimolarer Menge in bezug auf die Ausgangsstoffe eingesetzt. Die Reaktionstemperaturen liegen bei dieser Umsetzung im allgemeinen bei -50° bis $+150^\circ$ C, vorzugsweise bei -20° bis $+100^\circ$ C. Die bei dieser Reaktion entstehenden Thiolcarbonate der Formel I ($R = -S-C(O)OR_4$) lassen sich durch einfache Reduktion, z. B. mit Zink in Eisessig, in die 13 β -Mercapto-Verbindungen der Formel I ($R = SH$) überführen. Diese Reduktion erfolgt zweckmäßigerweise in einem üblichen, reaktionsinerten, organischen Lösungsmittel bei Temperaturen zwischen 0° und 50° C.

Die Reaktion von Verbindungen der Formel IIb mit Disulfiden

der Formel V erfolgt in Gegenwart einer mindestens äquimolaren Menge eines dreibindigen Phosphins, wie z. B. Triphenylphosphin, Tri-n-butylphosphin, n-Butyldiphenylphosphin und einer 1- bis 3-molaren Menge eines N- $\left[SR_3\right]$ -Sulfenimids, worin R_3 die unter Formel I angegebenen Bedeutungen hat. Besonders geeignete Sulfenimide sind N- $\left[SR_3\right]$ -Succinimid und N- $\left[SR_3\right]$ -Benzoosuccinimid. Die Reaktion wird zweckmäßigerweise in einem reaktionsinerten Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemisch durchgeführt. Geeignete Lösungsmittel sind die bereits weiter oben genannten Lösungsmittel. Man arbeitet in einem Temperaturbereich von 0° bis $+50^\circ C$, vorzugsweise bei $+20^\circ$ bis $+30^\circ C$.

Sofern nicht speziell aufgeführt, handelt es sich bei allen verwendeten Ausgangsprodukten um bekannte Verbindungen oder um Verbindungen, die sich in an sich bekannter Weise, z. B. analog zu den bekannten Vertretern, herstellen lassen.

Die Verbindungen der Formel IIb $\left[\Delta^{13,14-15}\text{-Hydroxi} \right]$ lassen sich aus 14,15-Epoxy-Milbemycinen der Formel VII gewinnen, worin R_1 und R_2 die für die Formel I genannten Bedeutungen haben.



(VII)

mit Hilfe des Komplex-Reagenzes $\left[\text{HN}_3 \right]_m / \left[\text{Al}(\text{Ethyl})_3 \right]_n$, worin m und n unabhängig voneinander die Zahl 1 oder 2 oder einen Zahlenwert zwischen 1 und 2 darstellen, in inerten trockenen Lösungsmitteln im Temperaturbereich von -30° bis $+10^\circ \text{C}$, vorzugsweise -20° bis -5°C .

Als inerte Lösungsmittel kommen vorzugsweise aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, Xylol, Petrolether; Ether wie Diethylether, tert.-Butylmethylether; Tetrahydrofuran, Dioxan, Anisol in Frage.

Die Reaktion wird vorteilhaft unter Schutzgas, wie Stickstoff oder Argon, durchgeführt.

Stickstoffwasserstoffsäure HN_3 läßt sich in statu nascendi in den $\left[\text{HN}_3 \right]_m / \left[\text{Al}(\text{Et})_3 \right]_n$ -Komplex überführen, indem man im vorgesehenen trockenen Lösungsmittel oder Lösungsmittel-

$R_2 = \text{CH}_3$	Milbemyoin A ₃
$R_2 = \text{C}_2\text{H}_5$	Milbemyoin A ₄
$R_2 = \text{isoC}_3\text{H}_7$	Milbemyoin D
$R_2 = \text{sec. C}_4\text{H}_9$	13-Deoxi-22,23-dihydro-C-076-Bla-aglycon.

Die Epoxidierung wird in einer Lösungsmittelphase im Temperaturbereich von -10° bis $+20^\circ \text{C}$, vorzugeweise -5° bis $+5^\circ \text{C}$, durchgeführt.

Die Eposidierung wird mit Persäuren wie Peressigsäure, Trifluorperessigsäure, Perbenoesäure, Chlorperbenoesäure durchgeführt.

Die 13 β -Hydroxi- $\Delta^{14,15}$ -Verbindungen der Formel IIa lassen sich aus Verbindungen der Formel IIb, worin R_1 für eine Schutzgruppe steht, durch Reaktion mit Pyridiniumdichromat $[(\text{Pyr})_2^+\text{Cr}_2\text{O}_7^-]$ herstellen. Man arbeitet hierbei in Dimethylformamid und bei Temperaturen zwischen ca. -10° und $+60^\circ \text{C}$. Die R_1 -Schutzgruppe wird, sofern gewünscht, anschließend hydrolytisch abgespalten.

Durch Acylierung oder Silylierung der 5-OH-Gruppe werden alle jene Derivate der Formeln I, IIa, IIb und VII hergestellt, bei denen R_1 eine andere Bedeutung als Wasserstoff ($R_1 = \text{OH}$ -Schutzgruppe) hat. Die Einführung der Acylgruppe erfolgt üblicherweise mit den entsprechenden Acylhalogeniden oder Acylanhydriden und wird vorzugeweise zur Einführung der eingangs definierten $R_4\text{C}(\text{O})$ -Gruppe benutzt. Zur Silylierung verwendet man zweckmäßigerweise ein Silan der Formel $\text{Y-Si}(\text{R}_5)(\text{R}_6)(\text{R}_7)$, worin R_5 , R_6 und R_7 einen der ein-

gange genannten Reste darstellen; wobei der Begriff Acylhalogenid für Acylchlorid oder Acylbromid steht und wobei Y eine Silylabgangsgruppe bedeutet. Zu den Silylabgangsgruppen Y zählen beispielsweise Bromid, Chlorid, Cyanid, Azid, Acetamid, Trifluoracetat, Trifluormethansulfonat. Diese Aufzählung stellt keine Limitierung dar; der Fachmann kennt weitere typische Silylabgangsgruppen.

5-O-Acylierungen und 5-O-Silylierungen werden in wasserfreiem Milieu, vorzugeweise in inerten Lösungsmitteln und besonders bevorzugt in aprotischen Lösungsmitteln durchgeführt. Die Reaktion läuft vorteilhaft im Temperaturbereich von 0° bis +80 °C, bevorzugt bei +10° bis +40 °C, ab. Vorzugeweise wird eine organische Base zugegeben. Es kommen als solche beispielsweise tertiäre Amine wie Triethylamin, Triethylendiamin, Triazol und bevorzugt Pyridin, Imidazol oder 1,8-Diazabicyclo[5.4.0]-undec-7-en (DBU) in Frage.

Die Entfernung dieser Silyl- und Aylreste R_1 in der 5-Position geschieht durch selektive milde Hydrolyse $\xrightarrow{R_1=H/}$ mit z. B. Arylsulfonsäure in alkoholischer Lösung oder nach einer anderen dem Fachmann geläufigen Methode.

Das beschriebene Verfahren zur Herstellung der Verbindungen der Formel I ist in allen Teilschritten ein Bestandteil vorliegender Erfindung.

Die Verbindungen der Formel I eignen sich ausgezeichnet zur Bekämpfung von Schädlingen an Tieren und Pflanzen, darunter tierparasitären Ekto-Parasiten. Zu letzteren zählen unter

der Ordnung Acarina insbesondere Schädlinge der Familien Ixodidae, Dermanyidae, Sarcoptidae, Psoroptidae; die Ordnungen Mallophaga; Siphonaptera, Anoplura (z. B. Familie der Haemotopinidae); unter der Ordnung Diptera insbesondere Schädlinge der Familien Muscidae, Calliphoridae, Oestridae, Tabanidae, Hippoboscidae, Gastrophilidae.

Die Verbindungen I sind auch einsetzbar gegen Hygiene-Schädlinge, insbesondere der Ordnungen Diptera mit den Familien Sarcophagidae, Anophilidae, Culicidae; der Ordnung Orthoptera, der Ordnung Dictyoptera (z. B. Familie Blattidae) und der Ordnung Hymenoptera (z. B. Familie Formicidae).

Die Verbindungen I besitzen auch nachhaltige Wirksamkeit bei pflanzenparasitären Milben und Insekten. Bei Spinnmilben der Ordnung Acarina sind sie wirksam gegen Eier, Nymphen und Adulte von Tetranychidae (Tetranychus spp. und Panonychus spp.).

Hohe Aktivität besitzen sie bei den saugenden Insekten der Ordnung Homoptera, insbesondere gegen Schädlinge der Familien Aphididae, Delphacidae, Cicadellidae, Psyllidae, Loccidae, Diaapididae und Eriophyidae (z. B. die Rostmilbe auf Citrusfrüchten); der Ordnungen Hemiptera; Heteroptera und Thysanoptera; sowie bei den pflanzenfressenden Insekten der Ordnungen Lepidoptera; Coleoptera; Diptera und Orthoptera.

Sie sind ebenfalls als Bodeninsektizid gegen Schädlinge im Erdboden geeignet.

Die Verbindungen der Formel I sind daher gegen alle Entwicklungsstadien saugender und fressender Insekten an Kulturen wie Getreide, Baumwolle, Reis, Mais, Soja, Kartoffeln, Gemüse, Früchten, Tabak, Hopfen, Citrus, Avocados und anderen wirksam.

Die Verbindungen der Formel I sind auch wirksam gegen Pflanzen-Nematoden der Arten *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Radopholus*, *Rizoglyphus* und andere.

Besondere aber sind die Verbindungen gegen Helminthen wirksam, unter denen die endoparasitären Nematoden die Ursache schwerer Erkrankungen an Säugetieren und Geflügel sein können, z. B. an Schafen, Schweinen, Ziegen, Rindern, Pferden, Eseln, Hunden, Katzen, Meerschweinchen, Ziervögeln. Typische Nematoden dieser Indikation sind: *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Ascaris*, *Bunostomum*, *Oesophagostomum*, *Charbertia*, *Trichuris*, *Strongylus*, *Trichonema*, *Dictyocaulus*, *Capillaria*, *Heterakis*, *Toxocara*, *Ascaridia*, *Oxyuris*, *Ancylostoma*, *Uncinaria*, *Toxascaris* und *Parascaris*. Der besondere Vorteil der Verbindungen der Formel I ist ihre Wirksamkeit gegen solche Parasiten, die gegen Wirkstoffe auf Benzimidazol-Basis resistent sind.

Gewisse Spezies der Arten *Nematodirus*, *Cooperia* und *Oesophagostomum* greifen den Intestinaltrakt des Wirtstieres an, während andere der Arten *Haemonchus* und *Ostertagia* im Magen und solche der Art *Dictyocaulus* im Lungengewebe parasitieren. Parasiten der Familien *Filariidae* und *Setariidae* finden sich im internen Zellgewebe und den Organen, z. B. dem Herzen, den Blutgefäßen, den Lymphgefäßen und dem subcutanen Gewebe.

Hier ist vor allem der Herzwurm des Hundes, *Dirofilaria immitis*, zu nennen. Die Verbindungen der Formel I sind gegen diese Parasiten hoch wirksam.

Sie sind ferner zur Bekämpfung von humanpathogenen Parasiten geeignet, unter denen als typische, im Verdauungstrakt vorkommende Vertreter solche der Arten *Acylostoma*, *Necator*, *Ascaris*, *Strongyloides*, *Trichinella*, *Capillaria*, *Trichuris* und *Enterobius* zu nennen sind. Wirksam sind die Verbindungen vorliegender Erfindung auch gegen Parasiten der Arten *Wuchereria*, *Brugia*, *Onchocerca* und *Loa* aus der Familie der Filariidae, die im Blut, im Gewebe und verschiedenen Organen vorkommen, ferner gegen *Dracunculus* und Parasiten der Arten *Strongyloides* und *Trichinella*, die speziell den Gastro-Intestinalkanal infizieren.

Die Verbindungen der Formel I werden in unveränderter Form oder vorzugsweise zusammen mit den in der Formulierungstechnik üblichen Hilfsmitteln eingesetzt und werden daher z. B. zu Emulsionskonzentraten, direkt versprühbaren und verdünnbaren Lösungen, verdünnten Emulsionen, Spritzpulvern, löslichen Pulvern, Stäubemitteln, Granulaten, auch Verkapselungen in z. B. polymeren Stoffen in bekannter Weise verarbeitet. Die Anwendungsverfahren wie Versprühen, Vernebeln, Verstäuben, Verstreuen oder Gießen werden gleich wie die Art der Mittel den angestrebten Zielen und den gegebenen Verhältnissen entsprechend gewählt.

Die Verbindungen der Formel I werden bei Warmblütern in Aufwandmengen von 0,01 bis 10 mg/kg Körpergewicht angewendet,

Über geschlossenen Kultur-Anbauflächen, in Pferchen, Ställen oder sonstigen Räumen in Mengen von 10 g bis 1000 g pro Hektar.

Die Formulierungen, d. h. die den Wirkstoff der Formel I enthaltenden Mittel, Zubereitungen oder Zusammensetzungen werden in bekannter Weise hergestellt, z. B. durch inniges Vermischen und/oder Vermahlen der Wirkstoffe mit Streckmitteln, wie z. B. mit Lösungsmitteln, festen Trägerstoffen, und gegebenenfalls oberflächenaktiven Verbindungen (Tensiden).

Als Lösungsmittel können in Frage kommen: Aromatische Kohlenwasserstoffe, bevorzugt die Fraktionen C_8 bis C_{12} , wie z. B. Xylolgemische oder substituierte Naphthaline, Phthalsäureester wie Dibutyl- oder Dioctylphthalat, aliphatische Kohlenwasserstoffe wie Cyclohexan oder Paraffine, Alkohole und Glykole sowie deren Ether und Ester, wie Ethanol, Ethylenglykol, Ethylenglykolmonomethyl- oder -ethylether, Ketone wie Cyclohexanon, stark polare Lösungsmittel wie N-Methyl-2-pyrrolidon, Dimethylsulfoxid oder Dimethylformamid, sowie gegebenenfalls epoxidierte Pflanzenöle, wie epoxidiertes Kokosnußöl oder Sojaöl; oder Wasser.

Als feste Trägerstoffe, z. B. für Stäubemittel und dispergierbare Pulver, werden in der Regel natürliche Gesteinsmehle verwendet, wie Calcit, Talkum, Kaolin, Montmorillonit oder Attapulgit. Zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften können auch hochdisperse Kieselsäure oder hochdisperse saugfähige Polymerisate zugesetzt werden. Als gekörnte, adsorptive Granulatträger kommen poröse Typen

sie z. B. Bimsstein, Ziegelbruch, Sepiolit oder Bentonit, als nicht sorptive Trägermaterialien z. B. Calcit oder Sand in Frage. Darüber hinaus kann eine Vielzahl von vorgranulierten Materialien anorganischer oder organischer Natur wie insbesondere Dolomit oder zerkleinerte Pflanzenrückstände verwendet werden.

Als oberflächenaktive Verbindungen kommen je nach der Art des zu formulierenden Wirkstoffes nichtionogene, kation- und/oder anionaktive Tenside mit guten Emulgier-, Dispergier- und Netzigenschaften in Betracht. Unter Tensiden sind auch Tensidgemische zu verstehen.

Geeignete anionische Tenside können sowohl sog. wasserlösliche Seifen als auch wasserlösliche synthetische oberflächenaktive Verbindungen sein.

Als Seifen seien die Alkali-, Erdalkali- oder gegebenenfalls substituierte Ammoniumsalze von höheren Fettsäuren ($C_{10}-C_{22}$), wie z. B. die Na- oder K-Salze der Oel- oder Stearinsäure, oder von natürlichen Fettsäuregemischen, die z. B. aus Kokosnuß- oder Talgöl gewonnen werden können, genannt. Ferner sind auch die Fettsäure-methyl-aurinealze zu erwähnen.

Häufiger werden jedoch sogenannte synthetische Tenside verwendet, insbesondere Fettsulfonate, Fettsulfate, sulfonierete Benzimidazol-derivate oder Alkylarylsulfonate.

Die Fettsulfonate oder -sulfate liegen in der Regel als Al-

kali-, Erdalkali- oder gegebenenfalls substituierte Ammoniumsalze vor und weisen einen Alkylrest mit 8 bis 22 C-Atomen auf, wobei Alkyl auch den Alkylteil von Acylresten einschließt, z. B. das Na- oder Ca-Salz der Ligninsulfonsäure, des Dodecylschwefelsäureesters oder eines aus natürlichen Fettsäuren hergestellten Fettalkoholsulfatgemisches. Hierher gehören auch die Salze der Schwefelsäureester und Sulfonsäuren von Fettalkohol-Aethylenoxid-Addukten. Die sulfonierten Benzimidazole-derivate enthalten vorzugsweise 2-Sulfonsäuregruppen und einen Fettsäurerest mit 8 bis 22 C-Atomen. Alkylarylsulfonate sind z. B. die Na-, Ca- oder Triäthanolaminsalze der Dodecylbenzolsulfonsäure, der Dibutyl-naphthalinsulfonsäure oder eines Naphthalinsulfonsäure-Formaldehydkondensationsproduktes.

Ferner kommen auch entsprechende Phosphate wie z. B. Salze des Phosphorsäureesters eines p-Nonylphenol-(4-14)-Aethylenoxid-Adduktes oder Phospholipide in Frage.

Die in der Formulierungstechnik gebräuchlichen Tenside sind u. a. in folgender Publikation beschrieben:

"Mc Cutcheon's Detergents and Emulsifiers Annual"
Mc Publishing Corp.- Ridgewood, New Jersey, 1982.

Die pestiziden Zubereitungen enthalten in der Regel 0,01 bis 95 %, insbesondere 0,1 bis 80 %, Wirkstoff der Formel I, 5 bis 99,99 % eines festen oder flüssigen Zusatzstoffes und 0 bis 25 %, insbesondere 0,1 bis 25 %, eines Tensides.

Während als Handelsware eher konzentrierte Mittel bevorzugt

werden, verwendet der Endverbraucher in der Regel verdünnte Mittel mit 1-10'000 ppm Wirkstoffgehalt.

Ein weiterer Gegenstand vorliegender Erfindung betrifft daher Schädlingsbekämpfungsmittel, die neben üblichen Trägerstoffen und/oder Verteilungsmitteln als mindestens einen Wirkstoff eine Verbindung der Formel I enthalten.

Die Mittel können auch weitere Zusätze wie Stabilisatoren, Entschäumer, Viskositätsregulatoren, Bindemittel, Haftmittel, Dünger oder andere Wirkstoffe zur Erzielung spezieller Effekte enthalten.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einigen Beispielen näher erläutert.

Herstellung von Ausgangs- und Zwischenprodukten

Beispiel A1: Herstellung von 14,15-Epoxi-Milbemycin D (Formel VII)

Zu einer Lösung von 550 mg Milbemycin D in 5 ml Dichlormethan wird unter Eiskühlung eine Lösung von 170 mg Chlorperbenzoesäure in 5 ml Dichlormethan gegeben. Nach 1-stündigem Rühren bei 0° bis +5 °C werden nochmals 170 mg des Oxidationsmittels hinzugefügt und weitere 30 min gerührt. Nach beendeter Reaktion wird die Lösung in eine eiskühlte Lösung von Natriumsulfit gegossen und mit Essigsäureethylester extrahiert. Die vereinigten Extrakte werden einmal mit Wasser ge-

waschen, getrocknet und in Vakuum eingedampft. Das Rohprodukt wird durch Chromatographie über eine Silicagel-Säule (Elutionsmittel n-Hexan/Essigsäureethylester 20:15) gereinigt. Es werden 450 mg 14,15-Epoxi-Milbemycin D als amorphe, weiße Substanz erhalten.

Beispiel A2: Herstellung von 15-Hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin D (Formel IIB)

Es werden bei -20°C zu einer Lösung von 2,1 ml (1,75 g, 15,3 mmol) Triethylaluminium in 8,5 ml abs. Diethylether 9,5 ml (0,41 g, 9,53 mmol) einer 6,69 %igen Lösung von NH_3 in Diethylether gegeben, die dann bei -10°C unter stark exothermer Reaktion zu 1,8 g (3,15 mmol) 14,15-Epoxi-Milbemycin D (in Substanz) gegeben wird. Nach 1 Stunde bei Raumtemperatur werden 4 ml absoluter Ether zugegeben und das gallertartige Reaktionsgemisch wird kräftig gerührt. Nach 4 Stunden wird wie in Vorschrift A1 aufgearbeitet und die Chromatographie an 70 g Kieselgel ($\text{CH}_2\text{Cl}_2/\text{Aceton}$ 10:1) ergibt 200 mg (10 %) 14-Azido-15-hydroxi-Milbemycin D und 820 μ (45 %) 15-Hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin D, Smp.: $151 - 153^{\circ}\text{C}$ (aus Methanol).

Beispiel A3: Herstellung von 5-O-t-Butyldimethylethyl-14,15-epoxy-Milbemycin D (Formel VII)

Eine Lösung von 2,21 g (3,86 mmol) 14,15-Epoxi-Milbemycin D, 757 mg (5,02 mmol) t-Butyl-dimethylchlorosilan und 342 mg (5,02 mmol) Imidazol in 4 ml DMF wird 90 min bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend werden 80 ml Diethylether zuge-

- 33 -

geben, und das Gemisch wird über 20 g Kieselgel filtriert und eingeeengt. Es werden 2,65 g (100 %) 5-O-t-Butyldimethylsilyl-14,15-epoxi-Milbemycin D erhalten. $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, Lösungsmittel CDCl_3 , Meßwerte δ bezogen auf $\text{Si}(\text{CH}_3)_4 = \text{TMS}$).

0,12 ppm (s) $(\text{CH}_3)_2\text{Si-O-}$;
 0,92 ppm (s) $(\text{t.-C}_4\text{H}_9)\text{Si-O-}$;
 1,23 ppm (breites s) C_{14}CH_3 , d. h. Signal der CH_3 -Gruppe in 14-Position);
 2,56 ppm (d; $J = 9$) $(\text{C}_{15}\text{H}$, d. h. Signal des Protons in 15-Position).

Ähnlich läßt sich durch Reaktion mit Trimethylsilyl-trifluormethansulfonat das entsprechende 5-O-Trimethylsilyl-14,15-epoxi-Milbemycin D herstellen, Smp. 92 - 97 °C.

Beispiel A4: Herstellung von 5-O-t-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin D (Formel IIb)

Eine Lösung des $\text{HN}_3/\text{Et}_3\text{Al}$ -Komplex-Reagenz (hergestellt aus einer Lösung von 4,97 ml Triethylaluminium in 7 ml abs. Tetrahydrofuran (THF) und 9,15 ml einer 2,39 M Lösung von HN_3 (21,9 mmol) in abs. Diethylether) wird unter Argon zu einer Lösung von 5,0 g (7,29 mmol) 5-O-Butyldimethylsilyl-14,15-epoxi-Milbemycin D in ca. 20 ml abs. THF gegeben, und das Gemisch wird 15 Stunden unter Rückfluß erhitzt. Anschließend werden bei Raumtemperatur 250 ml Ether, 2 ml Methanol und schließlich ein Gemisch von 10 g $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ und 10 g Celite zugegeben. Das Gemisch wird filtriert, eingeeengt, und die Chromatographie des Rohproduktes an 160 g

Kieselgel (0 bis 30 % Essigsäureethylester in Hexan) ergibt 2,37 g (47 %) 5-O-t-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin D.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3);

1,59 ppm (d; $J = 1$), (C_{14}CH_3);

4,06 ppm (dd; $J_1 = 11$; $J_2 = 4$) (C_{15}H);

5,15 ppm (d; $J = 8$) (C_{13}H).

Daneben werden 109 mg (2 %) 13 β -Azido-5-O-t-butyl-dimethylsilyl-Milbemycin D gewonnen.

Beispiel A5: Herstellung von 14,15-Epoxi-Milbemycin A_4 ($\text{R}_2 = \text{C}_2\text{H}_5$) (Formel VII)

Zu einer Lösung von 5,7 g (10,5 mmol) Milbemycin A_4 in 140 ml Dichlormethan und 120 ml 0,5 M NaHCO_3 -Lösung wird bei Raumtemperatur eine Lösung von 2,43 g (14,08 mmol) m-Chlorbenzopersäure in 70 ml Dichlormethan tropfenweise zugegeben. Das Gemisch wird 1 Stunde bei Raumtemperatur kräftig gerührt und dann mit 300 ml Dichlormethan verdünnt. Die organische Phase wird mit wäßriger NaHCO_3 -Lösung gewaschen, mit Na_2SO_4 getrocknet und eingeengt. Es werden 5,7 g Epoxid als Rohprodukt erhalten.

Beispiel A6: Herstellung von 5-O-t-Butyldimethylsilyl-14,15-epoxi-Milbemycin A_4 (Formel VII)

5,7 g 14,15-Epoxi-Milbemycin A_4 werden in 10 ml trockenem Dimethylformamid (DMF) gelöst. Bei Raumtemperatur werden 0,63 g (9,16 mmol) Imidazol und 1,4 g (9,34 mmol) t-Butyl-

dimethylchlorsilan zugegeben. Das Gemisch wird 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt und an 150 g Kieselgel chromatographiert (Hexan/Ether 4:1), wobei 2,84 g (40 % d. Th. Ausbeute, bezogen auf Milbemycin A₄) des silylierten Epoxi-Derivate erhalten werden.

Beispiel A7: Herstellung von 5-O-t-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin A₄ (Formel IIb)

Das Komplex-Reagenz $\text{HN}_3/\text{Al}(\text{Ethyl})_3$ wird wie folgt hergestellt:

2,8 ml (12,2 mmol) $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ in 4 ml abs. THF werden unter Argon bei ca. -20°C langsam mit 5,28 ml (20,4 mmol) einer 10%igen Lösung von HN_3 in abs. Diethylether versetzt. Zu dieser Lösung wird unter Argon eine Lösung von 2,84 g (4,25 mmol) der im Beispiel A6 erhaltenen Verbindung gegeben, und das so erhaltene Gemisch wird 4 Stunden unter Rückfluß erhitzt. Bei Raumtemperatur werden 500 ml Diethylether, 10 g $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ und 10 g Celite zugegeben, und das Gemisch wird filtriert und eingeeengt. Die Chromatographie des Rohproduktes an 100 g Kieselgel (Hexan/Diethylether 7:2) ergibt 1,72 g (60 % d. Th.) der Titel-Verbindung.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3):

1,59 ppm (br. s) (C_{14}CH_3);

4,05 ppm (br. s) (C_{15}H);

5,15 ppm (d; $J = 6$) (C_{13}H).

Daneben werden 0,1 g 13 β -Azido-5-O-t-butylsilyl-Milbemycin A₄ erhalten.

Beispiel A8: Herstellung von 15-Hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin
A₄ (Formel IIb)

Die Hydrolyse der im Beispiel A7 genannten Titelverbindung mit einer 1%igen Lösung von p-Toluolsulfonsäure in Methanol und die Aufarbeitung in Diethylether mit 5%iger Natriumhydrogencarbonat-Lösung ergibt die Titel-Verbindung.

Beispiel A9: Herstellung von 14,15-Epoxi-Milbemycin A₃
(R₂ = CH₃) (Formel VII)

Nach der Vorschrift des Beispiels A1 werden aus 220 mg Milbemycin A₃ in 5 ml Dichlormethan und 320 mg Benzoesäure in 5 ml Dichlormethan bei -2° bis +5 °C während 1,5 Stunden und Reinigung über eine Silicagel-Säule 190 mg 14,15-Epoxi-Milbemycin A₃ gewonnen.

Beispiel A10: Herstellung von 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-
14,15-epoxy-Milbemycin A₃ (Formel VII)

Nach der Vorschrift des Beispiels A3 werden aus 190 mg 14,15-Epoxi-Milbemycin A₃ und 120 mg tert.-Butyldimethylchlorosilan in Gegenwart von Imidazol 217 mg der Titel-Verbindung erhalten.

Beispiel A11: Herstellung von 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-
15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin A₃ (Formel IIb)

Analog zur Epoxid-Spaltung des Beispiels 5 werden aus 210 mg 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-14,15-epoxy-Milbemycin A₃ in

in absolutem Diethylether mit Hilfe des Komplex-Reagenz $\text{HN}_3/\text{Et}_3\text{Al}$ unter Argon nach anschließender Reinigung 203 mg der Titelverbindung erhalten.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3):
 1,58 ppm (br. s) (C_{14}CH_3);
 4,05 ppm (br. s) (C_{15}H);
 5,15 ppm (d; $J = 6$) (C_{13}H).

Beispiel A12: Herstellung von 15-Hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin A_3 (Formel IIb)

Analog zu Beispiel A1 wird das Reagenz $\text{HN}_3/\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ frisch hergestellt und bei -10°C zu einer Lösung von 830 mg (3,05 mmol) 14,15-Epoxi-Milbemycin A_3 in 7 ml trockenem Diethylether getropft. Nach der Aufarbeitung werden 385 mg 15-Hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -Milbemycin A_3 und 92 mg 14-Azido-15-hydroxi-Milbemycin A_3 erhalten.

Beispiel A13: Herstellung von 13-Deoxi-14,15-epoxi-22,23-dihydro-avermectin-Bla-aglykon ($\text{R}_2 = \text{sec. C}_4\text{H}_9$) (Formel VII)

Analog zu Beispiel A 5 erhält man aus 520 mg 13-Deoxi-22,23-dihydro-avermectin-Bla-aglykon /Tetrahedron Letters, Vol. 24, No. 148, pp. 5333 - 5336 (1983)) und 210 mg m-Chlorbenzopersäure in 20 ml Dichlormethan 510 mg der Titelverbindung.

- 38 -

Beispiel A14: Herstellung von 5-O-tert. Butyldimethyleisilyl-13-epoxi-22,23-dihydro-avermectin-Bla-aglykon (Formel VII)

Analog zu Beispiel A 5 erhält man aus 220 mg der Titelverbindung von Beispiel 14 und 55 mg tert. Butyldimethylchlorosilan in Gegenwart von 25 mg Imidazol in 5 ml trockenem DMF 108 mg der Titelverbindung.

Beispiel A15: Herstellung von 13-Deoxi-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -22,23-dihydro-avermectin-Bla-aglykon (Formel I Ib)

Analog zu Beispiel A2 erhält man aus 220 mg der Titelverbindung von Beispiel 15 mit dem Komplex-Reagenz, bestehend aus 320 mg $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ und 110 mg einer 6,96 %igen Lösung von HN_3 in total 16 ml trockenem Diethylether 112 mg der Titelverbindung. Daneben werden 61 mg 13-Deoxi-14-azido-15-hydroxi-22,23-dihydro-avermectin-Bla-aglykon erhalten.

Beispiel A16: Herstellung von 5-O-tert. Butyldimethyleisilyl-13 β -hydroxi-milbemycin D und von 13 β -Hydroxi-milbemycin D (Formel IIa)

Eine Lösung bestehend aus 286 mg (0,41 mmol) 5-O-tert. Butyldimethyleisilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D und 209 mg (0,56 mmol) Pyridiniumdichromat (PCD) in 3 ml Dimethylformamid (DMF) wird 30 min bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend wird 1 ml Isopropanol zugegeben, 5 min weitergerührt und dann mit 50 ml Ether verdünnt. Nach weiteren 10 min wird das Gemisch durch Kieselgel filtriert und eingeengt. Bei der

- 39 -

Chromatographie des Rohproduktes an 20 g Kieselgel (Ether/Hexan 1:2) werden 165 mg (57 %) 5-O-t-Butyldimethylsilyl-13 β -hydroxi-Milbemycin D erhalten.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz; CDCl_3 ; TMS):

1,59 ppm (br. s) (C_{14}CH_3)

3,70 ppm (d; $J = 10$) (C_{13}H).

105 mg (0,153 mmol) der so gewonnenen Verbindung werden mit 1 ml einer 1%igen Lösung von p-Toluolsulfonsäure in Methanol 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt. Das Gemisch wird mit 20 ml Ether verdünnt, durch Kieselgel filtriert, eingeeengt, und der Rückstand wird an ca. 10 g Kieselgel chromatographiert (Aceton/Dichlormethan 1:4), wobei 74 mg (83 %) 13 β -Hydroxi-Milbemycin D erhalten werden.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz; CDCl_3 ; TMS):

1,58 ppm (br. s) (C_{14}CH_3)

3,71 ppm (d; $J = 10$) (C_{13}H).

Herstellung von Endprodukten der Formel I

Beispiel H1: Herstellung von 13 β -Methoxy-milbemycin D

Eine Lösung von 106 mg (0,155 mmol) 5-O-tert-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D in 5 ml 1%iger methanolischer Toluolsulfonsäure wird 4 Stunden unter Rückfluß erhitzt. Das Lösungsmittel wird abgedampft, der Rückstand in Diethylether aufgenommen und durch Kieselgel filtriert. Die Chromatographie des Rohproduktes (95 mg) (20 g Kieselgel/Laufmittel: Essigester/Hexan 2:3) ergibt 33 mg (36 %) 13 β -Methoxy-milbemycin D mit folgenden spektroskopischen

- 40 -

Daten:

 $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz; CDCl_3 ; TMS):1,48 ppm (s) (C_{14}CH_3)1,87 ppm (s) C_4CH_3)3,10 ppm (d; $J = 9,8$) C_{13}H)3,15 ppm (s) OCH_3)Massenspektrum m/e : 586 (M^+ , 0,7 %, $\text{C}_{34}\text{H}_{50}\text{O}_7$), 568, 554, 514, 458, 426, 325, 307.

Beispiel H2: Herstellung von 5-O-tert.-Butyldimethyleisilyl-
13 β -methoxy-milbemycin D und 13 β -Methoxy-milbe-
mycin D

0,419 ml (406 mg; 3,83 mmol) Trimethylorthoformiat werden bei Raumtemperatur zu einer Lösung von 344 mg (0,501 mmol) 5-O-tert.-Butyldimethyleisilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D in 3 ml einer 1%igen Lösung von Schwefelsäure in Diethylether zutropfengelassen. Nach 10 min wird mit 5%iger wässriger NaHCO_3 -Lösung und Diethylether aufgearbeitet. Die Chromatographie des Rohproduktes (327 mg) (20 g Kieselgel (Laufmittel: Aceton/Dichlormethan 1:100 (100 ml) und 1:50 (250 ml)) ergibt 107 mg (31 %) 5-O-tert.-Butyldimethyleisilyl-13 β -methoxy-milbemycin D, das mit 2 ml einer Lösung von 40%igem wässrigem HF/Acetonitril (5:95) 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt und dann mit 5%iger wässriger NaHCO_3 -Lösung und Diethylether aufgearbeitet wird. Die Chromatographie des Rohproduktes (75 mg) (12 g Kieselgel (Laufmittel: Ethylacetat/Hexan 2:3)) ergibt 71 mg 13 β -Methoxy-milbemycin D mit den in Beispiel H1 genannten spektroskopischen Daten.

Analog zu Beispiel H2 werden auch die Verbindungen aus den Beispielen H2a bis H2c hergestellt.

Beispiel H2a: 13 β -Methoxy-milbemycin A₄

¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)

3,16 (s) (CH₃O)

3,10 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)

Massenspektrum (FD) m/e: 572 (M⁺, C₃₃H₄₈O₈) (D=Field Desorption)

Beispiel H2b: 13 β -(9'-Hydroxi-1',4',7'-trioxanonyl-milbemycin D

¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃, TMS)

1,49 (s) (C₁₄CH₃)

1,87 (s) (C₄CH₃)

5,18 (m) (C₁₅H)

Beispiel H2c: 13 β -(1',4',10'-Tetraoxaundecyl)-milbemycin D

¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃, TMS)

3,37 (s) (CH₃O)

5,17 (m) (C₁₅H)

Massenspektrum m/e: 718 (M⁺, C₄₀H₆₂O₁₁), 700, 646, 590, 586, 567, 554, 536, 439.

Beispiel H3: Herstellung von 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -ethoxy-milbemycin D und 13 β -Ethoxy-milbemycin D und 15-Ethoxy- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D

a) 0,2 ml (225 mg; 1,39 mmol) Triethylorthoacetat werden bei

- 42 -

Raumtemperatur zu einer Lösung von 264 mg (0,385 mmol) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D in 0,5 ml einer 1%igen Lösung von Schwefelsäure in Diisopropyl-ether und 1 ml Diethylether zugetropft. Nach 2 min wird mit 5%iger wäßriger N_2HCO_3 und Diethylether aufgearbeitet. Die Chromatographie des Rohproduktes (230 mg) \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel:Diethylether/Hexan 16/84/ ergibt 164 mg (61 %) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -ethoxi-milbemycin D und 34 mg (13 %) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-15-ethoxy- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D.

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz; CDCl_3 ; TMS)

von 5-O-tert.-Butyldimethyl-15-ethoxy- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D:

1,50 ppm (s) (C_{14}CH_3)

1,78 ppm (s) (C_4CH_3)

3,56 ppm (dd, $J = 4,3$ und $11,1$), (C_{15}H)

5,08 ppm (dd, $J = 1,1$ und $9,3$), (C_{13}H).

b) 164 mg (0,230 mmol) des nach a) hergestellten 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -ethoxi-milbemycins werden mit einer 1%igen Lösung von p-Toluonsulfonsäure in Methanol 1 Stunde bei Raumtemperatur behandelt. Die Aufarbeitung mit Diethylether und 5%iger wäßriger NaHCO_3 und Chromatographie (20 g Kieselgel/Laufmittel:Ethylacetat/Hexan 2:3) ergibt 136 mg (99 %) 13 β -Ethoxi-milbemycin D mit folgenden spektroskopischen Daten:

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3 , TMS)

1,49 ppm (s) (C_{14}CH_3)

1,87 ppm (s) (C_4CH_3)

3,21 ppm (d, $J = 9,8$), (C_{13}H)

3,29 ppm (AB-System, $J = 9,5$; $A = 3,17$, aufgespalten in q;

$J = 7,0;$

$\int_B = 3,40;$ aufgespalten in $q; J = 7,0), (\underline{OCH_2CH_3})$.

Beispiel H4: Herstellung von 13 β -Phenylthio-milbemycin D

Zu einer Lösung von 162 g (0,236 mmol) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D und 0,3 ml (323 mg, 293 mmol) Thiophenol in 0,3 ml Dichlormethan und 0,1 ml H_2SO_4 /Diisopropylether (1:9) werden bei Raumtemperatur unter Rühren 0,086 ml (77 mg, 0,472 mmol) Triethylorthoacetat zugetropft. Nach 2 min wird mit 5%iger wäßriger $NaHCO_3$ -Lösung und Diethylether aufgearbeitet. Die Chromatographie des Rohproduktes \angle 3g Kieselgel/Laufmittel:Hexan (40 ml); Diethylether/Hexan 1:4 (25 ml); Diethylether/Hexan 2:3 (25 ml) \searrow liefert 110 mg des Rohproduktes. Dieses wird mit 2 ml einer 1%igen Lösung von p-Toluolsulfonsäure in Methanol 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt, mit 5 %iger wäßriger $NaHCO_3$ Lösung und Diethylether aufgearbeitet und chromatographiert \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel:Dichlormethan/Aceton 9:1 \searrow . Man erhält 33 mg (21 % 13 β -Phenylthio-milbemycin D mit den nachfolgenden aufgeführten spektroskopischen Daten sowie 9 mg (5 %) 13 β -Ethoxi-milbemycin D.

1H -NMR (300 MHz; $CDCl_3$; TMS):

1,58 ppm (s) ($C_{14}CH_3$)

1,87 ppm (s) (C_4CH_3)

3,33 ppm (d; $J = 11,0$) ($C_{13}H$)

4,78 ppm (ddd; $J = 1,1; 5,3$ und $11,3$) ($C_{15}H$)

7,2 - 7,6 ppm (m) (Phenyl).

Massenspektrum m/e: 664 (M^+ , $C_{39}H_{52}O_7S$) 646, 555, 554, 537, 385, 293, 275, 210, 209.

Beispiel H5: Herstellung von 13 β -Phenylthio-milbemycin D

Zu einer Lösung von 139 mg (0,203 mmol) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D und 0,080 ml (86 mg; 0,782 mmol) Thiophenol in 5 ml Dichlormethan, wird bei -10 °C unter Rühren unter Argon 0,060 ml (68 mg; 0,478 mmol) Bortrifluorid-ethyletherat zugetropft. Nach 10 Min. wird mit Diethylether und 5%iger wässriger NaHCO₃-Lösung aufgearbeitet. Die Chromatographie des Rohproduktes \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan 1:9 (100 ml); 3:7 (250 ml) \backslash ergibt 37 mg (27 %) 13 β -Phenylthio-milbemycin D mit den unter Beispiel H4 genannten spektroskopischen Daten.

Analog zu Beispiel H5 werden auch folgende Verbindungen der Beispiele H5a bis H5h hergestellt:

Beispiel H5a: 13 β -Ethylthio-milbemycin D

¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)
 2,27 (q, J= 5Hz) (CH₂ - S)
 3,05 (d, J= 10 Hz) (C₁₃H)
 Massenspektrum (FD) m/e: 616 (M⁺, C₃₅H₅₂O₇S)

Beispiel H5b: 13 β -Isopropylthio-milbemycin D

¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)
 2,55 (m) \angle (CH₃)₂CH-S \backslash
 3,05 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)
 Massenspektrum (FD) m/e: 630 (M⁺, C₃₆H₅₄O₇S)

- 45 -

Beispiel H5c: 13 β -tert.-Butylthio-milbemycin D¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃, TMS)

1,29 (s) (S-tert.-Butyl)

1,59 (s) (C₁₄CH₃)1,87 (s) (C₄CH₃)3,12 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)Massenspektrum m/e: 644 (M⁺, C₃₇H₅₆O₇S), 210, 209, 181, 151.Beispiel H5d: 13 β -tert.-Butylthio-milbemycin A₄¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)

1,62 (s) (S-tert.-Butyl)

3,15 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)Massenspektrum (FD) m/e: 630 (M⁺, C₃₆H₅₄O₇S)Beispiel H5e: 13 β -(2'-Ethoxyethylthio)-milbemycin D¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)2,52 (m) (CH₂-S)3,07 (d, J = 10 Hz) (C₁₃-H)3,54 (m) (CH₂-O-CH₂)Beispiel H5f: 13 β -Ethylthio-milbemycin A₄¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)2,36 (m) (CH₂-S)3,04 (d, J = 10 Hz) (C₁₃-H)Massenspektrum (FD) m/e: 602 (M⁺, C₃₄H₅₀O₇S)

- 46 -

Beispiel H5g: 13 β -(2'-Hydroxi)ethylthio-milbemycin D und
als Nebenprodukt 13 β -(2'-Mercaptoethoxi)-
milbemycin D⁺

¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)

2,57 (m) (CH₂-S)

3,04 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)

3,64 (m) (CH₂-OH)

+2,66 (m) (CH₂-SH)

+3,24 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)

+3,28 und 3,45 (2m) (CH₂-OH)

Beispiel H5h: 13 β -(2'-Mercaptoethoxi)ethylthio-milbemycin D

¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)

2,53 (m) (C₁₃-S-CH₂)

2,69 (m) (CH₂-SH)

3,09 (d, J = 10 Hz) (C₁₃H)

3,56 (m) (CH₂OCH₂)

Massenspektrum m/e: 692 (M⁺, C₃₇H₅₆O₈S₂), 674, 656, 554, 537,
415, 413.

Beispiel H6: Herstellung von 13 β -p-Chlorphenoxycarbonylthio-
milbemycin D und 5-O-tert,Butyldimethylsilyl-
13 β -p-chlorphenoxycarbonylthio-milbemycin D

a) Zu einer Lösung von 151 mg (0,220 mmol) 5-O-tert,Butyl-
dimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D und 0,089 ml
(87 mg; 1,10 mmol) Pyridin in 3 ml Dichlormethan werden unter
Argon bei -10 °C unter Rühren 0,035 ml (50 mg; 0,242 mmol)

p-Chlorphenylchlorthionoformiat zuge tropft. Nach 100 min Röhren bei Raumtemperatur werden weitere 0,036 ml p-Chlorphenylchlorthionoformiat zugetropft und nach einer weiteren Stunde wird mit 5%iger wäßriger NaHCO_3 -Lösung und Diethylether aufgearbeitet. Die Chromatographie des Rohproduktes (20 g Kieselgel) liefert 221 mg rohes 5-O-tert.-Butyldimethyleisilyl-13 β -p-chlorphenoxy-carbonylthio-milbemycin D.

b) 140 mg dieses nach a) hergestellten Rohproduktes werden 1 ml einer Lösung von 40%igem wäßrigem HF/Acetonitril (5:95) 1 Stunde bei Raumtemperatur gerührt. Die Aufarbeitung mit 5%iger wäßriger NaHCO_3 -Lösung und Diethylether und Chromatographie (20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan (2:3)) ergibt 69 mg (67 %) 13 β -p-Chlorphenoxy-carbonylthio-milbemycin D mit folgenden spektroskopischen Daten:

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz; CDCl_3 ; TMS)

1,87 ppm (s) (C_4CH_3)

3,83 ppm (d, $J = 11,7$), (C_{13}H)

7,0-7,4 ppm (m) (P_h enyl)

Massenspektrum m/e: 742 (M^+ , $\text{C}_{40}\text{H}_{51}\text{O}_9\text{SCl}$) 614, 555, 427, 277, 209, 181, 151.

Beispiel H7: Herstellung von 13 β -Mercapto-milbemycin D und von 5-O-tert.-Butyldimethyleisilyl-13 β -mercapto-milbemycin D

a) Zu einer Lösung von 209 mg (0,305 mmol) 5-O-tert.-Butyldimethyleisilyl- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D und 0,012 ml (120 mg, 1,52 mmol) Pyridin in 3 ml Dichlormethan werden unter Argon

bei -10°C unter Rühren in 3 ml Dichlormethan werden unter Argon bei -10°C unter Rühren 0,1 ml (157 mg, 0,689 mmol) Trichlorethylchlorthionoformiat zugetropft. Nach 1 Stunde Rühren bei Raumtemperatur wird mit 5 %iger wäßriger NaHCO_3 -Lösung und Diethylether aufgearbeitet. Die Chromatographie des Rohproduktes \angle 20 g Kiesel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan (1:4) \angle liefert 282 mg z. T. noch verunreinigtes 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -trichlorethoxycarbonylthio-milbemycin D.

Eine Suspension von 320 mg (4,9 mmol) Zink-Pulver in einer Lösung von 227 mg dieses Rohproduktes in 0,5 ml Diethylether, 2 ml 90 %iger wäßriger Essigsäure und 3 Tropfen HCl (1M) werden bei Raumtemperatur 16 Stunden unter Argon gerührt. Das Gemisch wird mit Diethylether verdünnt, durch Celite filtriert, mit MgSO_4 getrocknet und eingeengt. Die Chromatographie des Rohproduktes \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan (12:88) \angle ergibt 72 mg (40 %) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -mercapto-milbemycin D.

b) Dieses gereinigte Produkt wird mit 2 ml einer 1 %igen Lösung von p-Toluolsulfonsäure in Methanol 2 Stunden bei Raumtemperatur gerührt. Nach der Aufarbeitung mit 5%iger wäßriger NaHCO_3 -Lösung und Diethylether wird das Rohprodukt \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan (2:3) \angle chromatographiert. Man erhält 54 mg (89 %) 13 β -Mercapto-milbemycin D mit folgenden spektroskopischen Daten:

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz; CDCl_3 ; TMS)

1,56 ppm (s) (C_{14}CH_3)

1,87 ppm (s) (C_4CH_3)

3,31 ppm (dd; $J = 5,4$ und $10,9$), (C_{13}H)

- 49 -

Massenspektrum m/e: 588 (M^+ , $C_{33}H_{48}O_7S$) 460, 309, 277, 209
181.

Beispiel H8: Herstellung von 13 β -Methylthio-milbemycin D

a) 422 mg (0,615 mmol) 5-O-tert. Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D, 178 mg (1,23 mmol) N-Methylthio-succinimid und 323 mg (1,23 mmol) Triphenylphosphin werden unter Rühren bei Raumtemperatur in 3 ml Dimethylsulfid gelöst. Nach 10 min werden 0,4 ml Methanol zugegeben und das Lösungsmittel abgedampft. Das Rohprodukt wird chromatographiert \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan 1:9 (250 ml) \swarrow . Man erhält 223 mg (53 %) 5-O-tert. Butyldimethylsilyl-13 β -methylthio-milbemycin D, und als Nebenprodukte 36 mg (9 %) 5-O-tert. Butyldimethylsilyl-13 β -hydroxi-milbemycin-D und 28 mg (7 %) 5-O-tert. Butyldimethylsilyl-15-succinimido- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D.

b) 160 mg (0,223 mmol) des so erhaltenen 5-O-tert. Butyldimethylsilyl-13-methylthio-milbemycin D werden mit 1 %iger p-Toluolsulfonsäure in Methanol 1 Stunde bei Raumtemperatur behandelt. Die Aufarbeitung mit 5 %iger wässriger $NaHCO_3$ -Lösung und Diethylether, und Chromatographie \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan (2:3) \swarrow ergibt 119 mg (89 %) 13 β -Methylthio-milbemycin D mit folgenden spektroskopischen

Daten:

1H -NMR (300) MHz; $CDCl_3$; TMS)

1,61 ppm (s) ($C_{14}CH_3$)

1,87 ppm (s) (C_4CH_3)

3,31 ppm (dd; $J = 5,4$ und $10,9$), ($C_{13}H$)

Massenspektrum m/e: 588 (M^+ , $C_{33}H_{48}O_7S$) 460, 309, 277, 209, 181.

Beispiel H8: Herstellung von 13 β -Methylthio-milbemycin D

a) 422 mg (0,615 mmol) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-15-hydroxi- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D, 178 mg (1,23 mmol) N-Methylthio-succinimid und 323 mg (1,23 mmol) Triphenylphosphin werden unter Argon unter Rühren bei Raumtemperatur in 3 ml Dimethyldisulfid gelöst; Nach 10 min werden 0,4 ml Methanol zugegeben und das Lösungsmittel abgedampft. Das Rohprodukt wird chromatographiert \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan 1:9 (200 ml) und 2:3 (250 ml) \angle . Man erhält 223 mg (53 %) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -methylthio-milbemycin D, und als Nebenprodukte 36 mg (9 %) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13 β -hydroxi-milbemycin D und 28 mg (7 %) 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-15-succinimido- $\Delta^{13,14}$ -milbemycin D.

b) 160 mg (0,223 mmol) des so erhaltenen 5-O-tert.-Butyldimethylsilyl-13-methylthio-milbemycins D werden mit 1%iger p-Toluolsulfonsäure in Methanol 1 Stunde bei Raumtemperatur behandelt. Die Aufarbeitung mit 5 %iger wäßriger $NaHCO_3$ -Lösung und Diethylether, und Chromatographie \angle 20 g Kieselgel/Laufmittel: Ethylacetat/Hexan (2:3) \angle ergibt 119 mg (89 %) 13 β -Methylthio-milbemycin D mit folgenden spektroskopischen

Daten:

1H -NMR (300 MHz; $CDCl_3$; TMS)

1,56 ppm (s) ($C_{14}CH_3$)

1,88 ppm (s) (C_4CH_3 und SCH_3)

2,90 ppm (d; $J = 11,0$) ($C_{13}H$)

- 51 -

Massenspektrum m/e: 602 (M^+ ; $C_{34}H_{50}O_7S$), 474, 325, 323, 275, 210, 209

Analog zu Beispiel H8 kann auch die im nachfolgenden Beispiel H8a genannte Verbindung hergestellt werden.

Beispiel H8a: 13 β -Methylthio-milbemycin A₄

1H -NMR (250 MHz; $CDCl_3$; TMS)

1,88 (s) (CH_3S)

2,92 (d, J = 10 Hz) ($C_{13}H$)

Massenspektrum m/e 588 (M^+ , $C_{33}H_{48}O_7S$), 570, 530, 523, 461, 460, 413, 311, 309.

Beispiel H9: Herstellung von 13 β -(2'-Methoxyethoximethoxy)-milbemycin D

Zu einer Lösung von 150 mg (0,218 mmol) 5-tert.-Butyldimethyl-13 β -hydroximilbemycin D und 225 μ l (170 mg, 1,312 mmol) N,N-Diisopropylethylamin in 0,5 ml Dichlormethan werden unter Rühren bei Raumtemperatur 75 μ l (82 mg, 0,656 mmol) 2-Methoxyethoximethylchlorid gegeben. Nach 3 Tagen bei Raumtemperatur wird mit Diethylether und 5%iger wäßriger $NaHCO_3$ -Lösung aufgearbeitet. Die Diethyletherschicht wird über Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingengt. Das ölige Rohprodukt wird mit 2 ml einer Lösung von 40%iger wäßriger Fluß-Säure/Acetonitril (5:95) eine Stunde bei Raumtemperatur gerührt und dann erneut mit 5%iger wäßriger $NaHCO_3$ -Lösung und Diethylether aufgearbeitet. Ausbeute: 125 mg 13 β -(2'-Methoxyethoximethoxy)-milbemycin D.

1H -NMR (250 MHz, $CDCl_3$, TMS)

3,38 (s) (CH₃O)
 3,55 (m) (OCH₂CH₂O)
 6,62 (AB-system, $\delta_A = 4,56$; $\delta_B = 4,68$, J = 7 Hz) (OCH₂O)
 Massenspektrum (FD) m/e: 660 (M⁺, C₃₇H₅₆O₁₁).

Beispiel 9a: 13 β -Methoximethoxy-milbemycin A₄

Die Herstellung erfolgt analog Beispiel H9.

¹H-NMR (250 MHz, CDCl₃, TMS)

3,33 (s) (CH₃O)

3,63 (d, J = 10Hz) (C₁₃H)

4,42 und 4,60 (2d, J = 7Hz) (OCH₂O)

Massenspektrum (FD) m/e: 602 (M⁺, C₃₄H₅₀O₉).

Beispiel 9b: 13 β -Isobutylthio-milbemycin A₄

Die Herstellung erfolgt analog Beispiel H9.

¹H-NMR (300 MHz; CDCl₃, TMS)

1,55 (m) \angle (CH₃)₂C-S \angle

3,05 (d, J = 10Hz) (C₁₃H)

Massenspektrum (FD) m/e: (54 (M⁺, C₃₅H₅₂O₇))

Analog zu den beschriebenen Arbeitsweisen werden auch die nachfolgend genannten Verbindungen der Formel I hergestellt:

Tabelle 1: Typische Vertreter von Verbindungen der Formel I, worin R_1 für Wasserstoff steht (C_6H_5 steht für eine Phenylgruppe)

Verb. Nr.	R_2	R
1.1	CH_3	OCH_3
1.2	C_2H_5	OCH_3
1.3	C_3H_7 -iso	OCH_3
1.4	C_4H_9 -sek	OCH_3
1.5	CH_3	SCH_3
1.6	C_2H_5	SCH_3
1.7	C_3H_7 -iso	SCH_3
1.8	C_4H_9 -sek	SCH_3
1.9	CH_3	OC_2H_5
1.10	C_2H_5	OC_2H_5
1.11	C_3H_7 -iso	OC_2H_5
1.12	C_4H_9 -sek	OC_2H_5
1.13	CH_3	SC_2H_5
1.14	C_2H_5	SC_2H_5
1.15	C_3H_7 -iso	SC_2H_5
1.16	C_4H_9 -sek	SC_2H_5
1.17	CH_3	OC_6H_5
1.18	C_2H_5	OC_6H_5
1.19	C_3H_7 -iso	OC_6H_5
1.20	C_4H_9 -sek	OC_6H_5
1.21	CH_3	SC_6H_5
1.22	C_2H_5	SC_6H_5
1.23	C_3H_7 -i	SC_6H_5
1.24	C_4H_9 -sek	SC_6H_5

Tabell 1: (Fortsetzung)

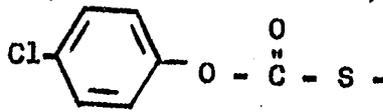
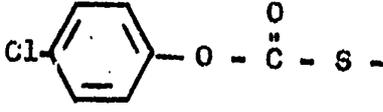
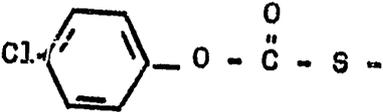
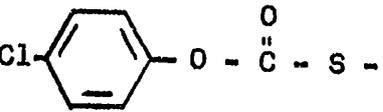
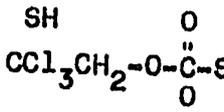
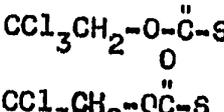
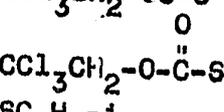
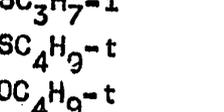
Verb. Nr.	R ₂	R
1.25	CH ₃	
1.26	C ₂ H ₅	
1.27	C ₃ H ₇ -iso	
1.28	C ₄ H ₉ -sek	
1.29	CH ₃	SH
1.30	C ₂ H ₅	SH
1.31	C ₃ H ₇ -iso	SH
1.32	C ₄ H ₉ -sek	SH
1.33	CH ₃	
1.34	C ₂ H ₅	
1.35	C ₃ H ₇ -iso	
1.36	C ₄ H ₉ -sek	
1.37	C ₃ H ₇ -iso	SC ₃ H ₇ -i
1.38	C ₃ H ₇ -iso	SC ₄ H ₉ -t
1.39	C ₃ H ₇ -iso	OC ₄ H ₉ -t
1.40	C ₃ H ₇ -iso	OC ₃ H ₇ -i
1.41	C ₂ H ₅	SC ₄ H ₉ -t
1.42	C ₂ H ₅	OC ₄ H ₉ -t
1.43	C ₃ H ₇ -iso	SCH ₂ CH ₂ OC ₂ H ₅

Tabelle 1: (Fortsetzung)

Verb. Nr.	R ₂	R
1.44	C ₃ H ₇ -iso	SCH ₂ CH ₂ OH
1.45	C ₃ H ₇ -iso	SCH ₂ CH ₂ OCH ₂ CH ₂ SH
1.46	C ₃ H ₇ -iso	SC ₄ H ₉ -n
1.47	C ₃ H ₇ -iso	O(CH ₂ CH ₂ O) ₃ CH ₃
1.48	C ₃ H ₇ -iso	O(CH ₂ CH ₂ O) ₃ H
1.49	C ₃ H ₇ -iso	OCH ₂ OCH ₂ CH ₂ OCH ₃
1.50	C ₃ H ₇ -iso	OCH ₂ CH ₂ SH
1.51	C ₂ H ₅	OCH ₂ OCH ₃
1.52	C ₂ H ₅	O(CH ₂ CH ₂ O) ₃ CH ₃
1.53	C ₂ H ₅	SC(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₃
1.54	C ₂ H ₅	O(CH ₂ CH ₂ O) ₃ H
1.55	C ₂ H ₅	SC ₄ H ₉ -n
1.56	C ₂ H ₅	OC ₄ H ₉ -n
1.57	C ₂ H ₅	SCH ₂ C(CH ₃) ₃
1.58	C ₂ H ₅	SCH ₂ CH ₂ C(CH ₃) ₃
1.59	CH ₃	SCH ₂ C(CH ₃) ₃
1.60	C ₃ H ₇ -iso	SCH ₂ C(CH ₃) ₃
1.61	CH ₃	SCH ₂ CH ₂ C(CH ₃) ₃

Diese Tabelle hat keinen limitierenden Charakter.