

5

Optoelektronisches Bauelement

Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Bauelement mit einer photoaktiven Schicht, welche zwischen einer Elektrode und einer Gegenelektrode angeordnet ist.

Optoelektronische Bauelemente, wie etwa Solarzellen oder LED's, TFT's, etc. finden heute eine breite Anwendung im alltäglichen sowie industriellen Umfeld.

15

So sind beispielsweise Dünnschicht-Solarzellen bekannt, welche eine flexible Ausgestaltung aufweisen und damit eine Anordnung auf gekrümmten Oberflächen erlauben. Solche Solarzellen weisen dabei bevorzugt aktive Schichten aus amorphen Silicium (a-Si) oder CIGS (Cu(In,Ga)(S,Se)_2) auf.

20

Nachteilig bei diesen Dünnschicht-Solarzellen sind die vor allem durch die Materialien bedingten hohen Produktionskosten.

25

Weiterhin bekannt sind auch Solarzellen mit organischen aktiven Schichten, welche flexibel ausgestaltet sind (Konarka - Power Plastic Series). Die organischen aktiven Schichten können dabei aus Polymeren (z.B. US7825326 B2) oder kleinen Molekülen (z.B. EP 2385556 A1) aufgebaut sein. Während Polymere sich dadurch auszeichnen, dass diese nicht verdampfbar und daher nur aus Lösungen aufgebracht werden können, sind kleine Moleküle verdampfbar.

30

Der Vorteil solcher Bauelemente auf organischer Basis gegenüber den konventionellen Bauelementen auf anorganischer Basis (Halbleiter wie Silizium, Galliumarsenid) sind die teilweise extrem hohen optischen Absorptionskoeffizienten (bis zu $2 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$), so dass sich die Möglichkeit bietet, mit geringem Material- und Energieaufwand sehr dünne Solarzellen herzustellen. Weitere technologische Aspekte sind die niedrigen Kosten, die Möglichkeit, flexible großflächige Bauteile auf Plastikfolien herzustellen, und die nahezu unbegrenzten Variationsmöglichkeiten und die unbegrenzte Verfügbarkeit der organischen Chemie. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, transparente Bauelemente herstellen zu können, welche beispielsweise in Glasapplikationen eingesetzt werden können.

Eine Solarzelle wandelt Lichtenergie in elektrische Energie um. Der Begriff photoaktiv bezeichnet bei Solarzellen die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie. Im Gegensatz zu anorganische Solarzellen werden bei organischen Solarzellen durch das Licht nicht direkt freie Ladungsträger erzeugt, sondern es bilden sich zunächst Exzitonen, also elektrisch neutrale Anregungszustände (gebundene Elektron-Loch-Paare). Erst in einem zweiten Schritt werden diese Exzitonen in freie Ladungsträger getrennt, die dann zum elektrischen Stromfluss beitragen.

Eine in der Literatur bereits vorgeschlagene Realisierungsmöglichkeit einer organischen Solarzelle besteht in einer pin -Diode mit folgendem Schichtaufbau:

0. Träger, Substrat,

1. Grundkontakt, meist transparent,

2. p- Schicht(en),

3. i- Schicht(en),

4. n- Schicht(en),

5. Deckkontakt.

Hierbei bedeutet n bzw. p eine n- bzw. p-Dotierung, die zu
5 einer Erhöhung der Dichte freier Elektronen bzw. Löcher im
thermischen Gleichgewichtszustand führt. Es ist allerdings
auch möglich, dass die n-Schicht(en) bzw. p-Schicht(en)
zumindest teilweise nominell undotiert sind und nur aufgrund
der Materialeigenschaften (z.B. unterschiedliche
10 Beweglichkeiten), aufgrund unbekannter Verunreinigungen
(z.B. verbliebene Reste aus der Synthese, Zerfalls- oder
Reaktionsprodukte während der Schichtherstellung) oder
aufgrund von Einflüssen der Umgebung (z.B. angrenzende
Schichten, Eindiffusion von Metallen oder anderen
15 organischen Materialien, Gasdotierung aus der
Umgebungsatmosphäre) bevorzugt n-leitende bzw. bevorzugt p-
leitende Eigenschaften besitzen. In diesem Sinne sind
derartigen Schichten primär als Transportschichten zu
verstehen. Die Bezeichnung i-Schicht bezeichnet demgegenüber
20 eine nominell undotierte Schicht (intrinsische Schicht).
Eine oder mehrere i-Schichten können hierbei Schichten
sowohl aus einem Material, als auch eine Mischung aus zwei
oder mehr Materialien (sogenannte interpenetrierende
Netzwerke bzw. bulk-heterojunction) bestehen. Das durch den
25 transparenten Grundkontakt einfallende Licht erzeugt in der
i-Schicht bzw. in der n-/p-Schicht Exzitonen (gebundene
Elektron-Loch-Paare). Diese Exzitonen können nur durch sehr
hohe elektrische Felder oder an geeigneten Grenzflächen
getrennt werden. In organischen Solarzellen stehen
30 ausreichend hohe Felder nicht zur Verfügung, so dass alle
Erfolg versprechenden Konzepte für organische Solarzellen

auf der Exzitonentrennung an photoaktiven Grenzflächen beruhen. Die Exzitonen gelangen durch Diffusion an eine derartige aktive Grenzfläche, wo Elektronen und Löcher voneinander getrennt werden. Das Material, welches die
5 Elektronen aufnimmt, wird dabei als Akzeptor, und das Material, welches das Loch aufnimmt, als Donator (oder Donor) bezeichnet. Die trennende Grenzfläche kann zwischen der p- (n-) Schicht und der i-Schicht bzw. zwischen zwei i-Schichten liegen. Im eingebauten elektrischen Feld der
10 Solarzelle werden die Elektronen nun zum n-Gebiet und die Löcher zum p-Gebiet abtransportiert. Vorzugsweise handelt es sich bei den Transportschichten um transparente oder weitgehend transparente Materialien mit großer Bandlücke (wide-gap) wie sie z.B. in WO 2004083958 beschrieben sind.
15 Als wide-gap Materialien werden hierbei Materialien bezeichnet, deren Absorptionsmaximum im Wellenlängenbereich <450nm liegt, vorzugsweise bei <400nm.

Möglichkeiten zur Anpassung der LUMO-Niveaus bzw. der HOMO-Niveaus sind dem Fachmann bekannt, wobei sehr viele
20 organische Materialien mit unterschiedlichen Lagen der Energieniveaus der HOMOs und LUMOs bekannt sind. Die Anpassung erfolgt daher derart, dass ein Material ausgewählt und verwendet wird, welches über die gewünschten Lage der Energieniveaus des HOMO bzw. LUMO verfügt. Weiterhin können
25 z.B. durch den Einbau von elektronenziehenden bzw. elektronenschiebenden Gruppen die HOMO- und LUMO-Niveaus von organischen Materialien gesenkt bzw. erhöht werden und somit die Anpassung eines Materials entsprechend den Anforderungen erfolgen.

30 Da durch das Licht immer erst Exzitonen erzeugt werden und noch keine freien Ladungsträger, spielt die rekombinationsarme Diffusion von Exzitonen an die aktive

Grenzfläche eine kritische Rolle bei organische Solarzellen.

Falls es sich bei der i-Schicht um eine Mischschicht handelt, so übernimmt die Aufgabe der Lichtabsorption entweder nur eine der Komponenten oder auch beide. Der
5 Vorteil von Mischschichten ist, dass die erzeugten Exzitonen nur einen sehr kurzen Weg zurücklegen müssen bis sie an eine Domänengrenze gelangen, wo sie getrennt werden. Der Abtransport der Elektronen bzw. Löcher erfolgt getrennt in den jeweiligen Materialien. Da in der Mischschicht die
10 Materialien überall miteinander im Kontakt sind, ist bei diesem Konzept entscheidend, dass die getrennten Ladungen eine lange Lebensdauer auf dem jeweiligen Material besitzen und von jedem Ort aus geschlossene Perkulationspfade für beide Ladungsträgersorten zum jeweiligen Kontakt hin
15 vorhanden sind.

Bisher sind im Bereich der kleinen Moleküle die Absorberschichtdicken auf ca. 30-40 nm (im besten Fall 60 nm) limitiert, wogegen im Polymerbereich bis zu 200 nm bei weiterhin guten Füllfaktor (FF) (>60%) möglich sind.

20 Hintergrund ist der schlechtere Ladungsträgertransport in SM-OPV (organische Solarzellen mit kleinen Molekülen), da es im Gegensatz zu Polymeren on-chain Transport nicht gibt. Im Bereich der organischen Solarzellen mit kleinen Molekülen wurde das Problem bisher durch immer höhere

25 Extinktionskoeffizienten (in Lösung bis 100.000 und darüber), welche zu guten Effizienzen bei gutem FF geführt haben, gelöst. Aufgrund des Cyaninlimits ist dies aber nicht endlos steigerungsfähig. Daher werden Lösungen gesucht, wie man Donor-Akzeptor-Mischschichten (sogenannte bulk
30 heterojunctions, BHJ) dicker machen kann, um die Quantenausbeute zu erhöhen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein optoelektronisches Bauelement sowie ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Bauelements anzugeben, welches eine verbesserte Quantenausbeute aufweist.

- 5 Die Aufgabe wird durch ein optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Eine erhöhte Quantenausbeute könnte durch eine Erhöhung der Schichtdicke der photoaktiven Schicht erzielt werden.

- 10 Problematisch dabei ist jedoch die auftretende Torsion der Oligomerbausteine sowie eine zu starke Kristallisation, welche oft Kurzschlüsse verursacht.

- Erfindungsgemäß wird daher ein optoelektronisches Bauelement umfassend zumindest eine photoaktive Schicht vorgeschlagen, wobei die photoaktive Schicht eine Mehrfach-Mischschicht
15 enthaltend mindestens drei Materialien umfasst, wobei zumindest ein organisches Material aus kleinen Molekülen ist, wobei zumindest ein Material ein Donor und zumindest ein Material ein Akzeptor ist, wobei der Donor und der
20 Akzeptor ein Donor-Akzeptor-System bilden mit zumindest einem dritten Material, welches so ausgebildet ist, dass es die Kristallisationsneigung des Donors und/oder Akzeptors beeinflusst.

- Unter kleinen Molekülen werden im Sinne der vorliegenden
25 Erfindung nicht-polymere organische Moleküle mit monodispersen Molmassen zwischen 100 und 2000 verstanden, die unter Normaldruck (Luftdruck der uns umgebenden Atmosphäre) und bei Raumtemperatur in fester Phase vorliegen. Insbesondere können diese kleinen Moleküle auch
30 photoaktiv sein, wobei unter photoaktiv verstanden wird,

dass die Moleküle unter Energiezufuhr ihren Ladungszustand ändern. Unter Energiezufuhr wird dabei sowohl Lichtenergiezufuhr, beispielsweise sichtbares Licht, UV-Licht oder aber auch elektrische Energiezufuhr verstanden.

5 In einer Ausführungsform der Erfindung weist das dritte Material ein Energieniveau, bei dem der Betrag des LUMO $\leq$ dem LUMO des Akzeptors ist, und das HOMO betragsmäßig $\geq$ dem HOMO des Donors ist, auf. Die Differenz von HOMO und LUMO des dritten Materials ist daher größer als oder mindestens
10 gleich groß wie die Differenz zwischen dem HOMO des Donors und dem LUMO des Akzeptors, gemäß Fig. 30.

Die Begriffe „HOMO“ und „LUMO“ werden wie in der Chemie üblich als highest occupied molecular orbital und lowest unoccupied molecular orbital verstanden. Der Begriff bezieht
15 sich dabei sowohl auf einzelne Moleküle als auch auf Festkörper bzw. Materialfilme. Die Bestimmung der Energielagen von HOMO und LUMO kann dabei wie dem Fachmann bekannt z.B. über zyklische Voltametrie (CV) oder Ultraviolett-Photoelektronenspektroskopie (ultraviolet
20 photoelectron spectroscopy UPS) erfolgen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das dritte Material ein Energieniveau auf, wobei bevorzugt der Betrag des LUMO des dritten Materials um 0,3 eV geringer als das LUMO des Akzeptormaterials der photoaktiven Schicht
25 und/oder der Betrag des HOMO des dritten Materials um 0,3 eV oberhalb des Betrags des Energieniveaus des HOMO des Donatormaterials der photoaktiven Schicht liegt.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Anteil des dritten Materials in der photoaktiven Schicht <
30 10%.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Anteil des dritten Materials in der photoaktiven Schicht zwischen 10% bis 50%.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Anteil des dritten Materials in der photoaktiven Schicht 0,1 Gew.% < x < 30 Gew.%, bevorzugt 0,1 Gew.% < x < 20 Gew.%, besonders bevorzugt 0,1 Gew.% < x < 10 Gew.%.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verbessert das dritte Material gleichzeitig den Ladungstransport innerhalb der photoaktiven Schicht.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist mindestens ein Donormaterial der photoaktiven Schicht ein Oligomer.

Unter Oligomeren werden im Sinne der Erfindung nicht-polymere organische Moleküle mit monodispersen Molmassen zwischen 100 und 2000 verstanden, die unter Normaldruck (Luftdruck der uns umgebenden Atmosphäre) und bei Raumtemperatur in fester Phase vorliegen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist mindestens ein Donormaterial D1 der photoaktiven Schicht ein Oligomer, wobei der Betrag des HOMO des Donormaterials D1 gleich dem Betrag des HOMO des dritten Materials und der Betrag des LUMO des Donormaterials D1 gleich dem Betrag des LUMO des dritten Materials ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material ein Oligomer.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material so ausgebildet, dass eine Kristallisation von Donator und/oder Akzeptor vermieden wird. Dabei kann das

dritte Material ein Lochleiter, ein Elektronenleiter oder ein ambipolar transportierendes Material sein, wobei letzteres z.B. auch eine Mischung aus Elektronen- und Lochleiter sein kann.

- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung minimiert das dritte Material aufgrund seiner Molekularstruktur eine Kristallisation der Donator- und/oder Akzeptor-Phase. Durch die bessere Durchmischung von Donor und Akzeptor können mehr Exzitonen eine trennende Grenzfläche erreichen und in
10 Ladungsträger getrennt werden und so zum Strom beitragen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Molekularstruktur des dritten Materials der molekularen Struktur des Donormaterials D1 weitgehend ähnlich, wodurch das dritte Material als Gitterdefekt im Donormaterial D1
15 wirkt, so dass das Donormaterial D1 nicht zu stark als reine Phase kristallisiert.

Als Gitterdefekt (auch Gitterfehler oder Kristallbaufehler) wird jede Unregelmäßigkeit in einem sonst periodischen Kristallgitter bezeichnet. Die Existenz von Gitterfehlern
20 unterscheidet den realen Kristall vom theoretischen Modell des idealen Kristalls. Gitterfehler sind von grundlegender Bedeutung für viele Eigenschaften eines Kristalls, insbesondere für die chemische Reaktivität, Stofftransport und Diffusion im Kristall sowie für seine mechanischen
25 Eigenschaften. Die Einteilung der Gitterdefekte erfolgt anhand der räumlichen Ausdehnung des Fehlergebietes. Man kennzeichnet die Zahl der räumlichen Dimensionen, in denen der Gitterdefekt mehr als atomare Ausdehnung besitzt. Auf diese Weise werden null- bis dreidimensionale Gitterdefekte
30 unterschieden.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist die molekulare Struktur des dritten Materials so ausgebildet, dass das dritte Material im Donor- und/oder Akzeptormaterial einen Gitterdefekt bewirkt.

5 In einer Ausführungsform der Erfindung ist die molekulare Struktur des dritten Materials der Struktur des Akzeptormaterials A1 weitgehend ähnlich, wodurch das dritte Material als Gitterdefekt im Akzeptormaterial A1 wirkt, so dass das Akzeptormaterial A1 nicht zu stark als reine Phase
10 kristallisiert.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material so ausgebildet, dass die Kristallisation von Donatormaterial und/oder Akzeptormaterial verbessert wird. In diesem Fall sorgt das dritte Material für eine
15 Phasentrennung und verbessert damit den Ladungstransport in den einzelnen Phasen, indem geschlosseneren Leitungspfade geschaffen werden. Die verbesserte Phasentrennung kann z.B. anhand eines verringerten Photolumineszenz-Signals der 3-fach Mischschicht gegenüber der ohne drittes Material
20 nachgewiesen werden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material so ausgewählt, dass das dritte Material einen Mindest-Abstand zwischen dem Akzeptor und Donator einstellt, wobei das dritte Material gleichzeitig eine
25 Phasenseparation des Akzeptors und Donators beiträgt. Damit kann das Problem der „geminalen Rekombination“ verringert werden.

Unter geminaler Rekombination wird im Sinne der Erfindung die Rekombination bereits getrennter Ladungsträger mit sich
30 selbst verstanden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das dritte Material in seiner Molekülstruktur einen ersten Bereich auf, welcher fullerenophil ausgebildet ist und einen zweiten Bereich auf, welcher fullerenophob ausgebildet ist, wobei der erste und zweite Bereich räumlich getrennt ausgebildet sind.

Unter fullerenophil wird im Sinne der Erfindung eine Molekülstruktur oder zumindest ein Teil einer Molekülstruktur, die sich bevorzugt an Fullerene (C_{60} , C_{70} , etc.) anlagert.

Unter fullerenophob wird im Sinne der Erfindung eine Molekülstruktur oder zumindest ein Teil einer Molekülstruktur verstanden, welche sich bevorzugt nicht an Fullerene (C_{60} , C_{70} , etc.) anlagert.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das optoelektronische Bauelement zwischen der Elektrode und der Gegenelektrode mehr als eine photoaktive Schicht auf. Das Bauelement kann dabei etwa als Tandem- oder Triplezelle ausgebildet sein. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da das einfallende Licht mehrere photoaktive Schichten innerhalb des Bauelements passiert. Besonders vorteilhaft sind die verschiedenen Absorberschichten aufeinander angepasst, wobei die Absorberschichten verschiedene Absorptionsmaxima aufweisen. Dies ermöglicht eine effiziente Nutzung des einfallenden Lichts.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst mindestens eine der photoaktiven Schichten als Akzeptor ein Material aus der Gruppe der Fullerene bzw. Fullerenderivate.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen der Elektrode und der Gegenelektrode zumindest eine

dotierte, teilweise dotierte oder undotierte Transportschicht angeordnet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das optoelektronische Bauelement zumindest in einem gewissen
5 Lichtwellenlängenbereich semitransparent.

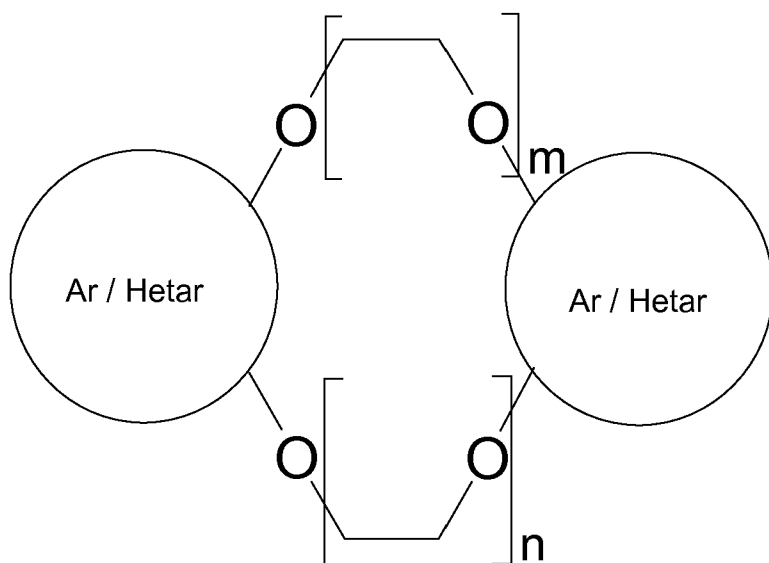
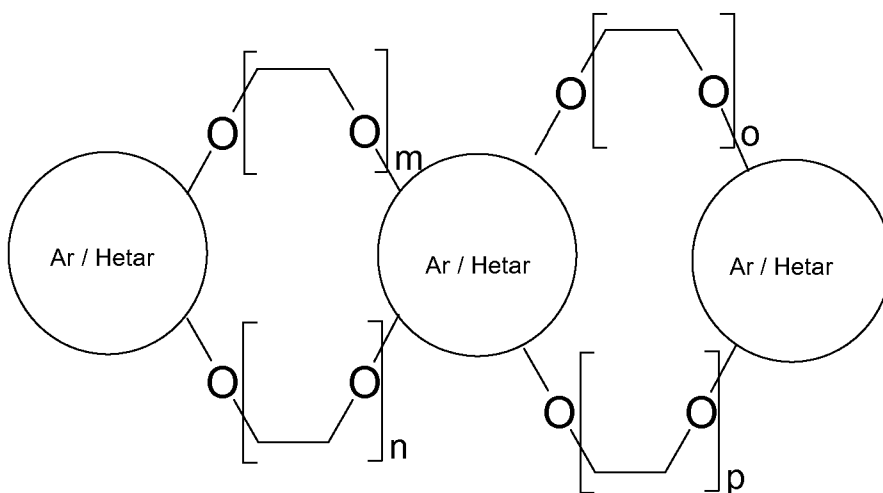
In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das optoelektronische Bauelement eine organische Solarzelle.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem Bauelement um eine pin-Einzel, pin-Tandemzelle,
10 pin-Mehrfachzelle, nip-Einzelzelle, nip-Tandemzelle oder nip-Mehrfachzelle.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung besteht das Bauelement aus einer Kombination aus nip, ni, ip, pnip, pni, pip, nipn, nin, ipn, pnipn, pnin oder pipn-Strukturen, bei
15 der mehrere unabhängige Kombinationen, die mindestens eine i-Schicht enthalten, übereinander gestapelt sind.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Kronenether, Triphenyle, Sorbitole, Chinacridone, Bis(4-
20 (tert-butyl)benzoato-O)hydroxyaluminium.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden als drittes Material Kronenether der allgemeinen Formel (Ia und Ib) ausgewählt.

**(Ia)****(Ib)**

mit Ar = Phenyl, Biphenyl, Triphenyl, Naphthyl, Binaphthyl,
 3-6 annelierte Phenylringe (z.B. Anthracenyl, Phenanthrenyl,
 5 Pyrenyl)

Hetar = Thiophen, Pyrrol, Furan, Oxazol, Thiazol, Oxadiazol,
 Thiadiazol, Triazol, Pyridin, Pyrimidin, Pyrazin,
 Benzothiophene, Benzopyrrol, Benzofuran, Benzothiophen,
 Benzopyrrol, Benzofuran, Benzoxazol,

Benzothiazol, Thienothiophene, Thienopyrrol, Thienofuran, 3-
6 annelierte Heterocyclen, Dithienothiophen, Dithienopyrrol,
Dithienobenzol, Dithienocyclopentadiene, Dipyrrolobenzol

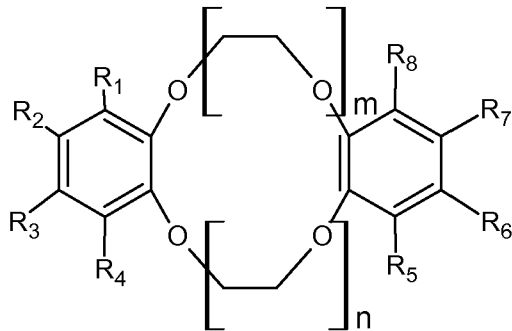
Etherbrücken in 1,2-, 1,3- und 1,4-Verknüpfung am jeweiligen
5 Phenylring (ortho, meta- und para-Position), Naphthylring,
annelierten Phenylring sowie Heteroarylring und annelierten
Heteroarylring.

m und n unabhängig voneinander 1,2,3,4,5,6

o und p unabhängig voneinander 0,1,2,3,4,5,6.

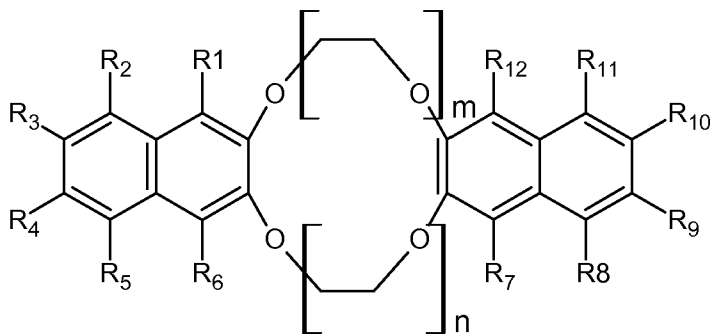
10

Insbesondere werden Dibenzo-Kronenether und Dinaphtho-
Kronenether sowie gemischte Benzo-/Naphtho-Kronenether
verwendet. Bevorzugt sind Verbindungen mit den nachfolgenden
Strukturen:

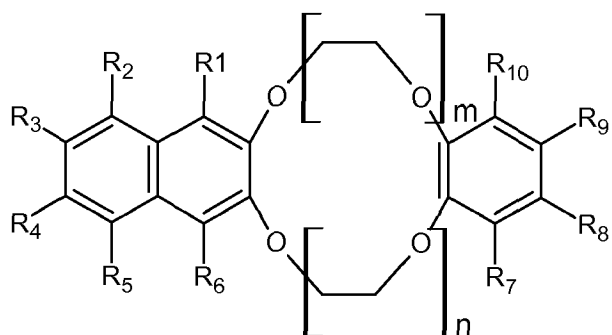


15

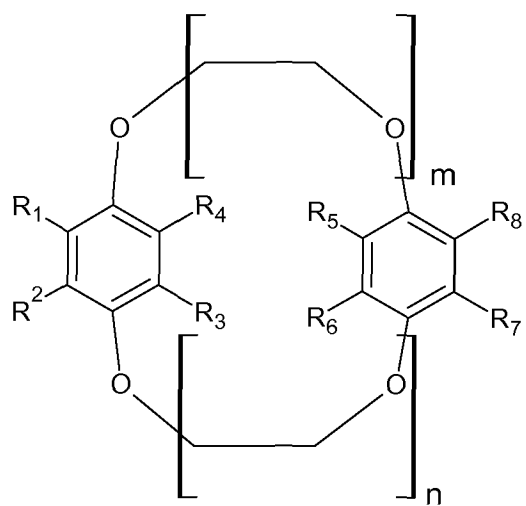
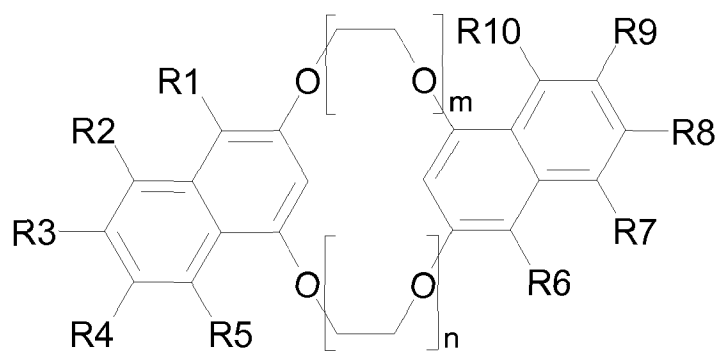
oder



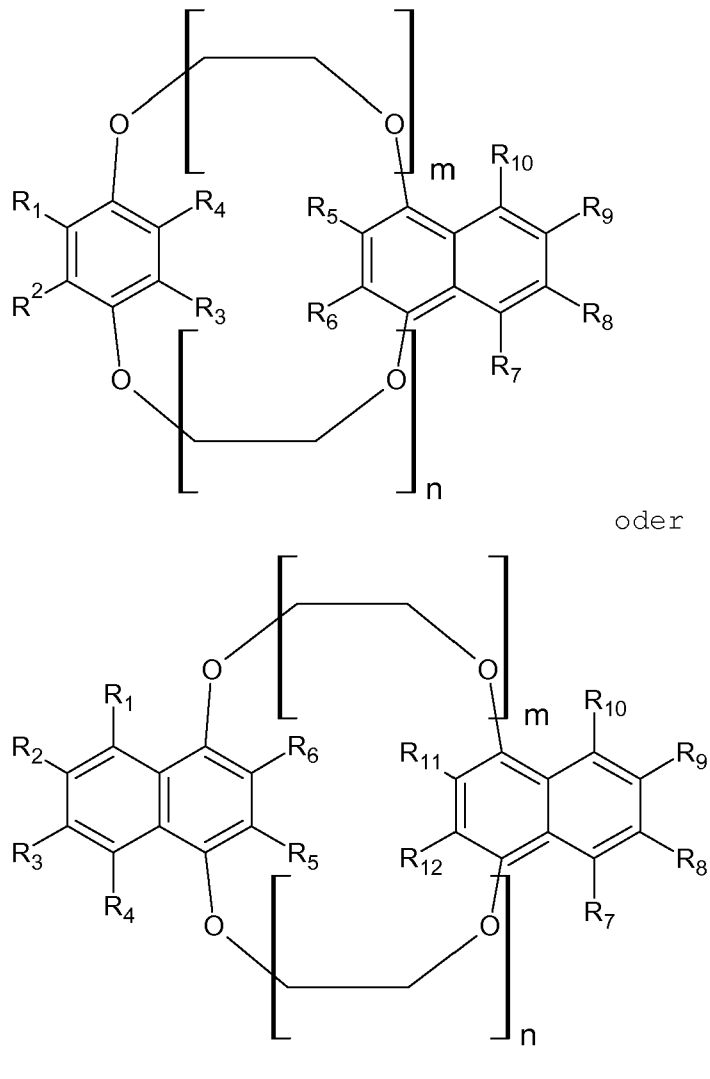
oder



oder



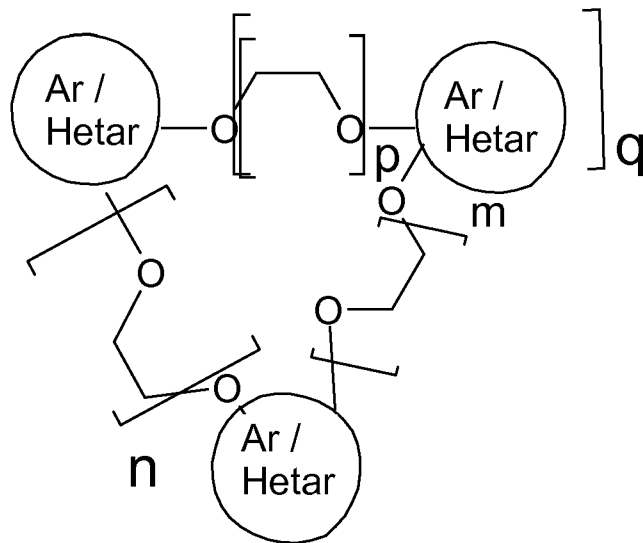
oder



wobei jeweils gilt: n und m unabhängig voneinander ausgewählt aus 3, 4, oder 5, und

- 5 $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$ und R_{12} unabhängig voneinander ausgewählt aus H, CH₃, C₂H₅, C₃H₇, C₄H₉, C₅H₁₁, C₆H₁₃, Isobutyl, CF₃, C₂F₅, C₃F₇, C₄F₉, C₅F₁₁, C₆F₁₃, OH, O-CH₃, CH₂-O-CH₃, CH₂-O-CH₂-CH₃, CN, Phenyl, Thiophen.

In einer Ausführungsform der Erfindung weisen die
 10 Kronenether die nachfolgende allgemeine Formel (II) auf:



(II)

mit Ar = Phenyl, Naphtyl, Biphenyl, Triphenyl, Naphthyl,
Binaphthyl, 3-6 annelierte Phenylringe, Anthracenyl,
Phenanthrenyl, Pyrenyl,

Hetar = Thiophen, Pyrrol, Furan, Thienothiophene, Oxazol, Thiazol, Oxadiazol, Thiadiazol, Triazol, Pyridin, Pyrimidin, Pyrazin, Benzothiophene, Benzopyrrol, Benzofuran, Benzothiophen, Benzopyrrol, Benzofuran, Benzoxazol, Benzothiazol, Thienothiophene, Thienopyrrol, Thienofuran, 3-6 annelierte Heterocyclen, Dithienothiophen, Dithienopyrrol, Dithienobenzol, Dithienocyclopentadiene, Dipyrrolbenzol

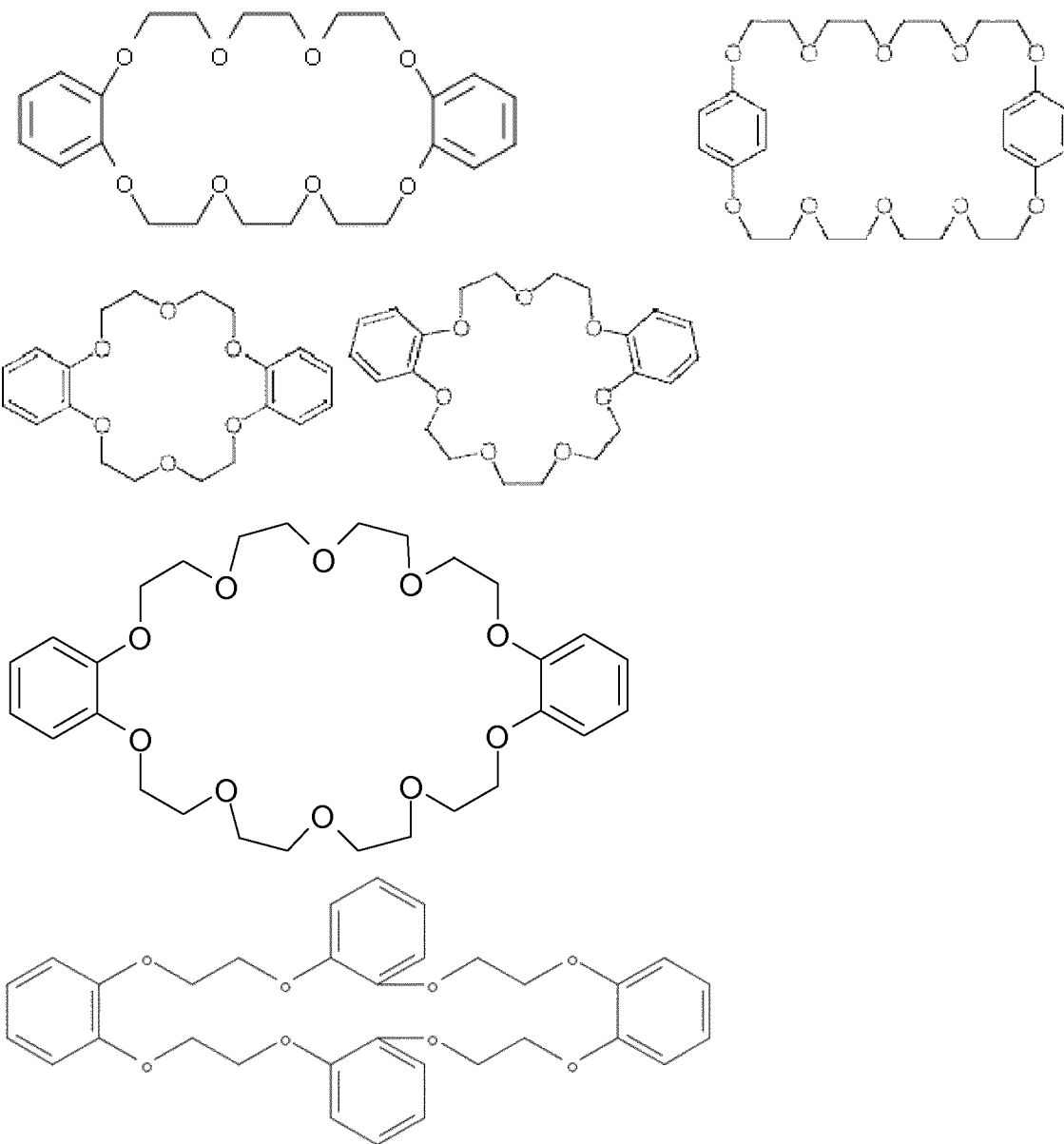
Etherbrücken in 1,2-, 1,3- und 1,4-Verknüpfung am jeweiligen Phenylring (ortho, meta- und para-Position), Naphthylring, annelierten Phenylring sowie Heteroarylring und annelierten Heteroarylring.

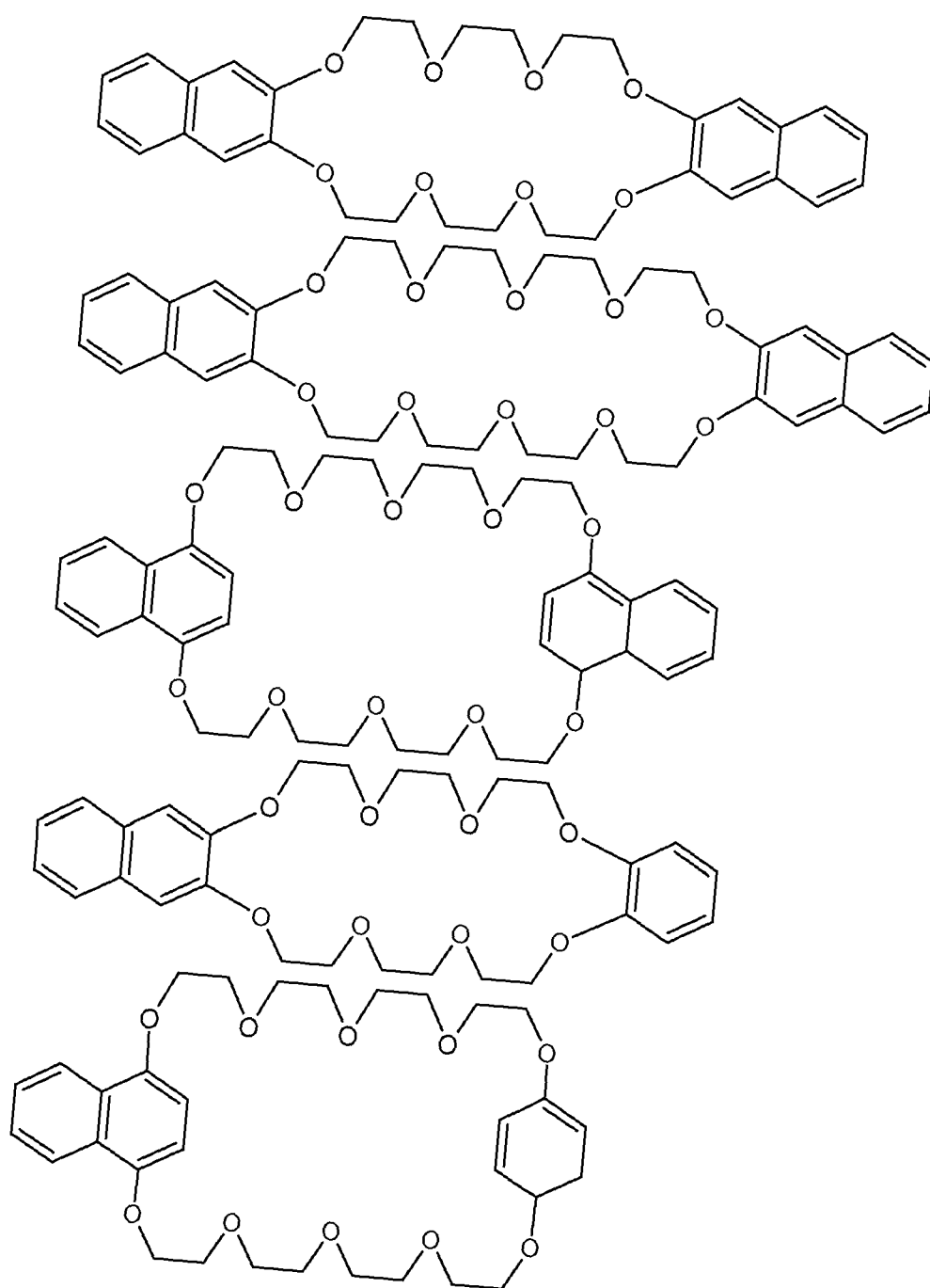
m und n unabhängig voneinander 1,2,3,4,5,6

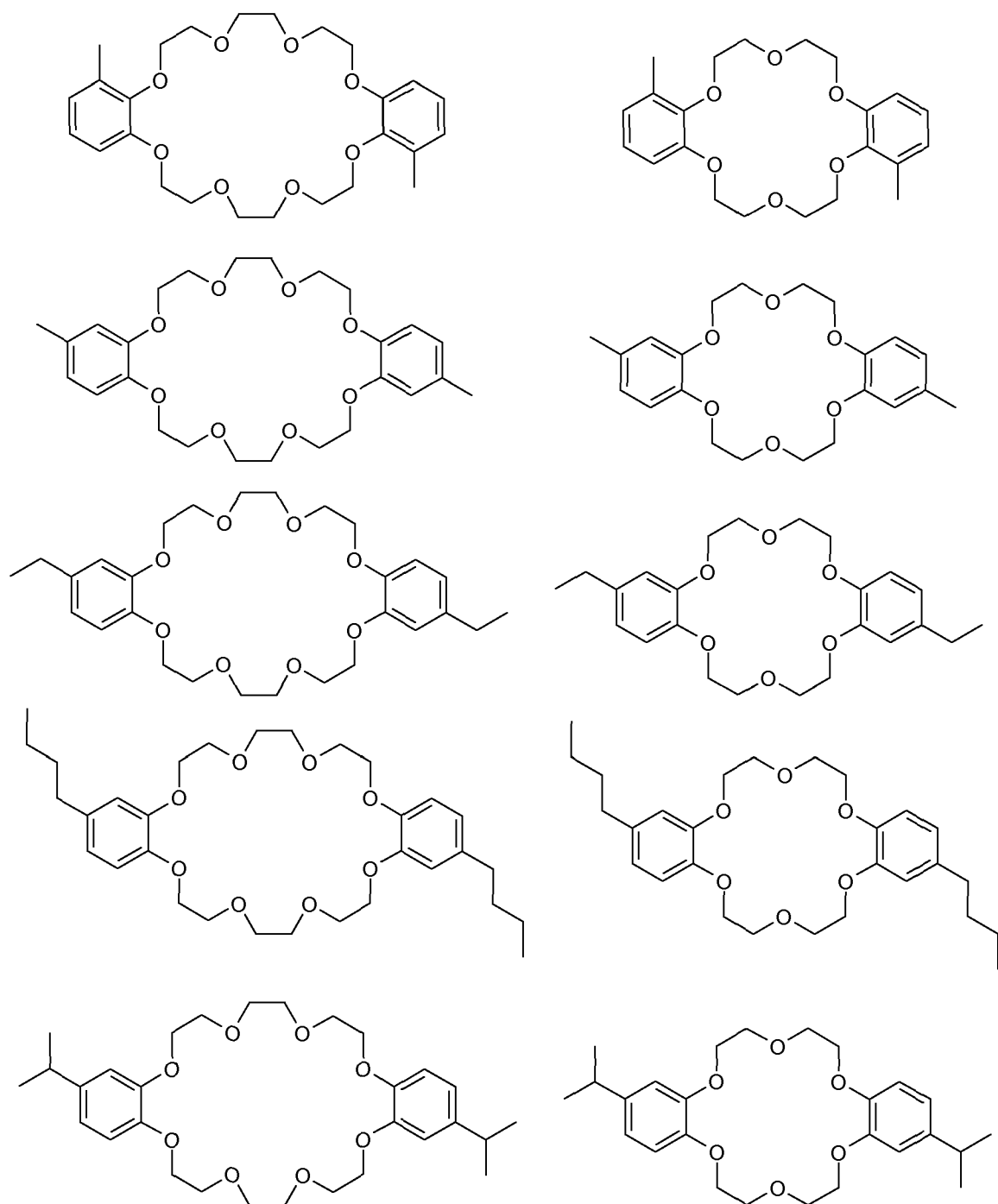
p und q unabhängig voneinander 1, 2, 3, 4, 5, 6

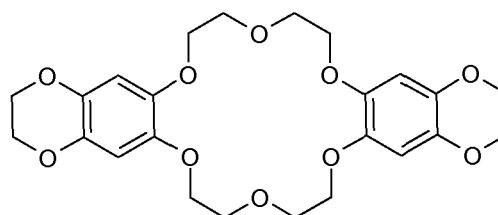
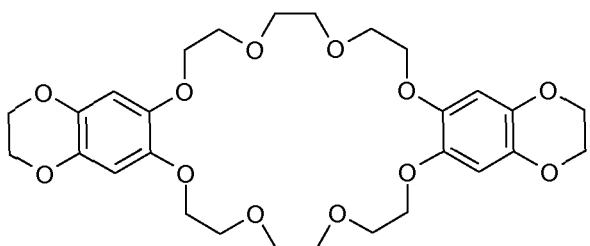
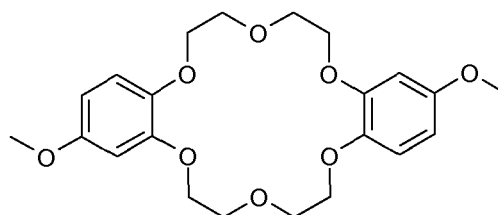
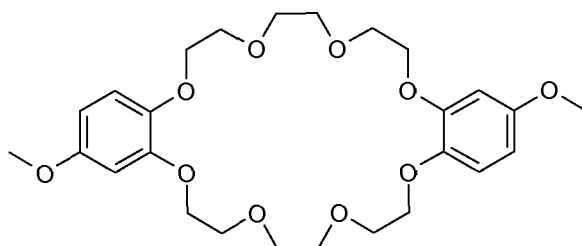
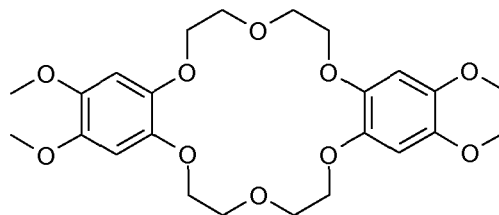
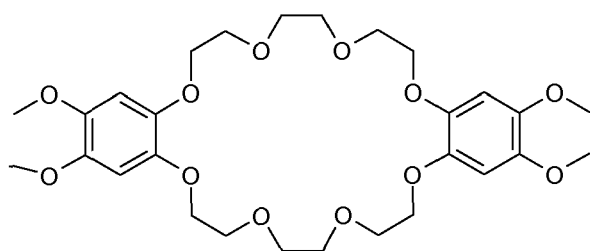
Besonders bevorzugt sind Verbindungen mit den nachfolgenden Strukturen:

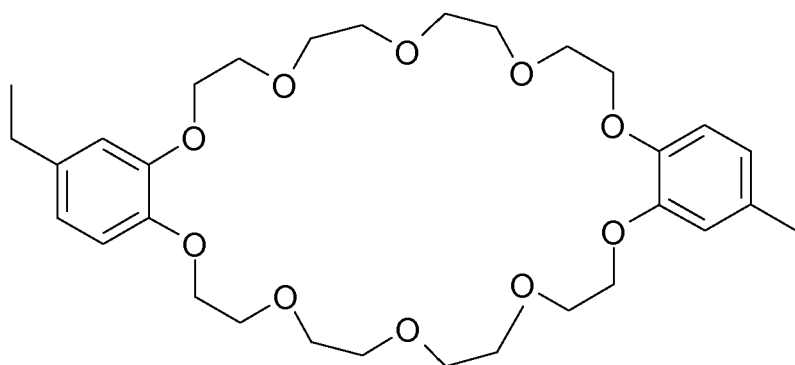
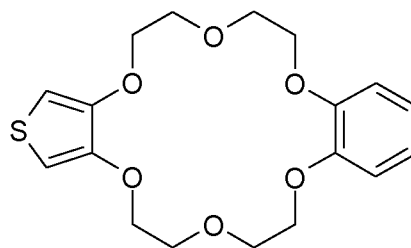
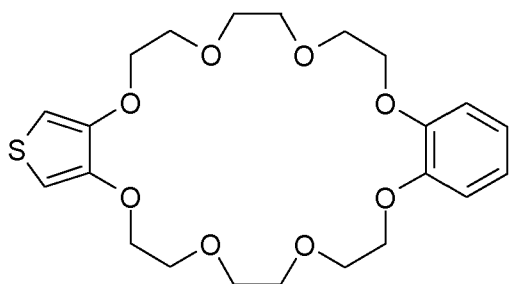
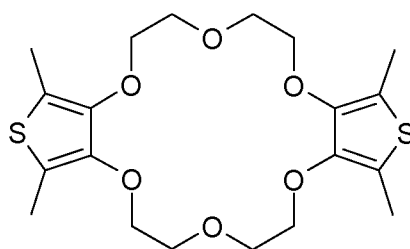
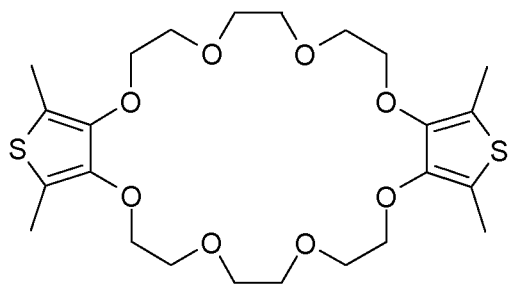
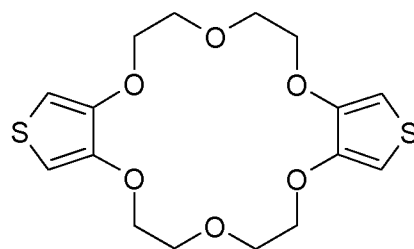
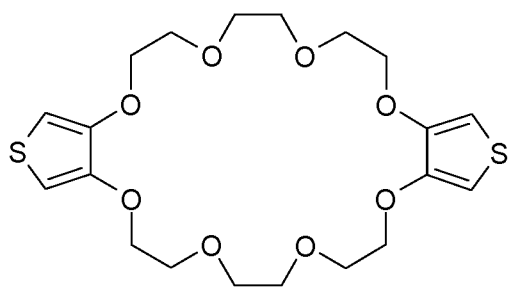
5

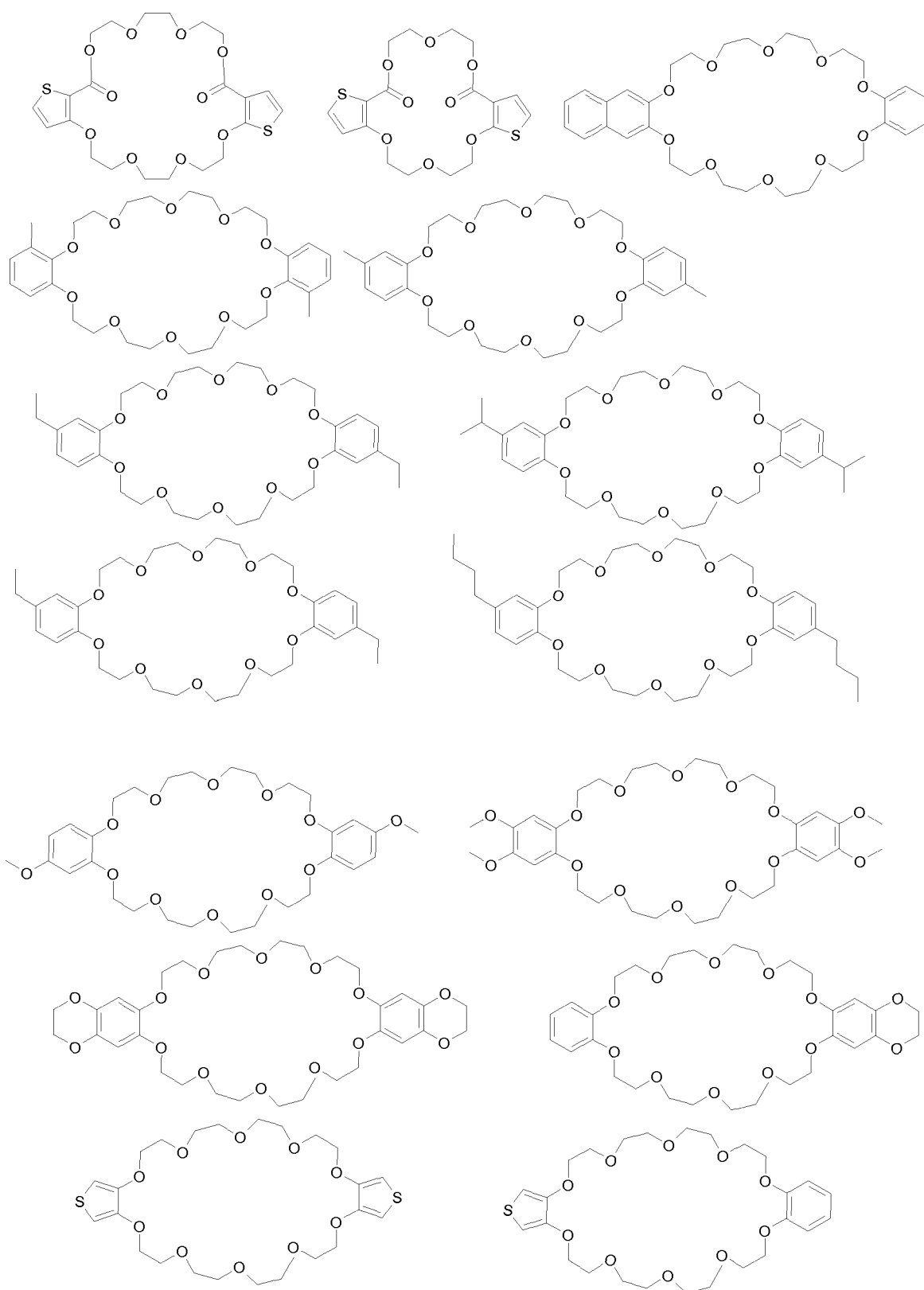


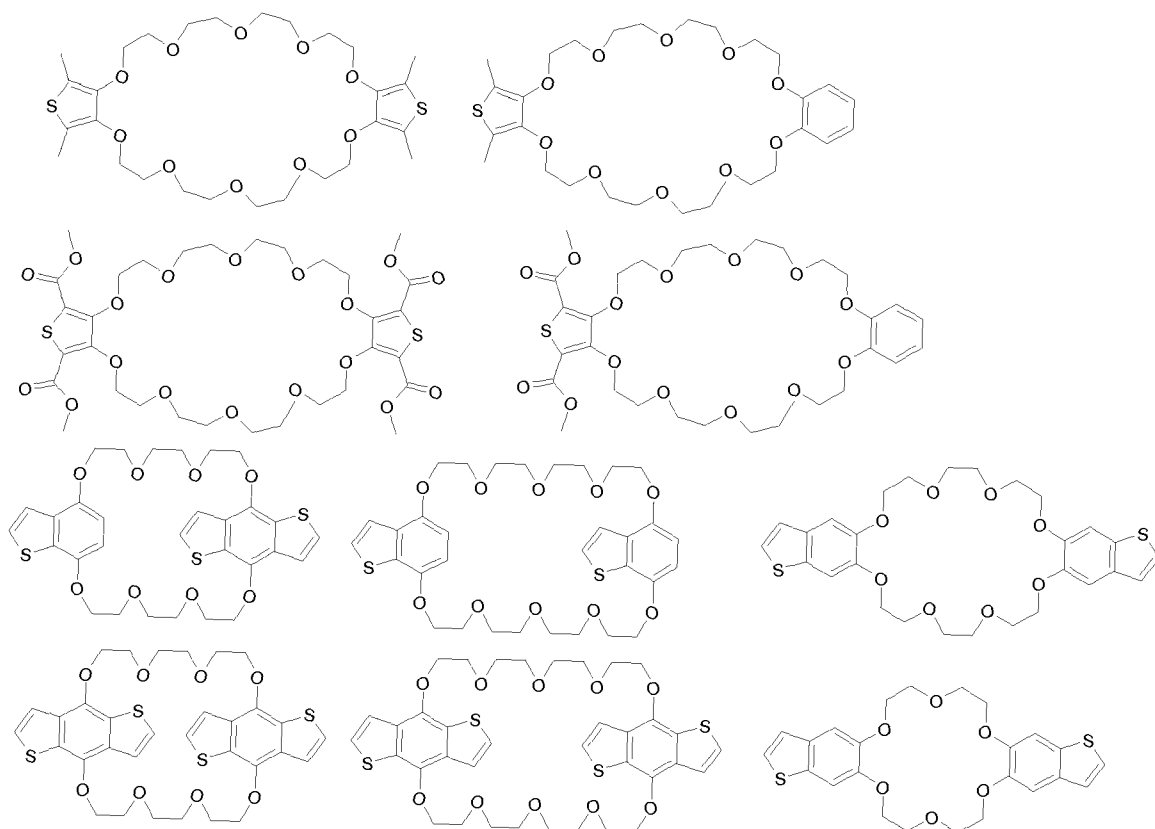


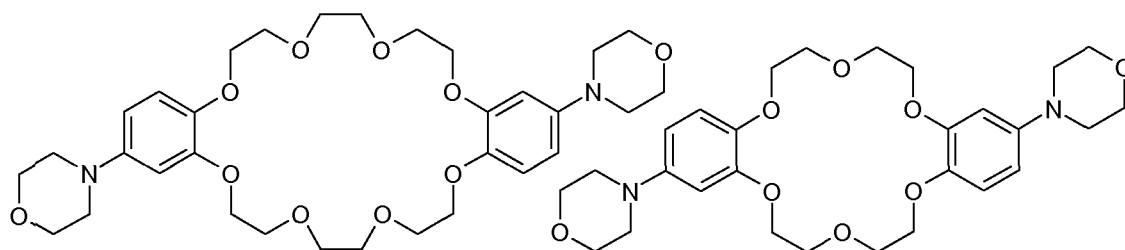
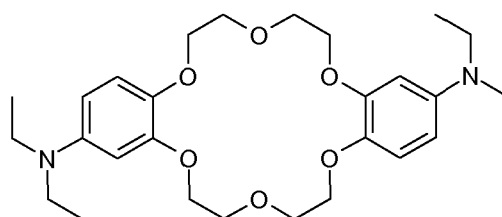
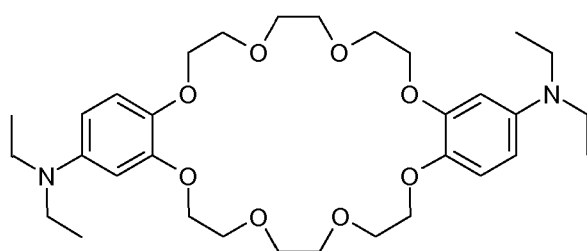
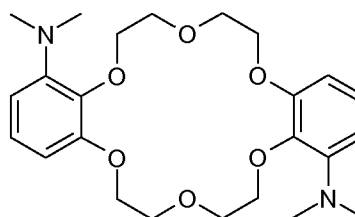
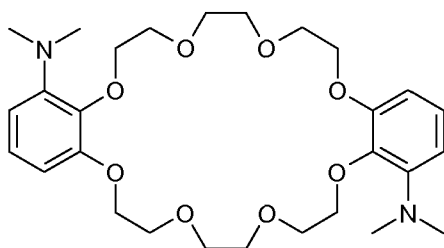
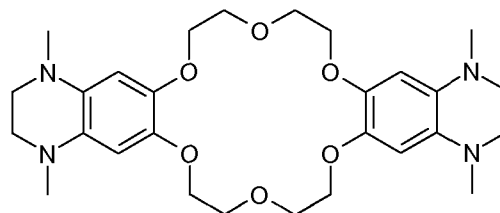
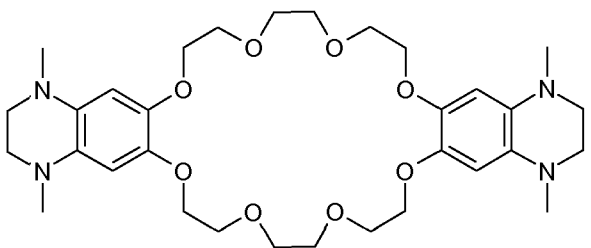
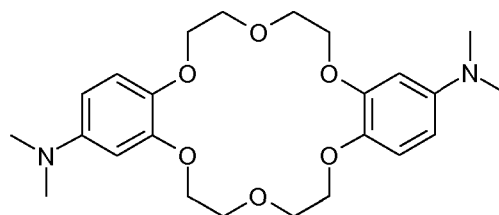
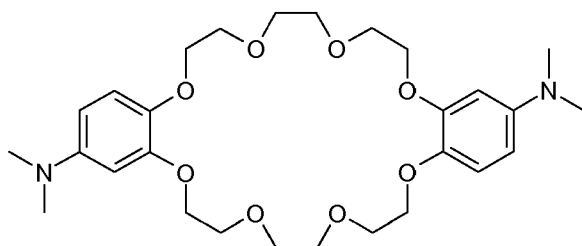
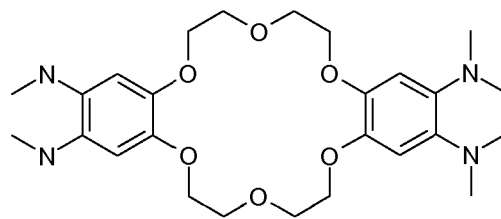
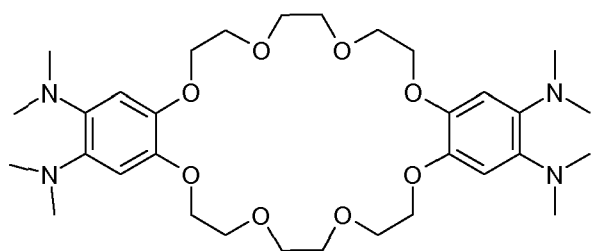












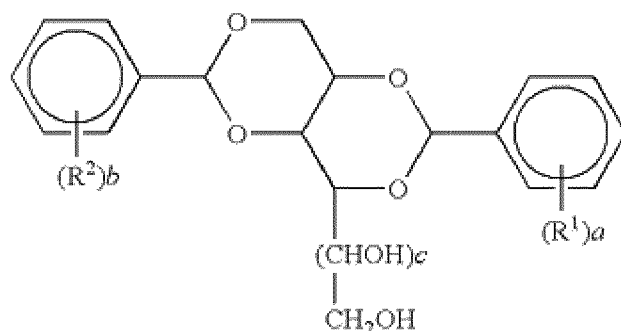
In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Kronenether ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Aryl- und Heteroaryl- Kronenethern sowie annelierten Aryl- und annelierten Heteroaryl-Kronenethern, bevorzugt Diaryl- und Diheteroaryl-Kronenethern sowie gemischt Aryl- und Heteroaryl-Kronenethern, besonders bevorzugt Dibenzo-Kronenether, Dinaphtho-Kronenether sowie gemischte Benzo-Naphthokronenether. Ein Aryl-Kronenether besteht aus mindestens einer Arylgruppe, kann aber auch eine bi-, tri- und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffgruppe besitzen. An diesem sind zwei C-Atome des Arylgrundgerüsts ringförmig mit Monoethoxy-, Diethoxy-, Triethoxy-, Tetraethoxy-, Pentaethoxy- und Hexaethoxygruppen verknüpft. Ein annelierter Aryl-Kronenether besteht aus mindestens einer bicyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffgruppe, kann aber auch eine tri- und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffgruppe besitzen. An diesem sind zwei C-Atome des annelierten Grundgerüsts ringförmig mit Monoethoxy-, Diethoxy-, Triethoxy-, Tetraethoxy-, Pentaethoxy- und Hexaethoxygruppen verknüpft. Ein annelierter Heteroaryl-Kronenether besteht aus mindestens einem Heteroarylring, an dem mindestens ein Benzolring oder ein weiterer Heteroarylring anneliert sind, kann aber auch eine tri- und polycyclische heteroaromatische Kohlenwasserstoffgruppe besitzen. An diesem sind zwei C-Atome des annelierten Grundgerüsts ringförmig mit Monoethoxy-, Diethoxy-, Triethoxy-, Tetraethoxy-, Pentaethoxy- und Hexaethoxygruppen verknüpft. Ein Diaryl-Kronenether besteht aus zwei nicht annelierten (separaten) Arylgruppen, die über zwei Alkoxy-Brücken miteinander in Form einer Krone verknüpft sind. Diese Alkoxyeinheiten bestehen aus ein bis sechs Ethoxygruppen. Ein annelierter Diaryl-Kronenether besteht aus zwei annelierten

Arylgruppen, die über zwei Alkoxy-Brücken miteinander in Form einer Krone verknüpft sind. Diese Alkoxyeinheiten bestehen aus ein bis sechs Ethoxygruppen. Ein annellierter

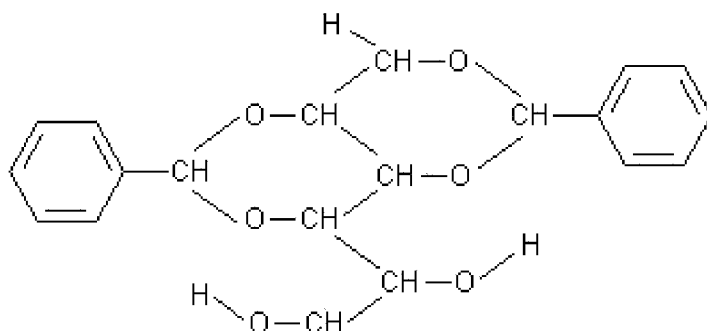
5 Heteroarylgruppen, die über zwei Alkoxy-Brücken miteinander in Form einer Krone verknüpft sind. Diese Alkoxyeinheiten bestehen aus ein bis sechs Ethoxygruppen. Ein Aryl-Heteroaryl-Kronenether besteht sowohl aus einer Arylgruppe als auch einer Heteroarylgruppe, die über zwei Alkoxy-
10 Brücken miteinander in Form einer Krone verknüpft sind. Diese Alkoxyeinheiten bestehen aus ein bis sechs Ethoxygruppen.

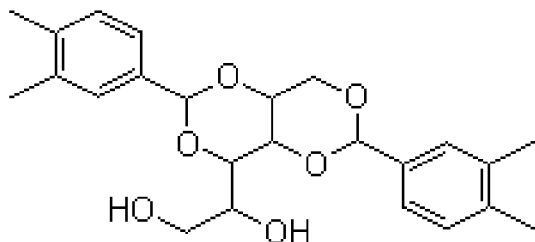
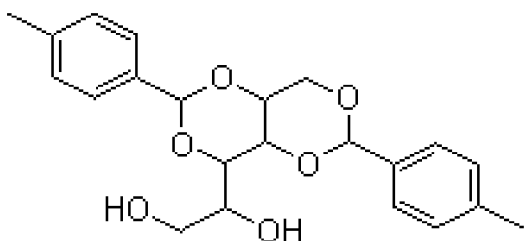
In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material ein Sorbitol. Bevorzugt sind Verbindungen

15 mit den nachfolgenden Strukturen:

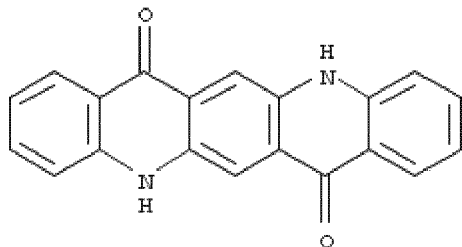


wobei R1 und R2 unabhängig voneinander ausgewählt ist aus H, CH₃, C₂H₅ sowie

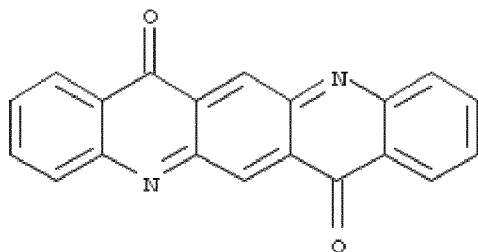




- 5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material ein Chinacridon. Bevorzugt sind Verbindungen mit den nachfolgenden Strukturen:

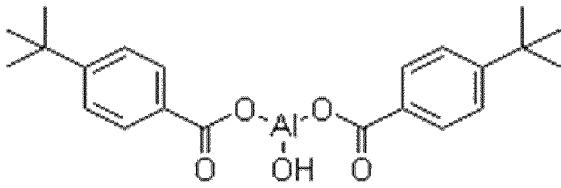


oder

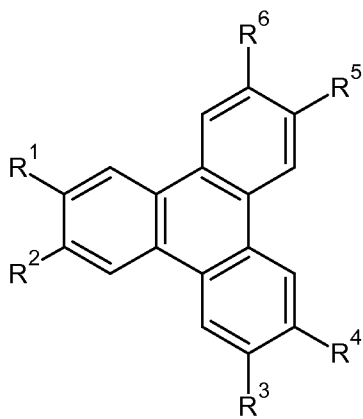


10

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material Bis(4-(tert-butyl)benzoato-O)hydroxyaluminium mit der nachfolgenden Struktur:



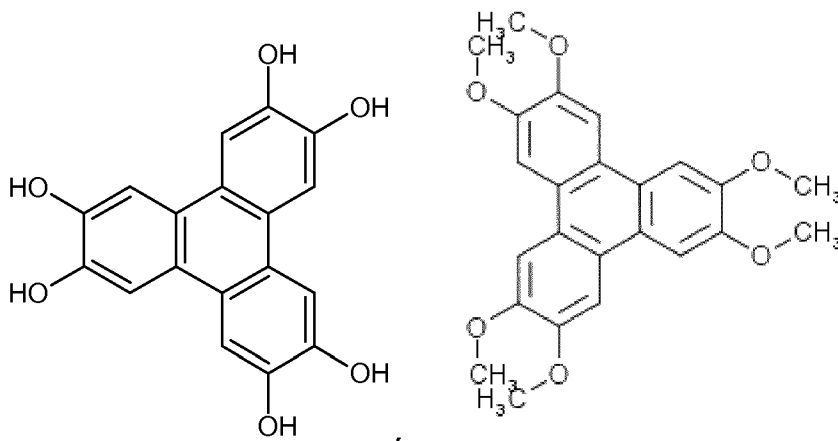
In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das dritte Material ein Triphenyl mit der nachfolgenden Struktur:

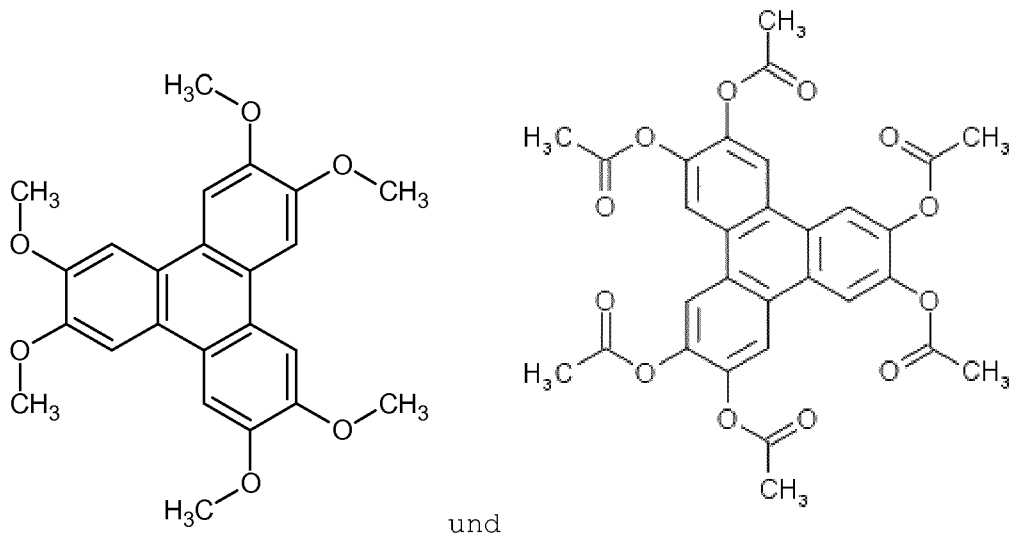


5

wobei R1 bis R6 unabhängig voneinander ausgewählt sind aus H, OH, OCH₃, OOCCH₃, wobei mindestens drei Sauerstoffe im Molekül enthalten sind.

Bevorzugt sind Verbindungen mit den nachfolgenden
10 Strukturen:





Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Kombinationen der Ansprüche oder einzelner Merkmale davon.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand einiger Ausführungsbeispiele und Figuren eingehend erläutert werden. Die Ausführungsbeispiele sollen dabei die Erfindung beschreiben ohne diese zu beschränken. Es zeigen in

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Bauelements, in

Fig. 2 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 3 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 2 dargestellt, jedoch mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als drittes Material Verbindung (I) verwendet wird, in

Fig. 4 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven

Schicht, in

Fig. 5 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 4 dargestellt, jedoch mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als

5 drittes Material Verbindung (I) verwendet wird, in

Fig. 6 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 7 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit
10 gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 6 dargestellt, jedoch mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als drittes Material Verbindung (I) verwendet wird, in

Fig. 8 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven
15 Schicht, in

Fig. 9 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 8 dargestellt, jedoch mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als drittes Material Verbindung (II) verwendet wird, in

20 Fig. 10 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 11 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 10 dargestellt, jedoch
25 mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als drittes Material Verbindung (V) verwendet wird, in

Fig. 12 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven

Schicht, in

Fig. 13 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit
gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 12 dargestellt, jedoch
mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als
5 drittes Material Verbindung (VI) verwendet wird, in

Fig. 14 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-
Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven
Schicht, abgeschieden bei 70°C Substrattemperatur, in

Fig. 15 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit
10 gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 14 dargestellt, jedoch
mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als
drittes Material Verbindung (III) verwendet wird und die
Abscheidung bei Raumtemperatur erfolgte, in

Fig. 16 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-
15 Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven
Schicht, abgeschieden bei 70°C Substrattemperatur und in

Fig. 17 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit
gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 16 dargestellt, jedoch
mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als
20 drittes Material Verbindung (I) verwendet wird und die
Abscheidung bei Raumtemperatur erfolgte,

Fig. 18 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-
Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven
Schicht, abgeschieden bei 70°C Substrattemperatur, in

25 Fig. 19 eine Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements mit
gleichem Schichtaufbau wie in Fig. 18 dargestellt, jedoch
mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, wobei als
drittes Material Verbindung (VI) verwendet wird und die
Abscheidung bei Raumtemperatur erfolgte, in

Fig. 20 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 21 eine Darstellung der externen Quanteneffizienz eines
5 Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 22 eine Darstellung des Füllfaktorverhaltens und der Leerlaufspannung eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht in Abhängigkeit der
10 Lichteinstrahlung, in

Fig. 23 eine Strom-Spannungskennlinie eines erfindungsgemäßen Bauelements mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 24 eine Darstellung der externen Quanteneffizienz eines
15 Bauelements mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 25 eine Darstellung des Füllfaktorverhaltens und der Leerlaufspannung eines erfindungsgemäßen Bauelements mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht in Abhängigkeit
20 der Lichteinstrahlung, in

Fig. 26 eine Strom-Spannungskennlinie eines Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 27 eine Darstellung der externen Quanteneffizienz eines
25 Vergleich-Bauelements mit zwei Materialien in der photoaktiven Schicht, in

Fig. 28 eine Strom-Spannungskennlinie eines erfindungsgemäßen Bauelements mit drei Materialien in der

photoaktiven Schicht, in

Fig. 29 eine Darstellung der externen Quanteneffizienz eines Bauelements mit drei Materialien in der photoaktiven Schicht und in

- 5 Fig. 30 eine schematische Darstellung eines Energieschemas mit drei Materialien.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 schematisch ein Bauelement 1 dargestellt, welches beispielsweise als organische Solarzelle ausgeführt ist. Das
10 Bauelement 1 ist dabei auf einem transparenten Substrat 2 angeordnet, welches vorzugsweise flexibel ausgeführt ist, etwa als Folie. Auf dem Substrat 2 ist eine Elektrode 3 angeordnet, welche aus Metall, einem leitfähigen Oxid, insbesondere ITO, ZnO:Al oder anderen TCOs oder einem
15 leitfähigen Polymer, wie etwa PEDOT:PSS oder PANI ausgeführt ist. Auf der Elektrode 3 ist eine Ladungsträgertransportschicht 4 angeordnet, welche beispielsweise als Elektronen- oder Löchertransportschicht ausgebildet ist. Auf dieser Ladungsträgertransportschicht 4
20 ist eine photoaktive Schicht 5 angeordnet, welche zumindest ein Donor- und ein Akzeptormaterial umfasst, welche zusammen ein Donor-Akzeptorsystem ausbilden. Zudem umfasst die photoaktive Schicht ein drittes Material mit einem Anteil von $0,1 \text{ Gew.}\% < x < 10 \text{ Gew.}\%$. Dieses dritte Material ist
25 ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus Kronenether, Triphenyle, Sorbitole, Chinacridone, Bis(4-(tert-butyl)benzoato-O)hydroxyaluminium. Auf der photoaktiven Schicht 5 ist eine weitere Ladungsträgertransportschicht 6 angeordnet. Diese Ladungsträgertransportschicht 6 ist
30 ebenfalls als Elektronen- oder Löchertransportschicht ausgebildet, wobei die Ladungsträgertransportschicht 6

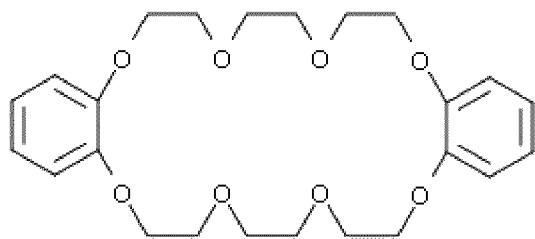
komplementär zur Ladungsträgertransportschicht 4 ausgebildet ist. Auf dieser Ladungsträgertransportschicht 6 ist eine Gegenelektrode 7 angeordnet, welche beispielsweise aus einem Metall, wie etwa Al ausgebildet ist.

5 In einem zweiten Ausführungsbeispiel weist das erfindungsgemäße Bauelement 1 eine photoaktive Schicht 5 auf, welche drei Materialien umfasst, wobei ein Donor- D1 und ein Akzeptormaterial A1 ein Donorakzeptorsystem ausbilden. Das Donormaterial D1 ist dabei beispielsweise ein
10 Material aus der Klasse der Phthalocyanine, Perylenderivate, TPD-Derivate, Oligothiophene oder ein Material wie es in WO2006092134 A1, WO2011161262 oder WO2011161170A1 offenbart ist. Das Akzeptormaterial A1 ist dabei beispielsweise ein Fulleren oder Fullerenderivat (C60, C70, etc.). Die
15 photoaktive Schicht 5 enthält weiterhin ein drittes Material, welches als weiteres Donormaterial D2 ausgebildet ist. Das dritte Material D2 beeinflusst dabei die Kristallisationsneigung des Donormaterials D1. In einer alternativen Ausgestaltung ist das dritte Material ein
20 Akzeptormaterial A2, welches die Kristallisationsneigung des Akzeptormaterials A1 beeinflusst.

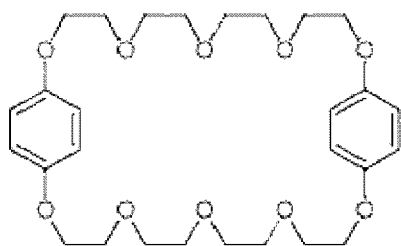
In einem weiteren Ausführungsbeispiel weist das photoaktive Bauelement 1 beispielsweise die nachfolgende Struktur auf:

25 ITO / C60 / photoaktive Mischschicht / BPAPF (9,9-bis[4-(N,N-bis-biphenyl-4-yl-Amino)Phenyl]-9H-Fluoren) / BPAPF:NDP9 / NDP9 / Au

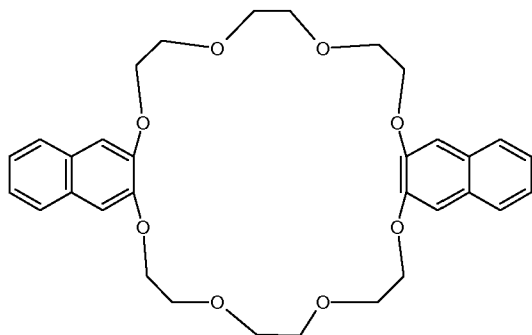
wobei die photoaktive Mischschicht als drittes Material eine der nachfolgenden Verbindungen in einer Beimischung von < 7%
30 enthält:



Verbindung (I)

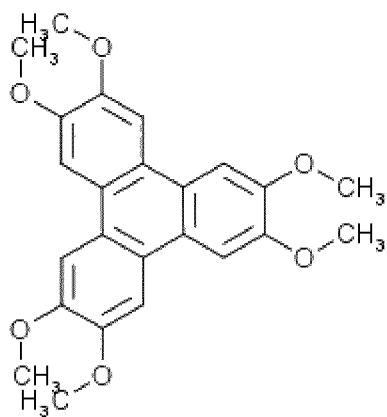


Verbindung (II)

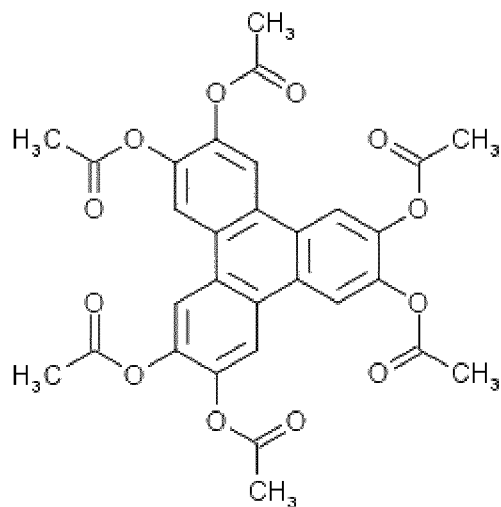


Verbindung (III)

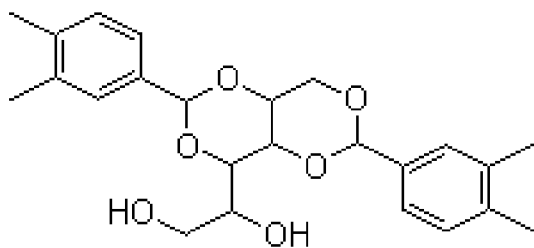
5



Verbindung (IV)



Verbindung (V)



Verbindung (VI)

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 2 und 3 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur von 70°C. Die Fig. 2 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 3 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (I). Die photoaktive Schicht 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (I). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (I) bedingter

Anstieg des Füllfaktors (FF) von 46% auf 58,6%.

Aus dem Vergleich der Füllfaktoren (FF) lässt sich ablesen, dass die Zugabe des dritten Materials einen wesentlichen Einfluss auf den erzeugten Strom hat.

- 5 In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 4 und 5 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem anderen Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur von 70°C. Die Fig. 4 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 5 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (I). Die photoaktive Schicht 15 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (I). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (I) bedingter Anstieg des Füllfaktors (FF) von 48,8% auf 65,7%.
- 20 In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 6 und 7 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem dritten Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur von 70°C. Die Fig. 6 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 7 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (I). Die photoaktive Schicht 25 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur
- 30

hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (I). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (I) bedingter Anstieg des Füllfaktors (FF) von 50,7% auf 62,7%.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 8 und
5 9 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur
10 von 70°C. Die Fig. 8 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 9 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (II). Die photoaktive
15 Schicht 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (II). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (II) bedingter Anstieg des Füllfaktors (FF) von 46% auf 50,6%.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 10
20 und 11 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem weiteren Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur
25 von 70°C. Die Fig. 10 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 11 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (V). Die photoaktive Schicht
30 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (V). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (V) bedingter

Anstieg des Füllfaktors (FF) von 48,8% auf 60,2%.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 12 und 13 graphisch die Messergebnisse für ein weiteres Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur von 70°C. Die Fig. 12 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 13 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (VI). Die photoaktive Schicht 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (VI). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (VI) bedingter Anstieg des Füllfaktors (FF) von 48,8% auf 60,3%.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 14 und 15 graphisch die Messergebnisse für ein weiteres Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei einer Substrattemperatur von 70°C. Die Fig. 14 zeigt die Strom-Spannungskennlinie eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 15 eine Strom-Spannungskennlinie für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (III). Die photoaktive Schicht 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei nur hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (III). Dabei zeigt sich ein durch die Beimischung der Verbindung (III) bedingter Anstieg des Füllfaktors (FF) von

60,0% auf 65,2%.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 16 und 17 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei Fig. 16 bei einer Substrattemperatur von 70°C und bei Fig. 17 bei Raumtemperatur. Die Fig. 16 zeigt die Strom-Spannungskennlinien eines Bauelements 1 mit einem Donor-Akzeptorsystem und die Fig. 17 eine Strom-Spannungskennlinien für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (I). Die photoaktive Schicht 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (I) sowie der Substrattemperatur bei der Abscheidung der photoaktiven Schicht 5. Dabei zeigt sich, dass die Füllfaktoren mit 64% (Fig.16) und 63,6% (Fig.17) nahezu gleich sind. Durch die Beimischung der Verbindung (I) kann somit bei geringeren Substrattemperaturen der gleiche Füllfaktor erreicht werden, wie bei geheizten Substraten ohne Beimischung. Durch die Beimischung können so vereinfachtere Bedingungen bei der Abscheidung erzielt werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 18 und 19 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine Schichtdicke von 30 nm aufweist. Die Abscheidung der photoaktiven Schicht 5 erfolgte bei Fig. 18 und bei Fig. 19 bei Raumtemperatur. Die Fig. 18 zeigt die Strom-Spannungskennlinien eines Bauelements 1 mit einem Donor-

Akzeptorsystem und die Fig. 19 eine Strom-Spannungskennlinien für ein Bauelement mit einer photoaktiven Schicht enthaltend das Donor-Akzeptorsystem sowie Verbindung (VI). Die photoaktive Schicht 5 der Bauelemente unterscheidet sich hierbei hinsichtlich der Beimischung der Verbindung (VI) sowie der Substrattemperatur bei der Abscheidung der photoaktiven Schicht 5. Dabei zeigt sich, dass die Füllfaktoren mit 55,1% (Fig.18) und 60,9% (Fig.19) durch Beimischung der Verbindung (VI) erhöht werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel weist das erfindungsgemäße Bauelement 1 eine photoaktive Schicht 5 auf, welche drei Materialien umfasst, wobei ein Donor- D1 und ein Akzeptormaterial A1 ein Donorakzeptorsystem ausbilden. Das Donormaterial D1 ist dabei beispielsweise ein Material aus der Klasse der Phthalocyanine, Perylenderivate, TPD-Derivate, Oligothiophene oder ein Material wie es in WO2006092134 A1, WO2011161262 oder WO2011161170A1 offenbart ist. Das Akzeptormaterial A1 ist dabei beispielsweise ein Fulleren oder Fullerenderivat (C60, C70, etc.). Die photoaktive Schicht 5 enthält weiterhin ein drittes Material, welches als weiteres Donormaterial D2 ausgebildet ist. Das dritte Material D2 beeinflusst dabei die Kristallisationsneigung des Donormaterials D1. In einer alternativen Ausgestaltung ist das dritte Material ein Akzeptormaterial A2, welches die Kristallisationsneigung des Akzeptormaterials A1 beeinflusst.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 20 bis 22 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem

dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine 20nm (11) sowie eine 30nm (12) Schichtdicke aufweist. Dabei zeigt die Fig. 20 die Strom-Spannungskennlinien des Bauelements 1, die Fig. 21 die Darstellung der externen Quanteneffizienz und die Fig. 22 eine Auftragung des Füllfaktors (FF) sowie der Leerlaufspannung (U_{oc}) gegen die Beleuchtung.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 23 bis 25 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem mit weiteren Donor D2 als drittes Material dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine 20nm (13) sowie eine 30nm (14) Schichtdicke aufweist und jeweils im Verhältnis 1:1:1 zugesetzt ist. Dabei zeigt die Fig. 23 die Strom-Spannungskennlinien des erfindungsgemäßen Bauelements 1, die Fig. 24 die Darstellung der externen Quanteneffizienz und die Fig. 25 eine Auftragung des Füllfaktors (FF) sowie der Leerlaufspannung (U_{oc}) gegen die Beleuchtung.

Aus dem Vergleich der Kennwerte Füllfaktor (FF) und erzeugtem Strom lässt sich ablesen, dass die Zugabe des dritten Materials einen wesentlichen Einfluss auf den erzeugten Strom hat. Besonders der Vergleich der Fig. 21 und Fig. 24 zeigt den Einfluss des dritten Materials auf die externe Quanteneffizienz, welche in der Fig. 24 deutlicher ausgeprägt ist im Vergleich zur Fig. 21.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 26 und 27 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine 20nm (15) sowie eine 30nm (16) Schichtdicke aufweist. Dabei zeigt die Fig. 26 die Strom-Spannungskennlinien des Bauelements 1 und die Fig. 27 die Darstellung der externen Quanteneffizienz.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind in den Fig. 28 und 29 graphisch die Messergebnisse für ein Bauelement 1 mit einer photoaktiven Schicht 5 mit einem Donor-Akzeptorsystem mit weiteren Donor D2 als drittes Material dargestellt, wobei die photoaktive Schicht 5 eine 20nm (17) sowie eine 30nm (18) Schichtdicke aufweist. Das Schicht 5 weist ein Verhältnis von Akzeptor:DonorD1:DonorD2 = 1:1:0,1 auf. Dabei zeigt die Fig. 28 die Strom-Spannungskennlinien des erfindungsgemäßen Bauelements 1, die Fig. 29 die Darstellung der externen Quanteneffizienz.

Aus dem Vergleich des Kennwerts Füllfaktor (FF) lässt sich ablesen, dass die Zugabe des dritten Materials Donor D2 einen wesentlichen Einfluss auf den Füllfaktor hat.

Besonders der Vergleich der Fig. 26 und Fig. 28 zeigt den Einfluss des dritten Materials auf den Füllfaktor, welcher in der Fig. 28 höher ist im Vergleich zur Fig. 26.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist in Fig. 30 ein Energieschema eines Bauelements mit einer photoaktiven Schicht mit einem Donor-Material, einem Akzeptormaterial und einem dritten Materialien dargestellt. Dabei kann der Fig. 30 die HOMO-Lage des Donor-Materials 10 und die LUMO-Lage des Donor-Materials 11 entnommen werden. Weiterhin zeigt die Fig. 30 die HOMO-Lage des Akzeptors 20 und die LUMO-Lage des Akzeptors 21. Des Weiteren zeigt die Fig. 30 die HOMO-Lage des dritten Materials 30 und die LUMO-Lage des dritten Materials 31. Wie der Fig. 30 zu entnehmen ist, weist dieses eine HOMO-Lage 30 betragsmäßig gleich oder über der der HOMO-Lage des Donormaterials sowie eine LUMO-Lage 31 betragsmäßig gleich oder unter der LUMO-Lage des Akzeptors, also zwischen der LUMO-Lage des Akzeptors und dem

Vakuumniveau auf. Das Vakuumniveau der Energie ist mit Bezugszeichen 40 dargestellt.

Optoelektronisches Bauelement

Bezugszeichenliste

- 1 optoelektronisches Bauelement
- 2 Substrat
- 3 Elektrode
- 4 Ladungsträgertransportschicht (ETL oder HTL)
- 5 photoaktive Schicht
- 6 Ladungsträgertransportschicht (ETL oder HTL)
- 7 Gegenelektrode
- 10 HOMO-Lage des Donor-Materials
- 11 LUMO-Lage des Donor-Materials
- 20 HOMO-Lage des Akzeptor-Materials
- 21 LUMO-Lage des Akzeptor-Materials
- 30 HOMO-Lage des dritten Materials
- 31 LUMO-Lage des dritten Materials
- 40 Vakuumniveau der Energie

Optoelektronisches Bauelement

Patentansprüche

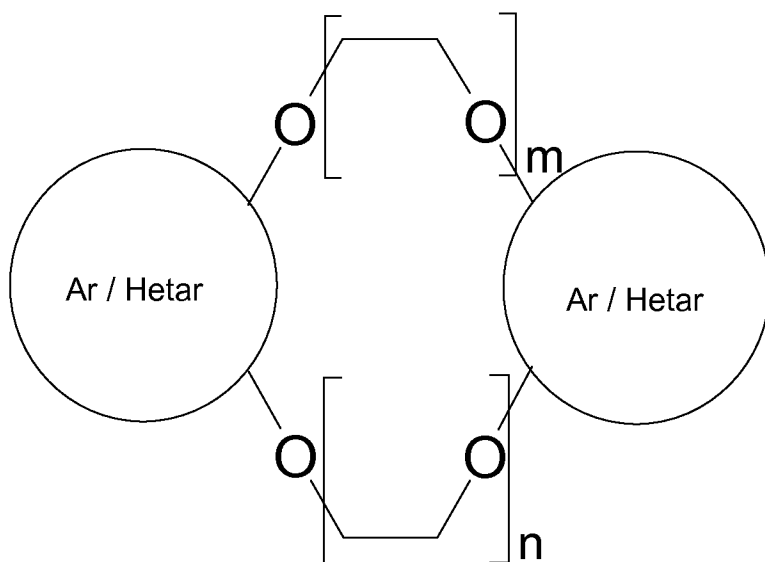
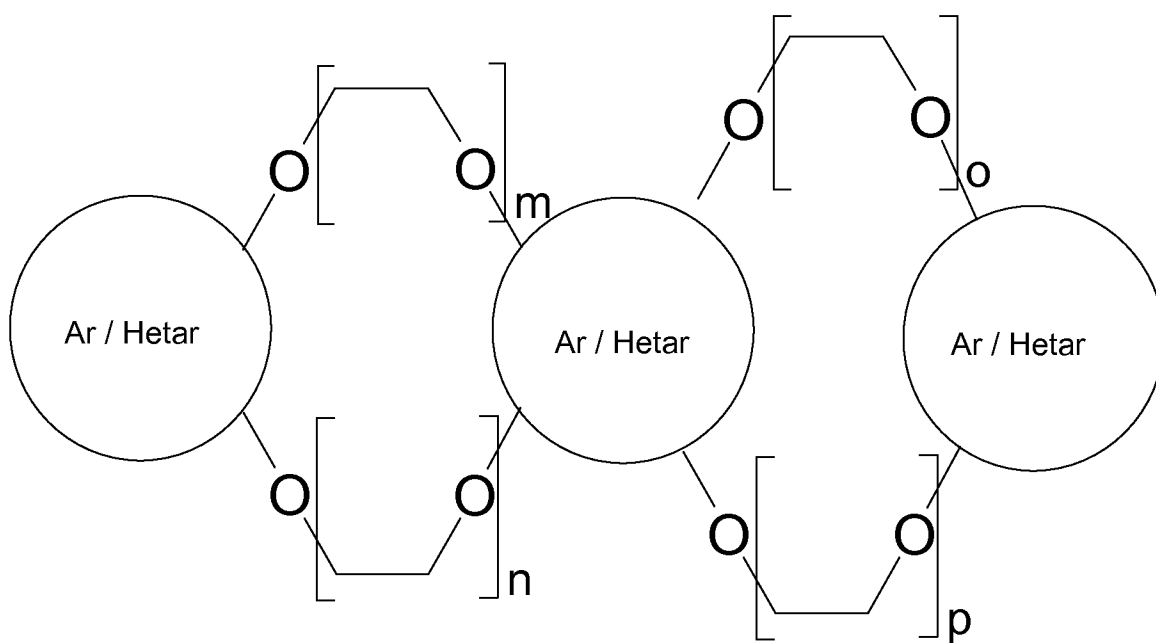
1. Optoelektronisches Bauelement (1) umfassend zumindest eine photoaktiven Schicht(5), welche zwischen einer Elektrode (3) und einer Gegenelektrode (7) angeordnet ist, wobei die photoaktive Schicht (5) eine Mehrfach-Mischschicht enthaltend mindestens drei Materialien umfasst, wobei zumindest ein Material ein organisches Material aus kleinen Molekülen ist, wobei zumindest ein Material ein Donor und zumindest ein Material ein Akzeptor ist, wobei der Donor und der Akzeptor ein Donor-Akzeptor-System bilden und zumindest einem dritten Material, welches so ausgebildet ist, dass es die Kristallisationsneigung des Donors und/oder Akzeptors beeinflusst.
2. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material ein Energieniveau aufweist, bei dem der Betrag des LUMO $\leq$ dem Betrag des LUMO des Akzeptors ist, und der Betrag des HOMO $\geq$ HOMO des Donors ist.
3. Optoelektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material ein Energieniveau aufweist, wobei der Betrag des LUMO des dritten Materials um 0,3 eV geringer als der Betrag des LUMO des Akzeptormaterials der photoaktiven Schicht (5) und/oder der Betrag des HOMO des dritten Materials um 0,3 eV größer des Betrags des Energieniveaus des HOMOs des

Donatormaterials der photoaktiven Schicht (5) liegt.

4. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des dritten Materials in der photoaktiven Schicht (5) $0,1 \text{ Gew. \%} < x < 30 \text{ Gew. \%}$, bevorzugt $0,1 \text{ Gew. \%} < x < 20 \text{ Gew. \%}$, besonders bevorzugt $0,1 \text{ Gew. \%} < x < 10 \text{ Gew. \%}$ ist.
5. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Donormaterial der photoaktiven Schicht (5) ein Oligomer ist.
6. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material ein Oligomer ist.
7. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material so ausgebildet ist, dass das dritte Material aufgrund seiner Molekularstruktur eine Kristallisation der Donator- und/oder Akzeptor-Phase minimiert.
8. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kristallisation von Donator und/oder Akzeptor vermieden wird.
9. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die molekulare Struktur des dritten Materials so ausgebildet ist, dass das dritte Material im Donor- und/oder Akzeptormaterial einen Gitterdefekt bewirkt.
10. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das

dritte Material so ausgewählt ist, dass das dritte Material einen Mindest-Abstand zwischen dem Akzeptor und Donor einstellt, wobei das dritte Material gleichzeitig zur Phasenseparation des Akzeptors und Donors beiträgt.

11. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material so ausgebildet ist, dass das dritte Material aufgrund seiner Molekularstruktur eine Kristallisation der Donator- und/oder Akzeptor-Phase befördert.
12. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material in seiner Molekülstruktur einen ersten Bereich aufweist, welcher fullerenophil ausgebildet ist und einen zweiten Bereich auf, welcher fullerenophob ausgebildet ist, wobei der erste und zweite Bereich räumlich getrennt ausgebildet sind.
13. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das dritte Material ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus Kronenether, Triphenyle, Sorbitole, Chinacridone, Bis(4-(tert-butyl)benzoato-O)hydroxyaluminium.
14. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kronenether ausgewählt sind aus einer Gruppe der allgemeinen Formel (Ia) oder (Ib)

**(Ia)****(Ib)**

mit Ar = Phenyl, Biphenyl, Triphenyl, Naphthyl,
Binaphthyl, 3-6 annelierte Phenylringe, Anthracenyl,
Phenanthrenyl, Pyrenyl

Hetar = Thiophen, Pyrrol, Furan, Oxazol, Thiazol,

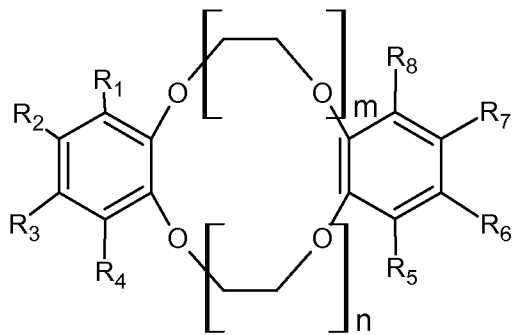
Oxadiazol, Thiadiazol, Triazol, Pyridin, Pyrimidin, Pyrazin, Benzothiophene, Benzopyrrol, Benzofuran, Benzothiophen, Benzopyrrol, Benzofuran, Benzoxazol, Benzothiazol, Thienothiophene, Thienopyrrol, Thienofuran, 3-6 annelierte Heterocyclen, Dithienothiophen, Dithienopyrrol, Dithienobenzol, Dithienocyclopentadiene, Dipyrrolobenzol

Etherbrücken in 1,2-, 1,3- und 1,4-Verknüpfung am jeweiligen Phenylring (ortho, meta- und para-Position), Naphthylring, annelierten Phenylring sowie Heteroarylring und annelierten Heteroarylring.

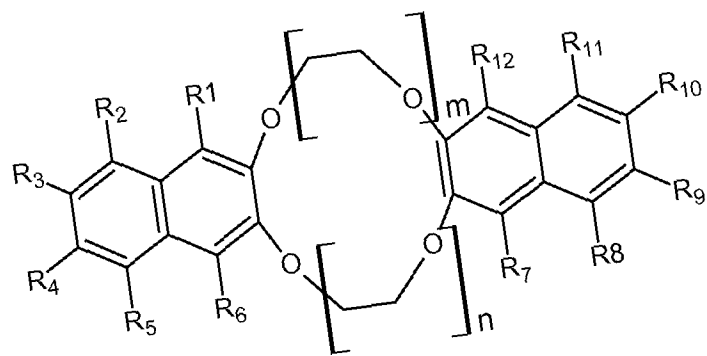
m und n unabhängig voneinander 1,2,3,4,5,6

o und p unabhängig voneinander 0,1,2,3,4,5,6

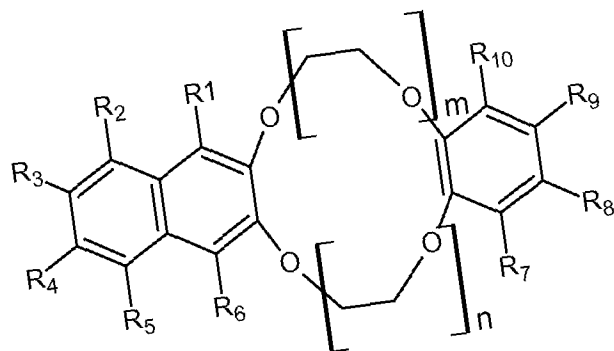
15. Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 14 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kronenether Verbindungen der nachfolgenden Strukturen sind:



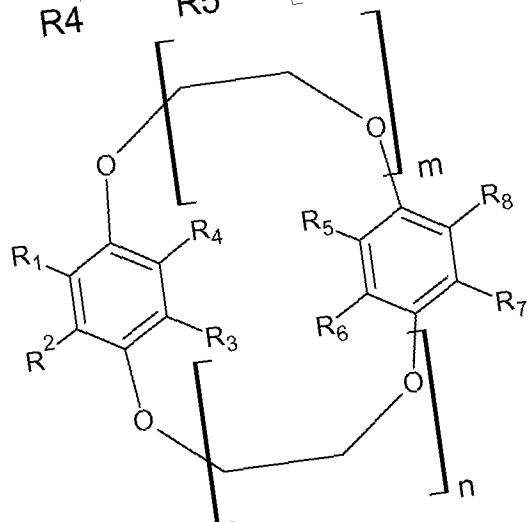
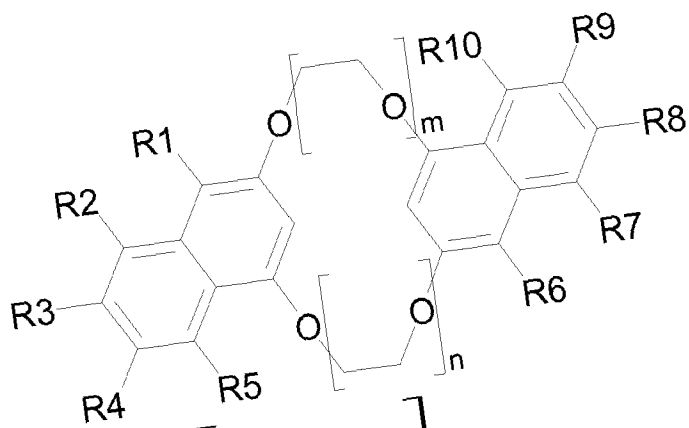
oder



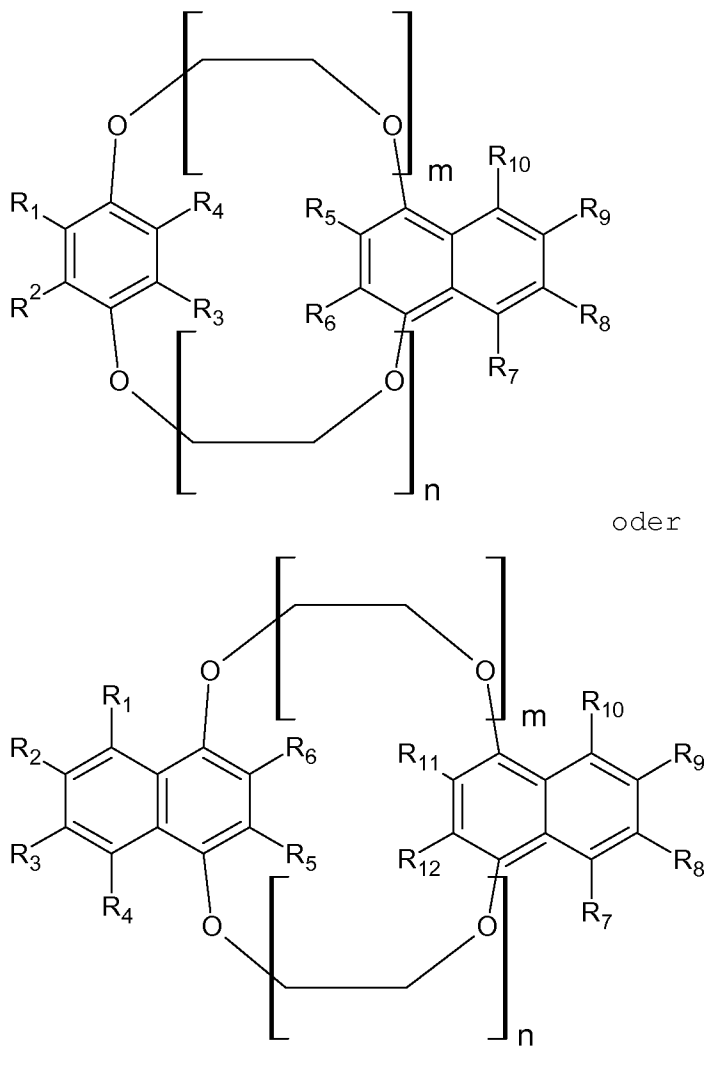
oder



oder



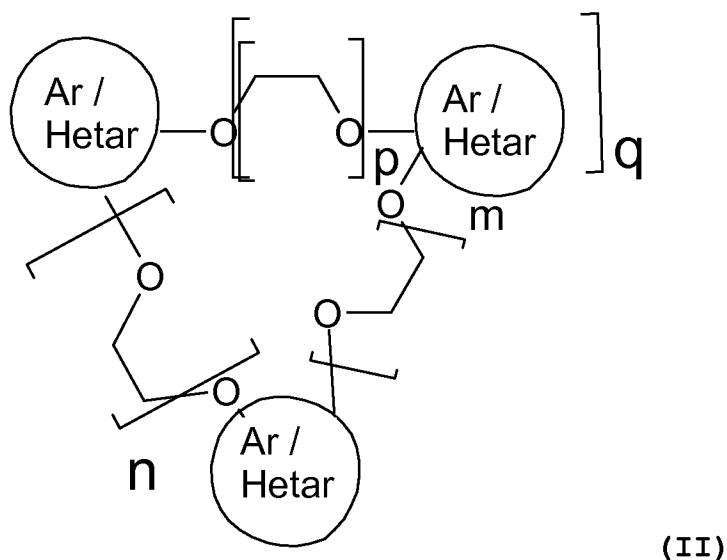
oder



wobei jeweils gilt: n und m unabhängig voneinander
ausgewählt aus 3, 4, oder 5, und

$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}$ und R_{12}
unabhängig voneinander ausgewählt aus H, CH_3 , C_2H_5 , C_3H_7 ,
 C_4H_9 , C_5H_{11} , C_6H_{13} , Isobutyl, CF_3 , C_2F_5 , C_3F_7 , C_4F_9 , C_5F_{11} ,
 C_6F_{13} , OH, O- CH_3 , $\text{CH}_2\text{-O-CH}_3$, $\text{CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$, CN, Phenyl,
Thiophen.

- 16.** Optoelektronisches Bauelement nach Anspruch 13 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kronenether die nachfolgende allgemeine Formel (II) aufweisen:



mit Ar = Phenyl, Biphenyl, Triphenyl,
Naphthyl, Binaphthyl, 3-6 annelierte Phenylringe
(Anthracenyl, Phenanthrenyl, Pyrenyl,...)

Hetar = Thiophen, Pyrrol, Furan, Oxazol, Thiazol,
Oxadiazol, Thiadiazol, Triazol, Pyridin, Pyrimidin,
Pyrazin, Benzothiophene, Benzopyrrol, Benzofuran,
Benzothiophen, Benzopyrrol, Benzofuran, Benzoxazol,
Benzothiazol, Thienothiophene, Thienopyrrol, Thienofuran,
3-6 annelierte Heterocyclen, Dithienothiophen,
Dithienopyrrol, Dithienobenzol, Dithienocyclopentadiene,
Dipyrrolobenzol

Etherbrücken in 1,2-, 1,3- und 1,4-Verknüpfung am
jeweiligen Phenylring (ortho, meta- und para-Position),
Naphthylring, annelierten Phenylring sowie Heteroarylring
und annelierten Heteroarylring.

m und n unabhängig voneinander 1,2,3,4,5,6

p und q unabhängig voneinander 1,2,3,4,5,6

17. Optoelektronisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optoelektronische Bauelement (1) eine organische Solarzelle ist.
18. Verwendung von Kronenethern nach einem der Ansprüche 14 bis 16 in photoaktiven Schichten optoelektronischer Bauelemente.